

Desarrollo de Líneas de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) que Combinen Resistencia a Mustia Hilachosa [*Thanatephorus cucumeris* Frank (Donk)], Bacteriosis Común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) y los virus BGYMV, BCMV y BCMNV

Por

Héctor Danery Martínez Figueroa

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
en
AGRONOMÍA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2017

Aprobada por:

James Beaver, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Consuelo Estévez de Jensen, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Timothy Porch, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Elvin Román Paoli, Ph.D.
Director del Departamento

Fecha

Katherine Carrero, M.Sc.
Representante, Estudios Graduados

Fecha

ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most extensively consumed grain legumes worldwide. Seed yields of this crop are affected by different biotic and abiotic factors. Web blight caused by *Thanatephorus cucumeris* Frank (Donk), common bacterial blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Xap) (CBB), *Bean common mosaic virus* (BCMV), *Bean common mosaic necrosis virus* (BCMNV) and *Bean golden yellow mosaic virus* (BGYMV) can cause yield losses of up to 100% in bean plantings. A total of 644 lines from different research programs were evaluated to select for high levels of resistance to these diseases using conventional plant breeding techniques and marker-assisted selection. Field trials were conducted over two years to evaluate the reaction of the bean lines and cultivars to web blight. The trials were planted using randomized complete block designs. High levels of resistance were identified in 37 lines that had mean scores ranging from 2.4 to 4.5 on the CIAT disease rating scale during both growing seasons. High seed yields were obtained from some lines including TARS-MST1, PR1147-1 and Amadeus 77, with average yields > 1,800 kg/ha. It is important to note that some lines with high seed yield potential, such as Amadeus 77, had a low percentage of damaged seed despite having presented a high degree of damage in the foliage. These results suggest that the inheritance of resistance to leaf damage and inheritance to seed damage caused by web blight may be independent. It is advisable to conduct evaluations for both characteristics to identify lines with resistance to web blight. Evaluations under greenhouse conditions were conducted for reaction to common bacterial blight, using a completely randomized design, with two strains of *Xap*, 484A and UPR 3353. Lines with high levels of CBB resistance were identified. The small white line 1601-21-3 from TARS did not present symptoms after inoculation. Inoculations with the BCMNV strain NL3 were conducted in a greenhouse to observe the phenotypic response of the bean lines to this strain of the virus. The molecular markers SW13, ENM, SR2 and SW12, were employed to detect genes conferring resistance to BCMV, BCMNV and BGYMV. A total of 12 lines presented high levels of resistance to the five diseases under evaluation. These lines also had mean seed yields > 1,400 kg/ha during the second growing season and produced high quality seed. The results of this research suggest that high levels of multiple disease resistance do not reduce seed yield potential nor the quality of the harvested seed. A few of the most promising white, black and small red lines of bean from this study may be considered for release as commercial varieties or improved breeding lines. Other lines will be used as progenitors in future plant breeding activities.

RESUMEN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas de mayor consumo a nivel mundial, cuyos rendimientos se ven afectados por diferentes factores bióticos y abióticos. Mustia hilachosa [*Thanatephorus cucumeris* Frank (Donk)], bacteriosis común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) (*Xap*), virus del mosaico común (BCMV), virus del mosaico común necrótico (BCMNV) y el virus del mosaico dorado amarillo (BGYMV), pueden llegar a ocasionar pérdidas en el rendimiento de hasta 100% en el cultivo de frijol. Un total de 644 líneas provenientes de distintos programas de investigación fueron evaluadas para seleccionar altos niveles de resistencia a estas cinco enfermedades, utilizando técnicas de fitomejoramiento convencional y selección asistida por marcadores moleculares. Experimentos fueron conducidos a nivel de campo para realizar evaluaciones de reacción a la mustia hilachosa. Los ensayos se sembraron en dos épocas distintas utilizando un diseño de bloques completos aleatorizados. Altos niveles de resistencia fueron encontrados, 37 líneas presentaron rangos de severidad entre 2.4 y 4.5 en la escala de CIAT, durante las dos épocas de evaluación. Se obtuvieron altos rendimientos, destacándose las líneas y cultivares TARS-MST1, PR1147-1 y Amadeus 77, con rendimientos promedios superiores a 1,800 kg/ha. Es importante destacar que algunas líneas con alto potencial de rendimiento, tales como Amadeus 77, tuvieron un bajo porcentaje de semilla dañada a pesar de haber presentado alta severidad de la enfermedad en el follaje. Estos resultados sugieren que la herencia de la resistencia a la mustia en las hojas y la herencia al daño en la semilla son independientes. Debido a lo anterior es recomendable realizar evaluaciones para ambas características. Evaluaciones bajo condiciones de invernadero fueron realizadas para reacción a bacteriosis común, utilizando un diseño completamente aleatorizado, con dos cepas de *Xap* 484A y UPR 3353. Se determinaron altos niveles de resistencia. La línea de grano blanco pequeño 1601-21-3 de TARS, no presentó síntomas. Evaluaciones con inoculaciones con la cepa *NL3* de BCMNV, se efectuaron bajo condiciones de invernadero, con la finalidad de observar la respuesta fenotípica de las distintas líneas de frijol a esta cepa del virus. Los marcadores moleculares SW13, ENM, SR2 y SW12, fueron diagnosticados para detectar los genes que confieren resistencia a BCMV, BCMNV y BGYMV. Un total de 12 líneas presentaron altos niveles de resistencia a las cinco enfermedades evaluadas. Estas líneas también tuvieron promedios de rendimiento > 1,400 kg/ha, con una excelente calidad de grano cosechado, durante la segunda época de siembra. Los resultados de la presente investigación sugieren que altos niveles de resistencia a múltiples enfermedades no

reducen el rendimiento, ni la calidad de la semilla cosechada. En el presente estudio se identificaron líneas blancas, negras y rojas de frijol, candidatas a ser liberadas como variedades comerciales y que también pueden ser consideradas como progenitores en futuros programas de mejoramiento por sus excelentes combinaciones de características.

AGRADECIMIENTO

A:

DIOS

Luz divina que guía mis pasos en el sendero de la vida. Por darme la vida, la sabiduría y la perseverancia para alcanzar mis metas.

TI VIRGEN MARIA

Gracias por haberme fortalecido con amor y fe en los caminos del Señor.

**PROYECTO *Legume
Innovation Lab-USAID***

Por el financiamiento de mis estudios.

Dr. JAMES BEAVER

Gracias por ser más que un excelente profesor, por enseñarme con su ejemplo, por transmitirme con su vida la pasión por el fitomejoramiento, ha sido un privilegio ser su estudiante. Gracias por su apoyo incondicional al compartir su experiencia, sus conocimientos, por ser mi Mentor.

UPR-RUM

Por abrir sus puertas a mi formación profesional. A todos mis profesores, de manera muy especial a Dra. Linda Beaver, por todas sus enseñanzas, consejos y apoyo durante mis estudios. Y a mí comité graduado: Dra. Consuelo Estévez de Jensen y Dr. Timothy Porch, por sus valiosos aportes en cada etapa de mi investigación.

EEA DE ISABELA

Principalmente al equipo de campo del programa de investigación de fríjol, por su trabajo y esfuerzo en cada etapa de mi investigación, de manera especial a MS Abiezer González y Sr. Kemuel Pérez.

ICTA

Por haberme otorgado la beca con la que fue posible realizar esta Maestría en Ciencias. En especial al Ing. Agr. Julio Villatoro, por creer en mí y por su apoyo para que este sueño sea una realidad.

MI AMADA ESPOSA

Por tu amor, tu paciencia y tu entrega incondicional, por atreverte a cruzar fronteras junto a mí y por impulsarme a alcanzar mis sueños. Gracias por tu “Si” sin condiciones, por ser junto a nuestra Princesa el motor que impulsa mi vida.

MIS PADRES

Por todo su apoyo incondicional, sus incontables esfuerzos y sacrificios en mi formación, así como sus sabios consejos que han servido de base para alcanzar mis metas.

DEDICATORIA

A:

MI AMADA ESPOSA Evelyn Mariana, por acompañarme en esta aventura, porque eres la compañera perfecta para mí, mi amiga, mi cómplice, este triunfo es de los dos, porque los dos somos uno y mis logros son los tuyos. Te amo con todo el corazón.

MI HIJA Dariana Belén, quién me prestó el tiempo que le pertenecía, eres la razón de que me levante cada día, esforzándome por el presente y el mañana, eres mi principal motivación. Quiero darte grandes alas para que puedas volar más alto que yo, que nada te detenga y que logres todos tus objetivos. Te amo Princesa.

MIS PADRES Héctor Martínez Martínez, por ser ejemplo de esfuerzo, apoyo, valores y ejemplo de vida. Gracias papá. Floridalma Figueroa de Martínez, por su apoyo, amor y ayuda incondicional en todo momento, esta meta alcanzada no es solo mía, es de ustedes.

MIS HERMANAS Karina, Norma, Fabiola, Doris, Carmen, gracias por su incondicional apoyo, tómenlo como un logro suyo también.

MIS AMIGOS: Laura Vásquez, Mauricio Morejón, William García, Anni Perlera, Raúl Escalante, Darío Trujillo, Edgar Quijía y de manera especial a Giovanni Lorenzo, por su amistad sincera, los llevaré siempre en el corazón.

LISTA DE CONTENIDO

ABSTRACT	ii
RESUMEN	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
LISTA DE CONTENIDO	vi
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Mustia hilachosa.....	3
Bacteriosis común.....	8
Virus del Mosaico Común (BCMV) y Virus del Mosaico Común Necrótico (BCMNV).....	11
Virus del Mosaico Dorado Amarillo (BGYMV).....	13
MATERIALES Y MÉTODOS	15
Evaluación para reacción a mustia hilachosa en campo.....	28
Evaluación en invernadero para reacción a bacteriosis común.....	32
Evaluación en invernadero para reacción a BCMV y BCMNV.....	33
Detección de genes de resistencia a BCMV, BCMNV y BGYMV, Utilizando Marcadores Moleculares.....	34
Segunda evaluación en campo para reacción a mustia hilachosa.....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
Primera evaluación para reacción a mustia hilachosa en campo.....	42
Evaluación en invernadero para reacción a bacteriosis común, BCMV y BCMNV.....	61
Detección de genes de resistencia a BCMV, BCMNV y BGYMV, Utilizando Marcadores Moleculares.....	74
Segunda evaluación en campo para reacción a mustia hilachosa.....	82
LITERATURA CITADA	96

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Líneas de frijol generación F _{5:6} del programa de investigación de frijol del USDA-ARS-TARS, Puerto Rico.....	15
Cuadro 2.	Líneas de frijol del ensayo regional para mustia hilachosa ‘ERMUS’.....	16
Cuadro 3.	Líneas de frijol generación F _{3:4} provenientes de cruces élite del programa de investigación de frijol de la UPR.....	17
Cuadro 4.	Líneas de frijol provenientes del ensayo BASE 120.....	25
Cuadro 5.	Líneas provenientes de cruces interespecíficos entre ‘ICA Pijao x G35163’.....	27
Cuadro 6.	Secuencias y programas de PCR utilizados en la identificación de los marcadores moleculares para BCMV, BCMNV y BGYMV.....	37
Cuadro 7.	Líneas élite para evaluación a mustia hilachosa sembradas en la Subestación de Isabela en septiembre de 2017.....	38
Cuadro 8.	Líneas élite de color negro con genes de resistencia a los virus BCMV, BCMNV y BGYMV, de los programas de investigación de frijol de Haití, Honduras y Puerto Rico.....	39
Cuadro 9.	Líneas avanzadas de color negro con genes de resistencia a los virus BCMV, BCMNV y BGYMV, de los programas de investigación de frijol de Haití, Honduras y Puerto Rico.....	40
Cuadro 10.	Comportamiento de las líneas de frijol generación F _{5:6} de TARS sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2015.....	44
Cuadro 11.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración, lecturas de mustia hilachosa, rendimiento de grano y porcentaje de semilla dañada, de las líneas del ERMUS.....	45
Cuadro 12.	Comportamiento de las líneas de frijol del ‘ERMUS’ sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2015.....	46
Cuadro 13.	Comportamiento de las líneas de frijol generación F _{3:4} de la UPR sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2015.....	47
Cuadro 14.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración y lecturas de mustia hilachosa de las líneas del ensayo BASE 120.....	55

Cuadro 15.	Comportamiento de las líneas de frijol del ensayo BASE 120 sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2015.	56
Cuadro 16.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración y lecturas de mustia hilachosa de las líneas del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’	58
Cuadro 17.	Comportamiento de las líneas de frijol del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’ sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2015.....	59
Cuadro 18.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para las tres lecturas de bacteriosis común realizadas a las líneas generación F _{6:7} de TARS.....	61
Cuadro 19.	Comportamiento de las mejores líneas de frijol generación F _{6:7} de TARS sembradas bajo invernadero en USDA-ARS-TARS y UPR en Mayagüez, PR., en mayo de 2016.....	62
Cuadro 20.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para las tres lecturas de bacteriosis común realizadas a las líneas del ERMUS.....	63
Cuadro 21.	Comportamiento de las mejores líneas de frijol del ensayo ‘ERMUS’ sembradas bajo invernadero en USDA-ARS-TARS y UPR en Mayagüez, PR., en mayo de 2016.....	64
Cuadro 22.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para las tres lecturas de bacteriosis común realizadas a las líneas generación F _{4:5} de la UPR.....	65
Cuadro 23.	Comportamiento de las mejores líneas de frijol generación F _{4:5} de la UPR, sembradas bajo invernadero en USDA-ARS-TARS y UPR en Mayagüez, PR., en mayo de 2016.....	66
Cuadro 24.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para las tres lecturas de bacteriosis común realizadas a líneas del ensayo BASE 120.....	70
Cuadro 25.	Comportamiento de las mejores líneas de frijol del ensayo BASE 120 sembradas bajo invernadero en USDA-ARS-TARS y UPR en Mayagüez, PR., en mayo de 2016.....	70
Cuadro 26.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para las tres lecturas de bacteriosis común realizadas a líneas del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’	72

Cuadro 27.	Comportamiento de las mejores líneas de frijol del ensayo líneas del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’, sembradas bajo invernadero en USDA-ARS-TARS y UPR en Mayagüez, PR., en mayo de 2016.....	73
Cuadro 28.	Presencia de los marcadores moleculares de resistencia a BGYMV, BCMV y BCMNV en las mejores líneas de frijol generación F _{6:7} de TARS, diagnosticado en el laboratorio de USDA-ARS-TARS en Mayagüez, PR.....	74
Cuadro 29.	Presencia de los marcadores moleculares de resistencia a BGYMV, BCMV y BCMNV en las mejores líneas de frijol del ensayo ‘ERMUS’, diagnosticado en el laboratorio de USDA-ARS-TARS en Mayagüez, PR.....	75
Cuadro 30.	Presencia de los marcadores moleculares de resistencia a BGYMV, BCMV y BCMNV en las mejores líneas de frijol generación F _{4:5} de la UPR, diagnosticado en el laboratorio de USDA-ARS-TARS en Mayagüez, PR.....	76
Cuadro 31.	Presencia de los marcadores moleculares de resistencia a BGYMV, BCMV y BCMNV en las mejores líneas de frijol del ensayo BASE 120, diagnosticado en el laboratorio de USDA-ARS-TARS en Mayagüez, PR.....	80
Cuadro 32.	Presencia de los marcadores moleculares de resistencia a BGYMV, BCMV y BCMNV en las mejores líneas de frijol del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’, diagnosticado en el laboratorio de USDA-ARS-TARS en Mayagüez, PR.....	82
Cuadro 33.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración, lecturas de mustia hilachosa, días a cosecha, rendimiento de grano y porcentaje de semilla dañada ensayo de líneas superiores.....	84
Cuadro 34.	Comportamiento de líneas superiores de frijol sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2016.....	87
Cuadro 35.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración, lecturas de mustia hilachosa, días a cosecha, rendimiento de grano y porcentaje de semilla dañada, ensayo de líneas negras avanzadas.....	89
Cuadro 36.	Comportamiento de las líneas avanzadas de frijol negro sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2016.....	90
Cuadro 37.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración, lecturas de mustia hilachosa, días a cosecha, rendimiento de grano y porcentaje de semilla dañada ensayo de líneas elite.....	91
Cuadro 38.	Comportamiento de líneas elite de frijol sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2016.....	92

Cuadro 39.	Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración, lecturas de mustia hilachosa, días a cosecha, rendimiento de grano y porcentaje de semilla dañada ensayo de líneas élite.....	93
Cuadro 40.	Comportamiento de líneas élite de frijol sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2016.....	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Escala de CIAT para evaluación de mustia hilachosa.....	31
Figura 2.	Escala de CIAT para evaluación de bacteriosis común.....	33
Figura 3.	Temperaturas máximas y mínimas en Isabela, Puerto Rico, durante los meses de septiembre a noviembre de 2015.....	42
Figura 4.	Precipitación en Isabela, Puerto Rico, durante los meses de septiembre a noviembre de 2015.....	43
Figura 5.	Temperaturas máximas y mínimas en Isabela, Puerto Rico, durante los meses de septiembre a noviembre de 2016.....	83
Figura 6.	Precipitación en Isabela, Puerto Rico, durante los meses de septiembre a noviembre de 2016.....	83

INTRODUCCIÓN

Entre las leguminosas comestibles, el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las más importantes debido a su distribución en los cinco continentes y por ser un complemento nutricional indispensable en la dieta diaria (IICA, 2009). El frijol es una de las legumbres comestibles de mayor consumo a nivel mundial que proporciona una fuente importante de proteínas (aproximadamente 20%), vitaminas y minerales (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn), a la dieta de las poblaciones en las Américas y África, sobre todo en los países en vías de desarrollo. La producción anual en los países desarrollados excede los 21 millones de toneladas métricas y representa más de la mitad de la producción total de legumbres comestibles del mundo (Miklas *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2015).

En América Latina y África, el frijol es primordialmente un cultivo de minifundio, que se produce con pocos insumos comprados y que está sometido a una serie de problemas biológicos, climáticos y edáficos. En la mayor parte de las regiones tropicales productoras de frijol, y de manera especial en América Latina, las enfermedades son frecuentemente las limitaciones más importantes en la producción (CIAT, 1994). La mustia hilachosa [*Thanatephorus cucumeris* Frank (*Donk*)], es una de las enfermedades más importantes en las regiones húmedas y cálidas de América Tropical. Esta enfermedad puede causar pérdidas de hasta un 100% en la producción, por la defoliación rápida y drástica de las plantas infectadas (Rodríguez, 1995; Godoy-Lutz *et al.*, 1996; 1998; 2010). En algunas regiones de Centroamérica, Rodríguez *et al.* (1993) reportaron que el cultivo de frijol había sido abandonado debido a la severidad de la enfermedad. La bacteriosis común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), es una enfermedad distribuida por todo el mundo que produce pérdidas en el rendimiento de hasta un 60% en cultivares susceptibles (Francisco *et al.*, 2014). Las enfermedades causadas por virus en el cultivo de frijol, especialmente las que son transmitidas por insectos están distribuidas ampliamente por las regiones tropicales. El *virus del mosaico común del frijol* (BCMV), el *virus del mosaico común necrótico del frijol* (BCMNV) y el *virus del mosaico dorado amarillo del frijol* (BGYMV) pueden llegar a ocasionar pérdidas de hasta un 100% en el rendimiento (CIAT, 1994; Martin *et al.*, 2016; Blair *et al.*, 2007). La amplia distribución de estas enfermedades se ha visto favorecida, ya que son transmitidas por medio de la semilla (excepto BGYMV), siendo esta, la principal forma de inóculo. Debido a esto las pérdidas en rendimiento han sido mayores en regiones donde se utiliza semilla infectada (Godoy-Lutz *et al.*, 1996).

Dentro de la región de Centro América, estas enfermedades se han convertido en una verdadera limitante, especialmente para los agricultores más pobres. En Guatemala, el cultivo del frijol constituye parte fundamental de la dieta, con una ingesta diaria promedio por adulto, de 58 gramos (ICTA, 2015). Los altos costos de producción derivados del uso de productos químicos para el control de enfermedades, no puede ser afrontado por el limitado acceso económico de los agricultores, y en la mayoría de los casos, con altas incidencias de los patógenos, el control químico resulta inefectivo, por lo anterior el desarrollo y uso de variedades de frijol resistentes a varios factores limitantes, tanto bióticos como abióticos es imperante.

Debido a los daños significativos ocasionados por las enfermedades de frijol, tanto fungosas, bacterianas y virales, varios investigadores manifiestan que es necesario sumar los esfuerzos para el desarrollo de variedades resistentes a estos patógenos, y que esto debería de ser uno de los objetivos más importantes para los programas nacionales de mejoramiento genético (CIAT, 1994; Rodríguez, 2010). En la actualidad, además del uso de técnicas de mejoramiento convencional, se tiene la posibilidad de usar técnicas de laboratorio, como es el caso de selección asistida por marcadores moleculares (MAS), que facilitan la selección de genes específicos de resistencia a distintas clases de patógenos. En la presente investigación, se evaluaron 644 líneas de frijol en diferentes generaciones, utilizando técnicas de mejoramiento convencional y selección asistida por marcadores moleculares. El objetivo principal fue el desarrollo y la identificación de líneas, que combinen un buen nivel de resistencia genética a estas cinco enfermedades, de tal manera que el cultivo se pueda sembrar en épocas con lluvias abundantes y/o con las altas temperaturas que favorecen el desarrollo de estos patógenos. El uso de la resistencia genética permitirá aumentar los rendimientos del cultivo, además de reducir los costos para los productores. Al mismo tiempo, se puede evitar el uso de productos químicos que también pueden llegar a ser dañinos para el medio ambiente y para el ser humano.

OBJETIVO

Seleccionar líneas de frijol con grano comercial, buen potencial de rendimiento y resistencia a las enfermedades: mustia hilachosa, bacteriosis común, virus del mosaico común, virus del mosaico común necrótico y virus del mosaico dorado.

REVISIÓN DE LITERATURA

Mustia Hilachosa

También conocida como telaraña, chasparria, rizoctonia del follaje, pringue, hilo negro y quemazón (CIAT, 1994; CIAT, 2016). Esta enfermedad es uno de los principales problemas que limita la producción de frijol en regiones húmedas y cálidas de los trópicos, causando pérdidas en el rendimiento (hasta 100%) y una reducción en la calidad de la semilla cosechada (Godoy-Lutz *et al.*, 1996; 1998; 2010). La mustia hilachosa es endémica de la región de Centro América y el Caribe, pero también causa pérdidas en ciertas regiones del Este de África y América del Sur (Godoy-Lutz *et al.*, 2010; González *et al.*, 2012).

El agente causal de mustia hilachosa es *Thanatephorus cucumeris* Frank (Donk), estado sexual y *Rhizoctonia solani* Kuhn., estado asexual (CIAT, 1994; Rosas, 2003). El patógeno *R. solani*, es una especie compleja, con diversa morfología, patogenicidad y fisiología, compuesta de subgrupos dentro de grupos de anastomosis (AGs), estos grupos se refieren a la fusión de hifas que ocurre solo entre aislados del mismo grupo (González *et al.*, 2008; Godoy-Lutz *et al.*, 2010). Mustia hilachosa es mayormente ocasionada por cinco subgrupos de anastomosis: AG-1-IA, AG-1-IB, AG-1-IE, AG-1-IF y AG-2-2WB (Godoy-Lutz *et al.*, 2008; 2010). En un menor grado otros aislamientos de AG-4 y AG-2-2IV, han sido asociados con síntomas de mustia hilachosa. Aislamientos de AG-1-IE y AG-1-IF, son los más extendidos y con mayor virulencia (González *et al.*, 2012). La variabilidad entre estos subgrupos incluye: diferentes patrones de virulencia, resistencia a fungicidas, temperatura óptima de crecimiento, tasa de desarrollo de la enfermedad, tipo de propágulos del hongo, diseminación y supervivencia (Godoy-Lutz *et al.*, 2003; 2010). Este hongo puede atacar a más de 200 especies de plantas, incluyendo el frijol, tomate (*Solanum lycopersicum* L.), melón (*Cucumis melo* L.), sandía [*Citrullus lanatus* (Thunb)], algodón (*Gossypium spp.* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), remolacha (*Beta vulgaris* L.), trigo (*Triticum spp.* L.), zanahoria (*Daucus carota* L.) y forrajes (CIAT, 1994; ICTA, 2015).

Rhizoctonia solani, posee células hifales multinucleadas, tiene hifas separadas con un septo tipo doliporo, con paredes delgadas que tienen la forma de un barril. Este hongo posee basidios con forma casi cilíndrica que además son más anchos que las hifas que los soportan. Un basidio produce cuatro esterigmas, y cada uno de estos da origen a una basidiospora hialiana (CIAT, 1994; Mora, 1996). Los esclerocios del hongo son de color negro o café oscuro que cuando llegan a la

madurez constituyen estructuras de resistencia y multiplicación. Los esclerocios constituyen el inóculo primario y la forma más eficaz de auto diseminación a cortas distancias. Las basidiosporas constituyen un propágulo con capacidad de diseminación a largas distancias (CIAT, 1994; Mora, 1996).

La mustia hilachosa se desarrolla favorablemente en regiones con condiciones de clima lluvioso, altas temperaturas (30°C) o moderadas (20°C) con un promedio de 25-26°C, y una humedad relativa alta (80%), (CIAT, 1994; Rosas, 2003). La dispersión del patógeno se da mayormente por basidiosporas por el aire, puentes de micelio entre plantas, esclerocios salpicados por la lluvia, restos de suelo infestado y semilla infectada (Galvez, *et al.*, 1989; Godoy-Lutz *et al.*, 1996). Galindo *et al.* (1982) encontraron que los esclerocios y el micelio en el suelo, salpicado hacia las plantas por medio de la lluvia, es la forma más importante de diseminación. Según Mora, (1996) y Costa-Coelho *et al.* (2013), la mustia hilachosa, tienen un alto potencial epidémico cuando se tienen largos periodos de lluvia, ya que ésta le sirve como medio de diseminación, además porque el hongo necesita de una capa de agua sobre el follaje para desarrollarse y penetrar en la planta, porque se ha observado que cuando las plantas se secan la infección se detiene. Castaño (1981) comprobó en condiciones de laboratorio que la humedad relativa es el factor que más influye en el desarrollo del hongo, cuando ésta es superior a 80%, se puede obtener infección aun con temperaturas de solo 18°C (Castaño, 1981). La humedad en el suelo también es importante, en suelos muy húmedos y mal drenados hay mayor incidencia del hongo (CIAT, 1994). La luz afecta la iniciación del estado perfecto del patógeno que crece y se desarrolla bajo condiciones de luz continua indirecta o intermitente, pero muestra una mayor producción de basidios y basidiosporas durante periodos de oscuridad. Es por esto que el hongo se desarrolla generalmente en la base de plantas herbáceas y debajo de terrones de suelo donde hay poca luz (Mora, 1996).

La mustia hilachosa ataca en cualquier etapa de desarrollo del frijol, afectando principalmente follaje, tallos, ramas y vainas. Los síntomas iniciales aparecen en las hojas, que manifiestan pequeñas lesiones acuosas o húmedas de forma circular de 1-3 mm de diámetro y cuyo color es más claro que el de una hoja normal. Con un ambiente favorable las lesiones crecen rápido y se unen llegando a formar áreas de color marrón rodeadas de un borde oscuro (Rosas, 2003; CIAT 2016). Las basidiosporas del hongo ocasionan manchas necróticas de 2-3 mm de diámetro, en estas manchas puede haber un desprendimiento del tejido enfermo, formando el denominado síntoma

de “ojo de gallo” (Rosas, 2003). Las hojas afectadas se vuelven amarillas, secas y caen en forma prematura o bien quedan colgando unidas por el micelio. Las lesiones en el tallo y los peciolos ocurren cuando las plantas se han defoliado parcial o totalmente (Mora, 1996). Eventualmente el área afectada puede cubrir toda la planta, uniendo las hojas, peciolos, flores y vainas con un micelio en forma de “telaraña”, si las condiciones ambientales lo permiten (CIAT, 2016). Las vainas jóvenes pueden ser destruidas totalmente. En las vainas maduras las lesiones se van uniendo y ocasionan daños severos y muerte. El hongo además puede infestar la semilla de manera superficial, convirtiéndola en fuente de inóculo en siembras posteriores (Mora, 1996; Rosas, 2003).

El manejo efectivo de la mustia hilachosa es complejo, debido al amplio rango de hospederos del patógeno, a la larga duración del inóculo en el suelo y a su alta agresividad (Costa-Coelho *et al.*, 2013). Mora Brenes (1996), apuntó que para un manejo adecuado de la mustia hilachosa se deben integrar una serie de medidas que incluyan: la ejecución de algunas prácticas culturales, la aplicación de productos químicos y el uso de variedades tolerantes. El manejo integrado de la mustia hilachosa incluye: (1) el uso del sistema de labranza mínima, (2) la eliminación de residuos de cosechas anteriores que pueden ser fuente de inóculo, (3) la rotación con cultivos no susceptibles como las gramíneas, (4) reducción de la densidad de la siembra para favorecer la circulación de aire y favorecer las condiciones micro climáticas adversas al desarrollo del hongo, (5) el uso de coberturas vegetales para evitar que el patógeno sea salpicado por la lluvia a la parte inferior de la planta, (6) el uso de semilla libre del patógeno e (7) identificar fechas óptimas para siembra y así evitar que el cultivo este expuesto a las fuertes lluvias (DICTA, 2013).

El uso de fungicidas se recomienda cuando la incidencia de la enfermedad es moderada, en la cual dos a tres aplicaciones de fungicidas sistémicos serán suficientes, debido a que en ataques severos, el costo de los productos químicos puede ser un limitante. Algunos fungicidas recomendados son: carbendazima, captafol e hidróxido de trifeniltin (Rosas, 2003). Costa-Coelho *et al.*, (2013) evaluaron 9 fungicidas para el control de mustia hilachosa: azoxystrobin, carbendazin, mancozeb, tebuconazole, fentinhydroxide, pyraclostrobin, tryfloxistrobin + cyproconazole, tryfloxistrobin + propiconazol and chlorotalonil. Se evaluaron una, dos y tres aplicaciones durante la estación de desarrollo del cultivo. Los resultados de la investigación muestran que una sola aplicación es ineficiente y que a medida que el número de aplicaciones aumenta, el control es más eficiente, además mientras más temprano se inicie la aplicación se dará

un mejor control (5% de incidencia de la enfermedad). Menor severidad se observó con el uso de: fenitrothion, trifloxistrobin + cyproconazole y trifloxistrobin + propiconazol. En general todos los fungicidas proporcionaron efectos tanto preventivos como curativos, mientras los mejores resultados fueron observados con aplicaciones preventivas (Costa-Coelho *et al.*, 2013). Varios investigadores recomiendan el uso de fungicidas, pero también señalan que los fungicidas químicos además de tener un elevado costo, podrían afectar negativamente al medio ambiente y a la salud humana (Godoy-Lutz *et al.*, 2008; Rodríguez & Lorenzo, 2009; Beaver & Osorio, 2009).

El progreso en el mejoramiento de cultivares de frijol con resistencia a mustia hilachosa, ha estado limitado a consecuencia de la considerable variabilidad en la reacción varietal, y a la falta de entendimiento de la variabilidad del patógeno y a los mecanismos de resistencia de la enfermedad (Godoy-Lutz *et al.*, 2003; 2010). El uso de cultivares resistentes es la opción de manejo más económica, sin embargo, en la actualidad no se cuenta con altos niveles de resistencia a mustia hilachosa en las variedades comerciales de frijol; solamente niveles moderados de resistencia han sido identificados (Takegami & Beaver, 2000; Godoy-Lutz *et al.*, 2008; Beaver & Osorio, 2009; González *et al.*, 2012).

En 1973 fue creado en el Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT) el “VIM” Vivero Internacional de Mustia hilachosa, con el objetivo de evaluar el grado de resistencia al patógeno en variedades de frijol o líneas avanzadas, y además seleccionar genes para ser incorporados en las variedades comerciales en los diferentes países, donde la enfermedad es una limitante para la producción. En la evaluación del VIM 1988, compuesta por 100 líneas, ninguna superó significativamente la resistencia del cultivar ‘Talamanca’, testigo que ha sido utilizado desde 1983 (Rodríguez, 1995). Entre los años 1988 y 1990 en Panamá se tamizaron más de 1500 líneas correspondientes a evaluaciones de germoplasma promisorio, proveniente de CIAT, encontrándose que los materiales Andinos AFR-251 y PVA-800 mostraron reacción de resistencia a la mustia hilachosa con un porcentaje de severidad de 5 y 15 por ciento de daño en las hojas, respectivamente (Rodríguez, 1995). En 1997, Rodríguez y González evaluaron en Panamá 4,335 líneas de frijol y encontraron 62 líneas que mostraron menos daño a la mustia hilachosa que el testigo resistente Talamanca (grado 5.0).

Godoy *et al.* (2000) reportaron que las líneas BAT 93, G14241 y MUS 132 tuvieron lesiones significativamente más pequeñas que HT 7719 y ‘Arroyo Loro Negro’. Estas líneas tienen una arquitectura erecta que les podría permitir escapar de la infección cuando la presión de la mustia

hilachosa no es muy alta. Las líneas rojas moteadas PR9750-87, PR9750-92 y PR9750-230 también tuvieron lesiones que fueron relativamente más pequeñas.

Takegami y Beaver (2000) evaluaron un grupo de líneas de germoplasma de *Phaseolus coccineus*, provenientes de CIAT, para medir su reacción a mustia hilachosa. Dos de las líneas G35006 y G35066, se destacaron tanto en evaluaciones de campo con calificaciones de 2.5 y 4 (escala de CIAT), como en evaluaciones de invernadero, en las cuales utilizaron la técnica de hojas desconectadas, donde las líneas alcanzaron calificaciones de 2.5. González *et al.* (2005), evaluaron 95 accesiones de *P. coccineus* y *P. polyanthus*, provenientes de CIAT. Ellos utilizaron la técnica de hojas desconectadas para evaluar las accesiones. Todas las líneas de *P. polyanthus* y la mayoría de *P. coccineus* fueron susceptibles a mustia hilachosa, con calificaciones en promedio de 7. La accesión de *P. coccineus*, G35163, fue la más resistente con calificaciones de 1 y 3, 48 y 72 horas después de la inoculación, respectivamente. Ferwerda (2000) realizó cruces interespecíficos entre 5-593 y G35006 y además de ICA Pijao y G35006. Un total de 43 líneas F_{3:4} de estos cruces, fueron evaluadas en Isabela, Puerto Rico, para su reacción a mustia hilachosa, alcanzando 25 de estas líneas calificaciones ≤ 2 .

Beaver *et al.* (2008) evaluaron dos ciclos de selección para resistencia a mustia hilachosa. La base de esta población incluyó diferentes fuentes de resistencia. Las líneas de germoplasma PR0401-259 (grano rosa) y PR0650-31 (grano negro) fueron liberadas. Las características principales de estas líneas son su resistencia moderada a mustia hilachosa, altos niveles de resistencia a bacteriosis común y al virus del mosaico común, además poseen un alto potencial de rendimiento (Beaver *et al.*, 2012). También, se ha reportado que el cultivar ‘Verano’ en el 2007 mostró un buen comportamiento a mustia hilachosa con calificaciones < 4 (Beaver *et al.*, 2008).

Costa-Coelho *et al.* (2013) realizaron en Brasil una evaluación de líneas de frijol con diferentes hábitos de crecimiento, evidenciando que la selección de plantas con arquitectura erecta es una estrategia útil para el manejo de mustia hilachosa. Considerando que las epidemias de esta enfermedad son altamente favorecidas por largos períodos de humedad en las hojas, follajes densos e infecciones planta a planta, los genotipos con arquitectura erecta pueden inducir a un ambiente menos favorable para la enfermedad en comparación con los de hábito rastrero o de crecimiento indeterminado.

El desarrollo de líneas de frijol con mayores niveles de resistencia a la mustia hilachosa, permitirá una mayor producción en zonas húmedas y cálidas de los trópicos. Es necesario por lo

tanto encontrar estrategias que permitan la identificación de líneas con mayor resistencia a esta importante enfermedad, explorando al mismo tiempo otros métodos de control. La resistencia y/o tolerancia genética por tanto es el método más viable, económico y factible para el manejo de la mustia hilachosa en frijoles, en condiciones de alta precipitación pluvial (Beaver *et al.*, 2002).

Bacteriosis Común

La bacteriosis, también conocida como tizón bacteriano común, es la enfermedad bacteriana más importante del cultivo de frijol, en las regiones productoras de todo el mundo (Duncan *et al.*, 2011; Corzo *et al.*, 2016). Esta enfermedad es transmitida por las bacterias *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Xap) y su variante *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var *fuscans* (Xapf), denominada también como *Xanthomonas fuscans* subsp. *fuscans* (Xff) (Akhavan *et al.*, 2013; Corzo *et al.*, 2016). Ambas cepas causan síntomas idénticos, pero *X. axonopodis* pv. *phaseoli* var *fuscans* ha sido reportada ser más agresiva (Opio *et al.*, 1996; CIAT, 2006).

La bacteriosis común puede ocasionar pérdidas en el rendimiento del frijol, de hasta 60%, dependiendo de la intensidad de la enfermedad, el grado de susceptibilidad del cultivar y de condiciones ambientales favorables (Opio *et al.*, 1996; Popovic *et al.*, 2013). El desarrollo de las infecciones está favorecido por altas precipitaciones, alta humedad relativa, y temperaturas cálidas (25-35°C), con un desarrollo máximo alrededor de 28°C (Akhavan *et al.*, 2013). Estas son las mismas condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de mustia hilachosa. Por lo tanto, variedades de frijol para zonas cálidas y húmedas necesitan resistencia a ambas enfermedades.

El patógeno ataca todas las partes aéreas de la planta, pero los síntomas más graves y visibles se presentan en las hojas y las vainas. La bacteriosis es transmitida por la semilla, siendo esta la fuente principal del inóculo primario (CIAT, 2006). La diseminación en el campo de cultivo se facilita por la lluvia impulsada por el viento, mientras que insectos, las personas y maquinaria agrícola infectada pueden considerarse vectores (Akhavan *et al.*, 2013).

Los síntomas iniciales de bacteriosis común aparecen como pequeñas manchas acuosas en las hojas, estas manchas se van agrandando gradualmente, uniéndose y tomando formas irregulares. El tamaño varía de una pulgada o más de diámetro, a su vez estas manchas presentan una apariencia como de escaldadura (Wohleb & Tolt, 2011). Las manchas se tornan de color marrón y adquieren una textura quebradiza, un halo brillante de color amarillo limón se desarrolla alrededor de las manchas, estas se pueden encontrar a largo de los márgenes de la hoja como en las áreas

intervenales (Harveson, 2009; Akhavan *et al.*, 2013). Las vainas enfermas desarrollan áreas circulares de color café rojizo, en condiciones de alta humedad. Las vainas pueden desarrollar masas de exudado bacteriano de color amarillo. Las infecciones en las vainas por lo general dan como resultado, semillas pequeñas, arrugadas y descoloridas. Estas semillas muestran un débil vigor y germinación (Wohleb y Tolt, 2011; Francisco *et al.*, 2014).

Los métodos para controlar la bacteriosis común en el cultivo de frijol son: (1) control cultural, (2) control químico y (3) resistencia varietal (Francisco *et al.*, 2014). Prácticas culturales, incluyen el uso de semilla sana y certificada libre del patógeno, rotación de cultivos con plantas que no sean hospederas, tales como las gramíneas, eliminación de plantas enfermas, eliminación de residuos de cosecha que pueden ser fuentes de inóculo en la siguiente siembra, de malezas y plantas hospederas, manejo de fechas de siembra en las cuales las condiciones no sean óptimas para el desarrollo de la enfermedad. Akhavan *et al.* (2013) encontraron que el uso de sistemas de riego por aspersión favorece la dispersión de la bacteria (Harveson, 2009; Osdaghi *et al.*, 2009; Francisco *et al.*, 2014).

Actualmente no existen reportes de control químico eficaces para bacteriosis común. Sin embargo, se han utilizado algunos agroquímicos tales como: mezclas de Bordeaux, oxiclورو de cobre y sulfato de cobre, estos deben ser aplicados de forma preventiva, es decir antes que aparezcan los síntomas de la enfermedad (Francisco *et al.*, 2014). Viecelli & Moerschbacher, (2013) reportaron buenos resultados con la aplicación de fertilizantes foliares. Por ejemplo, la aplicación de manganeso, redujo la severidad de la enfermedad en un 45% en plantas de frijol sembradas bajo condiciones de invernadero. El uso de antibióticos como: tetraciclina, clorotetraciclina y estreptomycin, han mostrado ser fitotóxicos y además reducen el vigor y la germinación de las plantas (Francisco *et al.*, 2014)

En la actualidad no se conocen cultivares de frijol que posean inmunidad a bacteriosis común, sin embargo, algunas líneas han mostrado tener altos niveles de resistencia (Popovic *et al.*, 2012). El uso de cultivares con altos niveles de resistencia podría minimizar las pérdidas en el rendimiento, el uso de productos químicos, y los costos de producción y facilitarían el uso de un programa de manejo integrado de la enfermedad (Osdaghi *et al.*, 2009; Popovic *et al.*, 2012).

La resistencia del cultivo de frijol a bacteriosis común, ha sido definida, como una característica cuantitativa, con baja a mediana heredabilidad, condicionada por entre uno a cinco genes con acción génica aditiva (Osdaghi *et al.*, 2009). La mayoría de trabajos que actualmente se

han hecho en el mejoramiento genético del frijol para esta enfermedad ha sido a través de la identificación y aprovechamiento de loci de caracteres cuantitativos (*Quantitative Trait Loci*, *QTL*), que están distribuidos por todo el genoma, en cromosomas específicos. Los QTL se expresan bajo la influencia de ambiente, presión de selección del patógeno, madurez y tejido de la planta (Francisco *et al.*, 2014).

Entre los marcadores moleculares más ampliamente utilizados en programas de mejoramiento de frijol están los SCAR (Sequenced Characterized Amplified Region), SU91 (Pedraza *et al.*, 1997; Mutlu *et al.*, 2005), SAP6 (Miklas *et al.*, 2000) y BC420 (Yu *et al.*, 2000). Zapata *et al.* (2011) realizaron el primer reporte que afirma que la resistencia a bacteriosis común está controlada por un gen dominante (*Xap-1*), presente en la línea PR0313-58. Este gen también está asociado al marcador SAP6. Guachambala (2013) evaluó poblaciones provenientes de la cruce entre PR0313-58 y VAX 6, y reportó que dos genes dominantes confieren altos niveles de resistencia a bacteriosis común utilizando la cepa de *Xap* UPR 3353.

Moderados a altos niveles de resistencia se han reportado de especies relacionadas con el frijol, tales como *Phaseolus coccineus* y *P. acutifolius* (Kelly *et al.*, 2003; Miklas *et al.*, 2006; Duncan *et al.*, 2011). En la Universidad de Riverside, California, se realizaron cruzamientos entre *P. vulgaris* y *P. acutifolius* (PI 319443) que produjeron líneas como: ‘XAN 159’, ‘XAN 160’ y ‘XAN 161’ con altos niveles de resistencia a bacteriosis común (Rodríguez-Miranda, 2010). Lema *et al.* (2007) hicieron evaluaciones bajo condiciones de invernadero en la ciudad de Kimberly, Idaho, durante los años 2005 y 2006. Ellos reportaron que las líneas: VAX 1, VAX 2 VAX 3, VAX 4, VAX 5 y VAX 6 tuvieron una alta resistencia a los aislamientos de *Xap*, dicha resistencia proviene de la accesión de *P. acutifolius* ‘G40001’ (Singh y Muñoz, 1999). La variedad de grano blanco ‘Verano’ posee en Puerto Rico altos niveles de resistencia a bacteriosis común además de presentar resistencia a altas temperaturas, a BGYMV y BCMV, y posee un alto potencial de rendimiento (Beaver *et al.*, 2008). Rodríguez-Miranda y Rosas-Sotomayor (2010) reportaron que las líneas XAN 309 y XAN 310, como también las líneas X0104-45-3-5-5, X104-45-5-1-4 y X104-45-5-5-3, desarrolladas a partir del cruce de Tío Canela 75/VAX 6, mostraron altos niveles de resistencia a bacteriosis común. TARS-MST1, de grano negro, posee altos niveles de resistencia a bacteriosis común, como también manifiesta tolerancia a altas temperaturas, sequía, pudrición de la raíz y posee un alto potencial de rendimiento (Porch *et al.*, 2012).

Virus del Mosaico Común (BCMV) y Virus del Mosaico Común Necrótico (BCMNV)

El virus del mosaico común (BCMV) y el virus del mosaico común necrótico (BCMNV), especies de la familia *Potyviridae*, son considerados los potyvirus más comunes y más destructivos que afectan al cultivo de frijol en todo el mundo (Mukeshimana *et al.*, 2005; Miklas & Larsen, 2010). Antes de 1992, todas las cepas de BCMNV estaban asignadas en un mismo grupo con BCMV. Originalmente todas las cepas de cada virus fueron identificadas y asignadas en serogrupo A para BCMNV y serogrupo B para BCMV por Drijfhout (1978). Estudios en análisis molecular, serología y comparaciones ultra estructurales demostraron que eran dos grupos distintos. Se han identificado 19 cepas de BCMV y cuatro cepas de BCMNV (Larsen *et al.*, 2005). BCMV es originario de las Américas y BCMNV se originó más tarde en el este de África, probablemente como resultado de recombinación de cepas de BCMV después de que los frijoles fueran introducidos a la región en 1600 (Mukeshimana *et al.*, 2003; 2005).

BCMV y BCMNV son transmitidos por semilla y por varias especies de áfidos, estos virus pueden causar graves pérdidas en el rendimiento del frijol, de 50-100% (Pasev *et al.*, 2014; Martin *et al.*, 2016). Las pérdidas de rendimiento varían dependiendo de: (1) el grado de susceptibilidad de la variedad, (2) la virulencia de la cepa del virus, (3) la dinámica poblacional del vector, (4) las condiciones climáticas y (5) el momento en que se produce la infección. Además, las pérdidas de rendimiento dependen si la enfermedad fue transmitida por la semilla o si fue transmitida más tarde por áfidos (Mukeshimana *et al.*, 2003).

Los cultivares que son susceptibles a BCMV y BCMNV generalmente presentan síntomas como color verde claro o amarillo en las hojas y un patrón de mosaico verde oscuro, arrugamiento, distorsión y enrollamiento de las hojas (generalmente hacia el envés), y puede haber enanismo, el ciclo de vida de las plantas se acorta o se alarga, las vainas se pueden llegar a deformar y presentan menor número de granos y además puede haber un menor número de vainas en la planta (Rosas, 2003; CIAT, 2016). Algunos cultivares con resistencia a alguna cepa o patotipo específico, por lo general permanecerán asintomáticos (sin síntomas), aunque algunas combinaciones huésped-patógeno pueden producir una necrosis localizada en el punto de inoculación del virus (Miklas y Larsen, 2010). Otro síntoma conocido como: “raíz negra”, “necrosis sistémica” o “necrosis apical”, inicia con lesiones en forma de puntos necróticos localizados en el punto de inoculación, seguido de necrosis en las venas y finalmente una necrosis sistémica que comúnmente lleva a la muerte de la planta. Este síntoma puede ser causado por cepas de BCMNV en temperaturas

superiores a 30°C. Este síntoma es el resultado de la inducción a una “respuesta de hipersensibilidad”, asociado con la presencia del gen dominante *I* (Flores-Estévez *et al.*, 2003; Miklas & Larsen, 2010). La muerte de las plantas como resultado de la respuesta de hipersensibilidad, evita que las plantas sirvan como fuente de inóculo o semilla infectada para la siguiente época de cultivo (Mukeshimana *et al.*, 2003).

El control químico del vector (áfidos) es ineficaz por la rapidez con que éstos pueden infectar a la planta (menos de un minuto) y por la impredecible dinámica de las poblaciones de los insectos, debido a esto el control más efectivo es sembrar variedades resistentes (CIAT, 1983; Mukeshimana *et al.*, 2003). Miklas *et al.* (2000), reportaron que la resistencia genética es el método más costo efectivo y duradero con el que se cuenta actualmente para el control de BCMV y BCMNV.

Patotipos de BCMV Y BCMNV están clasificados dentro de ocho diferentes grupos de patogenicidad, identificados por la respuesta del virus a un conjunto estándar de líneas diferenciales de frijol. Cada patotipo dentro de un grupo de patogenicidad corresponde a un conjunto conocido de genes de resistencia (Miklas y Larsen, 2010; Martin *et al.*, 2016). En el frijol existen dos formas principales de resistencia, recesiva y dominante. La resistencia recesiva a través de los locus: *bc-u*; *bc-1*, *bc-1²*; *bc-2*, *bc-2²*; y *bc-3*, y la resistencia dominante está controlada por el gen *I* (Drijfhout, 1978; Miklas y Larsen, 2010; Martin *et al.*, 2016). Con la excepción de *bc-3*, todos los genes proporcionan resistencia a alguno, más no a todos los grupos de patogenicidad de BCMV y BCMNV. Cuando alguno de los genes recesivos se combina con el gen *I*, estos protegerán a la planta de una inducción a necrosis en cepas específicas de los virus. Los genes recesivos *bc-1*, *bc-1²* y *bc-3*, protegerán a las plantas con el gen *I*, sin la presencia del gen *bc-u*, pero el gen *bc-2²*, requiere la presencia del gen *bc-u*, para brindar protección a las plantas portadoras del gen *I* (Miklas y Larsen, 2010). El gen *bc-3*, en presencia del gen dominante *I*, confiere resistencia a todas las cepas conocidas de BCMV y BCMNV (Mukeshimana *et al.*, 2005; Miklas y Larsen, 2010; Martin *et al.*, 2016)

La selección asistida por marcadores moleculares (MAS), facilita la selección de genotipos con la combinación de genes deseados para resistencia a estos virus y además facilita el trabajo de los fitomejoradores (Mukeshimana *et al.*, 2005; Pasev *et al.*, 2014). Algunos marcadores han sido utilizados con éxito para la identificación de resistencia contra BCMV y BCMNV. Haley *et al.* (1994) describieron un marcador de tipo RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) W13 de 690 pares de bases que está ligado al gen dominante *I*, en acoplamiento. Dos años después Melotto

et al. (1996) convirtieron este marcador en uno tipo SCAR, SW13, el cual es más confiable y además fácilmente reproducible. Johnson *et al.* (1997), reportaron el marcador ROC11, ligado en repulsión, para identificar plantas con el gen de resistencia *bc-3*. El gen recesivo *bc-3* parece estar asociado a mutaciones en una secuencia que codifica la proteína eIF4E. Con esta información, Naderpour *et al.* (2010) desarrollaron un marcador tipo CAPS, ENM, para identificar el gen *bc-3*.

Virus del Mosaico Dorado Amarillo (BGYMV)

El mosaico dorado amarillo del frijol (BGYMV) pertenece al género *Begomovirus* de la familia Geminiviridae. Este begomovirus es bipartido y tiene dos moléculas de ADN de simple hebra (Blair *et al.*, 2007). BGYMV, es la enfermedad viral más devastadora de América Latina, es transmitida por el insecto *Bemisia argentifolii*, conocida como la mosca blanca. El BGYMV, puede ocasionar una reducción en el número de vainas por planta, puede provocar una reducción en granos por vaina y además afectar el peso y la calidad de la semilla. Esta enfermedad puede causar pérdidas entre 45 y 100% dependiendo de la edad de la planta y las poblaciones del insecto (Urrea *et al.*, 1996; Blair *et al.*, 2007). Esta enfermedad no es transmisible por medio de la semilla, esta característica limita su distribución geográfica (Morales, 2000; Rosas, 2003).

Climas secos y cálidos, con temperaturas de 24 – 28 °C, favorecen la multiplicación del insecto vector. La incidencia de la enfermedad está determinada por: la edad de la planta, el momento en que se produce la infección y la variedad de frijol (Singh *et al.*, 2000; Blair *et al.*, 2007).

Los principales síntomas que presenta BGYMV incluye un intenso amarillamiento de las hojas (clorosis), enrollamiento y/o arrugamiento de las hojas, aborto de flores y vainas, mal formación de vainas y enanismo. La semilla puede sufrir mal formación y decoloración, lo que ocasiona una pérdida de peso y calidad (Singh *et al.*, 2000; Osorno & Beaver, 2003; Rosas, 2003; Blair *et al.*, 2007). Los síntomas iniciales son el amarillamiento a lo largo de las nervaduras de las hojas. Este amarillamiento es más grave en hojas jóvenes y pueden aparecer en las primeras hojas trifoliadas, dos semanas después de la siembra (Rosas, 2003; Blair *et al.*, 2007).

El desarrollo de cultivares con resistencia genética a BGYMV es la estrategia más efectiva para controlar esta enfermedad, debido a que el uso de insecticidas sistémicos para el control del vector ha mostrado ser demasiado caro y además es impráctico por lo rápido que el virus es transmitido y también por el desarrollo de resistencia del vector a los insecticidas (Singh *et al.*, 2000; Blair *et al.*, 2007). El CIAT inició un programa de mejoramiento en 1975, con el objetivo de encontrar

fuentes de resistencia al BGYMV (Vélez *et al.*, 1998). Los primeros cultivares resistentes a esta enfermedad fueron: ‘Juatiapan’, ‘Ostua’ y ‘Quetzal’, desarrollados en Guatemala por el CIAT y el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Estos cultivares tenían un rendimiento superior a ‘Porrillo Sintético’ y poseían resistencia al moteado, proveniente de ‘Turrialba 1’ (CIAT, 1991; Urrea *et al.*, 1996). Otros cultivares y líneas liberadas por el CIAT en colaboración con Programa Nacionales de Investigación en Centroamérica incluye ‘Dorado’, DOR 391, DOR 475 y ‘Don Silvio’. Estas variedades presentan, reducción en los síntomas de mosaico, resistencia al moteado y un alto rendimiento (CIAT, 1991; Vélez *et al.*, 1998).

La resistencia a la clorosis derivada de ‘Garrapato’ es controlada por un gen recesivo denominado *bgm-1* (Blair & Beaver, 1993; Urrea *et al.*, 1996). Colaboración entre investigadores de la Universidad de Puerto Rico y el USDA-ARS resultó en la identificación de un marcador molecular RAPD, R2_{570/530}, ligado con el gen *bgm-1* (Urrea *et al.*, 1996). Blair *et al.* (2007) convirtieron al marcador RAPD en marcador SCAR, SR2_{570/530} que ha permitido la selección indirecta para este gen de resistencia. Actualmente el gen *bgm-1* y su marcador molecular SR2 son utilizados por programas de mejoramiento de frijol (ICTA 2015).

El marcador molecular SW12 identifica la presencia del QTL mayor (resistencia cuantitativa), que retarda y reduce la severidad de síntomas como la clorosis, ocasionados por BGYMV, aumentando además la eficiencia del gen recesivo *bgm-1* (Singh *et al.*, 2000). El gen dominante *Bgp-1*, confiere resistencia a la deformación de las vainas ocasionadas por BGYMV (Acevedo *et al.*, 2004). Osorno *et al.* (2003) encontraron dos genes de *Phaseolus coccineus* L. que confieren resistencia al BGYMV, un gen recesivo (*bgm-3*) proporciona resistencia a la clorosis en las hojas y un gen dominante (*Bgp-2*) confiere resistencia a la deformación de la vaina.

Beaver *et al.* (2002) manifiestan que el desarrollo de una línea de frijol que combine la resistencia a enfermedades como: el mosaico dorado (BGYMV), mosaico común (BCMV), mosaico común necrótico (BCMNV), bacteriosis común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli*) y mustia hilachosa [*Thanatephorus cucumeris* Frank (Donk)], permitirá la siembra de frijol durante épocas en las que las lluvias son más abundantes o en regiones donde tradicionalmente no se siembra. Por estas razones realizaremos la siguiente investigación con el fin de aportar una solución a estas importantes enfermedades que merman el rendimiento del cultivo de frijol a nivel mundial.

MATERIALES Y MÉTODOS.

La investigación de campo se realizó en la Subestación de Isabela, de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico (UPR), ubicada en el municipio de Isabela en la zona noreste del país. Sus coordenadas geográficas son Latitud N 18°27'732", Longitud O 067°03'355", y ubicada a 128 msnm. La temperatura mínima/máxima promedio anual es de 22.2/27.8°C, con una precipitación anual promedio de 1630 milímetros.

El germoplasma que se evaluó proviene de cinco ensayos: 32 líneas F_{5:6} del programa de investigación de frijol de la Estación de Investigación de Agricultura Tropical (USDA-ARS-TARS), Puerto Rico, más Verano como testigo resistente y 'XRAV-40-4' como testigo susceptible (Cuadro 1); 14 líneas del ensayo regional para mustia hilachosa (ERMUS), más 'Morales' como testigo comercial susceptible (Cuadro 2); 345 líneas F_{3:4} provenientes de cruces élite del programa de investigación de frijol de la UPR (Cuadro 3); 79 líneas provenientes del ensayo Bean Abiotic Stress Evaluation (BASE) 120, más VAX 6 y Verano como testigos resistentes y 'DPC-40' y SEQ 342-89 como testigos susceptibles (Cuadro 4); y 68 líneas provenientes de cruces interespecíficos entre 'ICA Pijao x G35163', más Verano y PR0401-259 como testigos resistentes y 'Beniquez', Morales, 'DPC-40' y XRAV-40-4 como testigos susceptibles (Cuadro 5).

Cuadro 1. Líneas de frijol generación F_{5:6} del programa de investigación de frijol del USDA-ARS-TARS, Puerto Rico.

Línea	Tipo de grano	Pedigrí
1522-3	Blanco pequeño	TARS-MST1/PR1217-16
1522-14	Negro pequeño	776/PR1217-20
1522-22	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-23	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-24	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-25	Rosado arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-26	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-27	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-28	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-29	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-30	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-31	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-32	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-33	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-35	Rojo pequeño	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-36	Rojo pequeño	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20

1522-37	Rojo pequeño	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-38	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-40	Rojo arriñonado	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-41	Rojo pequeño	05IS-1655/A686///XAN 176/BAT 477//BAT 477/VAX6///SCR 20
1522-42	Blanco pequeño	TARS-LFR1/PR1217-20
1522-45	Rojo pequeño	TARS-LFR1/PR1217-20
1522-48	Blanco pequeño	TARS-LFR1/PR1217-20
1522-50	Blanco pequeño	TARS-LFR1/PR1217-20
1522-52	Blanco pequeño	TARS-LFR1/PR1217-20
1522-54	Rojo pequeño	TARS-LFR1/PR1217-20
1522-55	Blanco pequeño	TARS-LFR1/PR1217-20
1522-56	Blanco pequeño	TARS-LFR1/PR1217-20
1522-57	Rojo pequeño	TARS-LFR1/PR1217-20
1522-58	Blanco pequeño	TARS-LFR1/PR1217-20
1522-59	Blanco pequeño	TARS-LFR1/PR1217-20
1522-60	Rojo pequeño	SB 776/PR1217-20

Cuadro 2. Líneas de frijol del ensayo regional para mustia hilachosa ‘ERMUS’.

Línea	Tipo de grano	Pedigrí
MHR-312-75	Rojo pequeño	PRF 9653-16B-3//MH4-9/MH5-14
MHR-314-49	Rojo pequeño	SRC 2-18-1//MH4-9/MH5-14
MHN-322-49	Negro pequeño	ICTA Ligero/MH 2-2
MHC2-8-44	Rojo pequeño	MH 3-1/MH 5-14
MHC2-9-37	Rojo pequeño	MH 3-1/MH 53-1
MHC2-10-1	Rojo pequeño	MH 3-1/PR 9840-27
MHC2-13-49	Rojo pequeño	MH 4-9/MH 53-1
MHC2-16-26	Rojo pequeño	MH 5-14/MH 53-1
PR0401-259	Rosado pequeño	VAX6///MUS 83/Be1Neb RR1//MUS 83/DOR 483
PR0650-31	Negro pequeño	BAT 93/PI 417662//VAX6
SJC 730-79	Rojo pequeño	Negro Vaina Blanca/BCN 20-02-94
Verano	Blanco pequeño	DOR 364/WBB-20-1//‘Don Silvio’/VAX6
VAX 6	Morado pequeño	Complejo
Amadeus 77	Rojo pequeño	‘Tío Canela 75’/DICTA 105
Morales	Blanco pequeño	‘Arroyo Loro’/‘Don Silvio’

Cuadro 3. Líneas de frijol generación F_{3:4} provenientes de cruces élite del programa de investigación de frijol de la UPR.

Línea	Generación	Tipo de grano	Pedigrí
1573-1-1	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-1-2	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-1-4	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-1-5	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-1-8	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-1-10	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-2-1	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-2-2	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-2-3	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-2-4	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-2-5	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-2-6	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-2-7	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-2-8	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-2-10	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-3-1	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-3-2	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-3-3	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-3-6	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-3-8	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-3-9	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-4-1	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-4-2	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-4-3	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-4-4	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-4-5	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-4-6	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-4-7	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-4-9	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-4-10	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-5-1	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-5-2	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-5-3	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-5-4	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-5-5	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-5-6	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-5-7	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-5-8	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-5-10	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-6-1	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-6-4	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4

1573-11-7	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-11-8	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-11-9	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-11-10	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-12-1	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-12-2	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-12-3	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-12-5	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-12-6	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-12-7	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-12-9	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-12-10	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-12-11	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-13-1	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-13-3	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-13-4	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-13-5	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-13-6	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-13-8	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-13-9	F3:4	Negro pequeño	PR0443-151/XRAV-40-4
1573-14-1	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-14-2	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-14-4	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-14-7	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-14-8	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-14-9	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-14-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-15-2	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-15-3	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-15-4	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-15-5	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-15-7	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-15-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-16-1	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-16-2	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-16-3	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-16-4	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-16-5	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-16-6	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-16-7	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-16-8	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-16-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-17-1	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-17-2	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-17-3	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1

1573-22-5	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-22-6	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-22-7	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-22-8	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-22-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-22-11	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-23-2	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-23-4	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-23-5	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-23-6	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-23-7	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-23-8	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-23-9	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-23-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-24-1	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-24-2	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-24-3	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-24-4	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-24-5	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-24-6	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-24-7	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-24-8	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-24-9	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-24-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-25-1	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-25-2	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-25-3	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-25-5	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-26-2	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-26-6	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-27-1	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-27-2	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-27-4	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-28-1	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-28-2	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-28-3	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-28-4	F3:4	Rojo pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-28-5	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-29-4	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-29-7	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/DPC-40
1573-30-2	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-30-4	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-30-5	F3:4	Rojo pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-32-1	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-32-2	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4

1573-32-3	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-32-4	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-32-5	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-32-6	F3:4	Rojo pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-32-7	F3:4	Rojo pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-33-1	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-33-2	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-33-3	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-33-4	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-34-1	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-34-2	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-34-3	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-34-4	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-34-5	F3:4	Negro pequeño	TARS-LFR1/XRAV-40-4
1573-36-1	F3:4	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1573-36-2	F3:4	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1573-36-3	F3:4	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1573-36-4	F3:4	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1573-39-1	F3:4	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1573-39-2	F3:4	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1573-40-1	F3:4	Negro pequeño	PR1428-4/ TARS-LFR1
1573-40-2	F3:4	Negro pequeño	PR1428-4/ TARS-LFR1
1573-40-3	F3:4	Negro pequeño	PR1428-4/ TARS-LFR1
1573-40-4	F3:4	Negro pequeño	PR1428-4/ TARS-LFR1
1573-40-5	F3:4	Negro pequeño	PR1428-4/ TARS-LFR1
1573-40-6	F3:4	Negro pequeño	PR1428-4/ TARS-LFR1
1573-40-7	F3:4	Negro pequeño	PR1428-4/ TARS-LFR1
1573-40-8	F3:4	Negro pequeño	PR1428-4/ TARS-LFR1
1573-42-3	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-42-5	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-43-2	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-43-3	F3:4	Rosado pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-43-4	F3:4	Rosado pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-43-5	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-44-3	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-44-4	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-45-1	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-45-2	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-45-5	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-46-3	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR1165-3
1573-47-1	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-47-2	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-47-3	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-47-4	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-47-5	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR0443-151

1573-47-6	F3:4	Rosado pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-48-2	F3:4	Crema pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-49-1	F3:4	Crema pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-49-3	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-49-4	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-50-5	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-50-8	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-50-9	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/PR0443-151
1573-51-1	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-53-1	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-53-4	F3:4	Crema pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-53-5	F3:4	Rosado pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-54-3	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-56-1	F3:4	Rosado pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-56-5	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-57-7	F3:4	Rosado pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-58-3	F3:4	Crema pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-59-1	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-59-2	F3:4	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-60-2	F3:4	Crema pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-60-5	F3:4	Crema pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1573-61-1	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-61-3	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-61-4	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-61-5	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-61-6	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-61-7	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-61-8	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-61-9	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-61-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-62-1	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-62-2	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-62-3	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-62-4	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-62-5	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-62-6	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-62-7	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-62-8	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-62-9	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-62-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-63-1	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-63-2	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-63-3	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-63-4	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-63-5	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1

1573-63-6	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-63-7	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-63-8	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-63-9	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-63-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-64-1	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-64-2	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-64-3	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-64-4	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-64-5	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-64-6	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-64-7	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-64-8	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-64-9	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-64-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-64-11	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-65-1	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-65-2	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-65-3	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-65-4	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-65-5	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-65-6	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-65-8	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-65-9	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-65-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-66-1	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-66-2	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-66-3	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-66-4	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-66-5	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-66-6	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-66-7	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-66-9	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1
1573-66-10	F3:4	Negro pequeño	PR1165-3/ TARS-LFR1

Cuadro 4. Líneas de frijol provenientes del ensayo BASE 120.

Línea	Tipo de grano	Origen
Aifi Wuruti	Negro pequeño	Zamorano
ALS 0532-6	Rojo pequeño	"
Amadeus 77	Rojo pequeño	"
B12724	Negro pequeño	Universidad del Estado de Michigan
B14302	Negro pequeño	"
B14303	Negro pequeño	"
B14311	Negro pequeño	"
Beniquez	Blanco pequeño	Universidad de Puerto Rico
BIOF 2-106	Rojo pequeño	CIAT
BIOF 4-70	Negro pequeño	"
Bribri	Rojo pequeño	Costa Rica/Zamorano
Cardenal	Rojo pequeño	Zamorano
Carrizalito	Morado pequeño	"
DEHORO	Rojo pequeño	"
DOR 364	Morado pequeño	CIAT
DOR 390	Negro pequeño	"
DPC 40-4	Negro pequeño	IDIAF, Rep. Dominicana
FBN 1203-43	Rojo pequeño	Zamorano
FBN 1203-47	Rojo pequeño	"
FBN 1205-31	Negro pequeño	"
FBN 1210-48	Negro pequeño	"
I9365-31	Negro pequeño	USDA-ARS-TARS
ICA Pijao	Negro pequeño	CIAT
IBC 301-204	Rojo pequeño	Zamorano
ICTA ZAM ML	Negro pequeño	ICTA, Guatemala/Zamorano
INTA Precoz	Rojo pequeño	INTA, Nicaragua
MEN 2201-64	Negro pequeño	Zamorano
MER 2212-28	Rojo pequeño	"
MHN 322-49	Negro pequeño	"
Morales	Blanco pequeño	Universidad de Puerto Rico
MSU BNF Entry 86	Negro pequeño	Universidad del Estado de Michigan
Don Rey	Rojo pequeño	Zamorano
Perola	Crema rayado	Brasil
PR0401-259	Rosado pequeño	Universidad de Puerto Rico
PR0443-151	Negro pequeño	"
PR0806-81	Blanco pequeño	"
PR1147-1	Negro pequeño	"
PR1147-3	Negro pequeño	"
PR1147-6	Negro pequeño	"
PR1147-8	Negro pequeño	"
PR1165-3	Negro pequeño	"
PR1217-1	Blanco pequeño	"

PR1217-16	Blanco pequeño	"
PR1418-15	Negro pequeño	"
PR1483-105	Negro pequeño	"
RRH 336-28	Rojo pequeño	Zamorano
Sayaxche	Negro pequeño	ICTA, Guatemala/Zamorano
SB2-4	Crema moteado	USDA-ARS-TRAS
SEQ 342-39	Negro pequeño	Zamorano
SEQ 342-89	Negro pequeño	"
SJC 730-79	Rojo pequeño	"
SB2-46	Crema moteado	USDA-ARS-tras
SB2-96	Blanco arriñonado	"
SB2-105	Crema moteado	"
SB2-170	Rosado pequeño	"
TARS-LFR1	Rojo pequeño	"
TARS-MST1	Negro pequeño	"
Tío Canela 75	Morado pequeño	Zamorano
VAX 6	Morado pequeño	CIAT
Verano	Blanco pequeño	Universidad de Puerto Rico
XRAV-40-4	Negro pequeño	Servicio Nacional de Semillas, Haití
Zenith	Negro pequeño	Universidad del Estado de Michigan
Zorro	Negro pequeño	"
PR0301-181	Blanco pequeño	Universidad de Puerto Rico
Alpena	Blanco pequeño	Universidad del Estado de Michigan
PR1144-2	Blanco pequeño	Universidad de Puerto Rico
PR1144-3	Blanco pequeño	"
PR1144-4	Blanco pequeño	"
PR1144-5	Negro pequeño	"
EMP 299	Negro pequeño	CIAT
EMP 319	Negro pequeño	"
PR0656-31	Negro pequeño	Universidad de Puerto Rico
PR1429-4	Negro pequeño	"
MG 133-1	Negro pequeño	USDA-ARS-TARS
MG 133-3	Negro pequeño	"
PR1429-3	Negro pequeño	Universidad de Puerto Rico
PR1429-6	Negro pequeño	"
PR0775-66-3	Rojo pequeño	"
CENTA Pipil	Morado pequeño	CENTA, El Salvador

Cuadro 5. Líneas provenientes de cruces interespecíficos entre ‘ICA Pijao x G35163’.

Línea	Tipo de grano	Pedigrí
1475-3	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-9	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-15	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-16	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-17	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-18	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-21	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-22	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-23	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-24	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-25	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-26	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-30	Blanco pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-34	Blanco pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-36	Blanco pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-39	Blanco pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-49	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-51	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-52	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-53	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-57	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-58	Blanco pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-62	Rojo pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-64	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-68	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-71	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-72	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-73	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-76	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-77	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-78	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-79	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-81	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-82	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-84	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-85	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-87	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-90	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-96	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-99	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-102	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163

1475-104	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-105	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-107	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-108	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-112	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-113	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-114	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-117	Blanco pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-123	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-124	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-125	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-126	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-127	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-129	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-135	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-136	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-137	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-138	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-139	Blanco pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-140	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-145	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-147	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-148	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-154	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-158	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-159	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163
1475-161	Negro pequeño	ICA Pijao x G35163

Evaluación para Reacción a Mustia Hilachosa en Campo

Se establecieron 3 épocas de siembra: (1) 15 de septiembre de 2015, para la primera evaluación de las líneas para resistencia y/o tolerancia a mustia hilachosa, (2) 27 de mayo de 2016, para incrementar semilla de las líneas que mostraron resistencia a la enfermedad en la primera evaluación de campo y (3) 20 de septiembre de 2016; para la segunda evaluación de las líneas, para confirmar su resistencia y/o tolerancia a mustia hilachosa. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA), con 3 repeticiones para las líneas provenientes del ensayo BASE 120 y también para las líneas interespecíficas provenientes del cruce entre ‘ICA Pijao x G35163’, y 5 repeticiones para las líneas provenientes del ERMUS, las líneas F_{5:6} de TARS y las líneas F_{3:4} provenientes de cruces élite de la UPR, solo consistieron de una repetición. Cada unidad

experimental estuvo representada por un surco de 1 metro de largo para todos los ensayos, excepto para el ensayo de las líneas F_{5,6} de TARS que tenían surcos de 2 metros de lago. El distanciamiento de siembra fue de 75 cm entre surcos, con 15 semillas sembradas para los surcos de 1 metro y 25 semillas para los surcos de 2 metros. Al momento de la siembra se aplicó un fertilizante granulado 10-10-10 (NPK), a razón de 500 kg/ha. Se utilizó riego por aspersión según los requerimientos del cultivo. El control de malezas se realizó de forma manual, según la incidencia de estas, el control de plagas se realizó de forma química, de igual forma según la incidencia de éstas, no se realizó ningún tipo de control de enfermedades. La cosecha, se realizó de forma manual al momento que las plantas alcanzaron la madurez y las vainas estaban completamente secas.

Para garantizar la infección de mustia hilachosa en la evaluación, se inoculó, con el patógeno 30 días después de la siembra. El inóculo se preparó en el laboratorio de la Subestación de Fortuna, Juana Díaz, Puerto Rico. Se utilizó el AGs de *Rhizoctonia solani* AG-1-IB (Godoy-Lutz et al., 2008; 2010). Se colectaron plantas de frijol que presentaban síntomas típicos de la enfermedad, las plantas se extrajeron con la ayuda de una espátula, el suelo adherido a la raíz se lavó con agua y las plantas se colocaron sobre toallas de papel hasta que la raíz estaba seca, a continuación, las plantas infectadas se llevaron al laboratorio. Se preparó el medio de cultivo PDA (papa, dextrosa y agar), para ello se utilizó: PDA deshidratado (39 g/L) y agua destilada (1L), esto se mezcló en dos frascos erlenmeyer de 1000 ml (500 ml c/u) con el medio de cultivo, se esterilizaron en la autoclave a una presión de 103.42 Kilopascales (15 libras), y una temperatura de 121 °C durante 40 minutos. El medio esterilizado se dejó enfriar hasta que se pudo manipular y a continuación se vertió en cajas petri a razón de 25 ml por caja. El aislamiento de *Rhizoctonia solani* se realizó dentro de una cámara de flujo laminar, se cortaron varios trozos del tejido infectado de la muestra utilizando una tijera estéril, a continuación los trozos se desinfectaron dentro de una caja petri que contenía una solución de cloro al 2.5 % durante 3 minutos, luego de este tiempo se lavaron los trozos con agua destilada estéril tres veces, los trozos lavados se colocaron sobre toallas de papel estéril por 10 minutos para que se secaran. Cuando las muestras estuvieron secas, se tomaron los trozos de tejido con una pinza estéril y se sembraron en cajas petri que tenían el medio de cultivo PDA, se colocaron tres trozos por caja. Las cajas se incubaron por 3-5 días a 26°C, y cuando se observó crecimiento de micelio se purificó el hongo a través de la técnica de “puntas de hifa”, esto con el objetivo de tener una cepa del hongo pura. Se tomó un trozo del micelio de aproximadamente 5 mm de las cajas donde se aisló previamente y se transfirió a un nuevo medio

de cultivo PDA y se incubó 3-5 días a 26°C (Anónimo, 2015). Desde el aislado puro se procedió a realizar el incremento del hongo en un medio de cultivo líquido. Para la preparación de 1 L de medio de cultivo líquido se utilizaron 10 g de peptona, 15 g de dextrosa, 0.5 g de KH_2PO_4 , 0.25 g de MgSO_4 y un litro de agua destilada (Sneh *et al.*, 1991). Estos reactivos se prepararon en un matraz de 1 L, pero conteniendo 500 ml (se prepararon 4 L), se esterilizaron en autoclave y cuando estaban fríos, se inoculó cada matraz con 10 a 12 discos de 4 mm del hongo previamente crecido en PDA. Se colocó cada matraz en una criba vibradora por 15 días, y se observó frecuentemente su crecimiento para detectar contaminación (el medio debía conservar un color ámbar translucido, ya que la turbidez puede ser indicio de contaminación). Después de 15 días se filtraron en embudo con colador. El micelio filtrado se lavó con agua destilada estéril hasta que esta salió clara, se colocó en papel aluminio y se puso en horno a 40-45°C por 24 horas. Para la preparación del inóculo se pesaron 0.2 g de micelio seco por cada 1000 ml de agua destilada y se trituró en licuadora con aproximadamente 200 ml de agua. Se colocó en un recipiente de 20 L (densidad óptica 0.4 a 640 nm), para 20 L de inóculo se requiere 13 g de micelio seco, se debe añadir Tween 80 (1 ml por cada L) (Anónimo, 2015).

La inoculación en el campo se realizó en horas de la tarde, a razón de 200 ml de inóculo (0.13 g de micelio) + 20 ml de Tween 80 por bomba de asperjar de 20 litros. Se distribuyó uniformemente por todos los surcos del experimento y se agitó frecuentemente. Las evaluaciones se realizaron a los 7, 14, 21 y 28 días después de la inoculación. La reacción a mustia hilachosa se evaluó utilizando la escala propuesta por CIAT donde: 1 = síntomas no visibles, 2 = < 5% del área foliar afectada, 3 = 6-10% del área foliar afectada, 4 = 11-20% del área foliar afectada, 5 = 21-30% del área foliar afectada, 6 = 31-40% del área foliar afectada, , 7 = 41-60% del área foliar afectada, 8 = 61-85% del área foliar afectada, 9 = > 85% del área foliar afectada (CIAT 1987). Otras variables que se evaluaron incluyen, la germinación (número de plantas emergidas), días a floración (número de días desde la siembra hasta que el 50% de plantas de cada parcela haya florecido), color de la flor, hábito de crecimiento, día a cosecha e incidencia de otras enfermedades utilizando las escalas propuestas por CIAT (CIAT 1987). Se tomó el peso total del grano comercial de cada parcela al 13% de humedad. La semilla de cada unidad experimental fue separada en dos categorías: semilla comercial y semilla con daños (manchada) para calcular el porcentaje de semilla dañada.

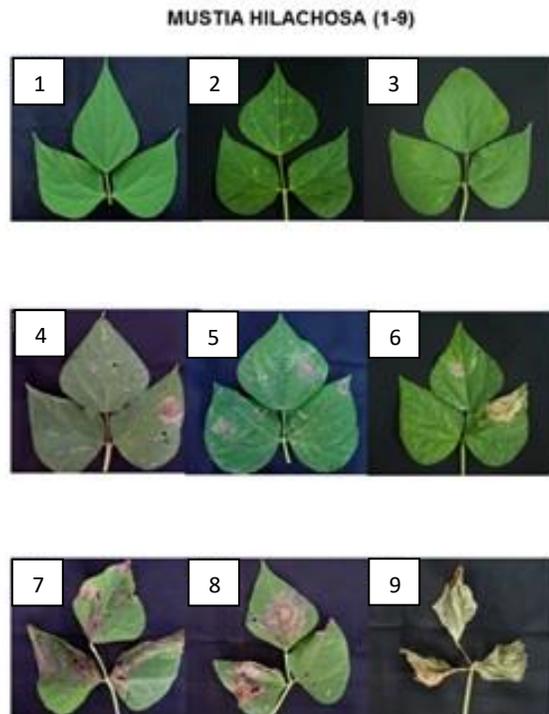


Figura 1. Escala de CIAT para evaluación de mustia hilachosa. Fuente: CIAT, 1987.

Se utilizó el método de selección pedigrí para las líneas F_{5:6} de TARS y las líneas F_{3:4} de la Universidad de Puerto Rico (Cuadros 1 y 3). Se seleccionaron plantas individuales de las líneas superiores por su reacción de resistencia y/o tolerancia a mustia hilachosa (lecturas promedios \leq 4.5). Los otros tres ensayos por estar compuestos en su mayoría de líneas avanzadas (Cuadros 2, 4 y 5), la selección se realizó de forma masal, es decir seleccionando la totalidad de plantas de las mejores líneas, por su reacción de resistencia y/o tolerancia a la enfermedad (lecturas promedios \leq 4.5) y además por su rendimiento de grano. Los datos obtenidos se analizaron a través de los programas estadísticos Infostat® y Statistix® generando análisis de varianzas y pruebas de media por LSD ($P < 0.05$).

El 27 de mayo de 2016 se sembraron viveros de multiplicación de semilla, que estuvieron formados por las líneas que mostraron los mayores niveles de resistencia a mustia hilachosa, esto con el objetivo de tener semilla de buena calidad para la segunda evaluación de esta enfermedad, realizada en septiembre del mismo año. Los viveros estuvieron compuestos de 209 líneas de frijol, entre ellas: 10 líneas F_{6:7} de TARS, 141 líneas F_{4:5} de la Universidad de Puerto Rico, 15 líneas del

ERMUS, 31 líneas del ensayo BASE 120 y 12 líneas provenientes del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’.

Evaluación en Invernadero para Reacción a Bacteriosis Común

Se evaluaron para reacción a bacteriosis común, 209 líneas superiores que se obtuvieron de la primera evaluación de mustia hilachosa en el campo. La evaluación se realizó en mayo de 2016 en un invernadero de USDA-ARS-TARS en Mayagüez, PR. La siembra se realizó el 25 de mayo, se sembraron 3 semillas de cada línea en tiestos de 15 cm de diámetro. Cada unidad experimental estuvo representada por un tiesto, en cada tiesto se dejó solamente una planta. Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con dos repeticiones. Al momento de la siembra se aplicó un fertilizante granulado completo 14-14-14 (NPK), de liberación lenta, a razón de 8-10 gramos por tiesto. Se utilizó riego según los requerimientos de la planta. El control de plagas insectiles se realizó de forma química dependiendo de la incidencia de estas. No se realizó ningún tipo de control de enfermedades.

Para garantizar la infección con bacteriosis común, las plantas se inocularon 14 días después de la siembra. Se utilizaron dos cepas: *Xap* UPR 3353 proporcionada por la Dra. Mildred Zapata (UPR, Mayagüez) (Zapata et al. 2007) y *Xap* 484A de USDA-ARS-TARS. Estas dos cepas fueron colectadas en Puerto Rico y se mantienen a través de subcultivo en TARS (Beaver et al. 2016). Se utilizó una concentración final de 10^7 unidades formadoras de colonias mL^{-1} , para la inoculación con cada cepa.

El inóculo se preparó utilizando un espectrofotómetro, a través de la dilución en agua destilada estéril, utilizando los cultivos de *Xap*, crecidos en un medio compuesto de extracto de levadura, dextrosa, carbonato de calcio y agar (YDCA), durante 48 horas a 26°C (Zapata et al., 1985). La inoculación se realizó utilizando la técnica denominada de “Alfiletero múltiple” (Zapata et al., 1985), en dos hojas del segundo trifolio de cada planta. Para distinguir donde se inoculó cada cepa se señaló con un marcador de color negro, la hoja donde se inoculó *Xap* UPR 3353 y por ende la hoja que no tenía marca correspondió a *Xap* 484A. Se realizó en horas de la tarde de forma manual.

Las evaluaciones tuvieron dos testigos: variedad Morales (susceptible) y VAX 6 (resistente). Las evaluaciones se realizaron a los 7, 14 y 21 días después de la inoculación. El grado de daño de la enfermedad se evaluó utilizando la escala propuesta por CIAT, donde: 1 = síntomas no visibles, 2 = < 5% del área foliar afectada, 3 = 6-10% del área foliar afectada, 4 = 11-20% del área foliar afectada, 5 = 21-30% del área foliar afectada, 6 = 31-40% del área foliar afectada, 7 = 41-60% del

área foliar afectada, 8 = 61-85% del área foliar afectada, 9 = > 85% del área foliar afectada (CIAT, 1987; Fig.2). La información se analizó utilizando el programa estadístico Infostat® con el cual se generaron análisis de varianzas y pruebas de media por LSD ($P < 0.05$). Los datos obtenidos nos ayudaron a identificar las líneas superiores por su reacción de resistencia y/o tolerancia a bacteriosis común (lecturas ≤ 3).

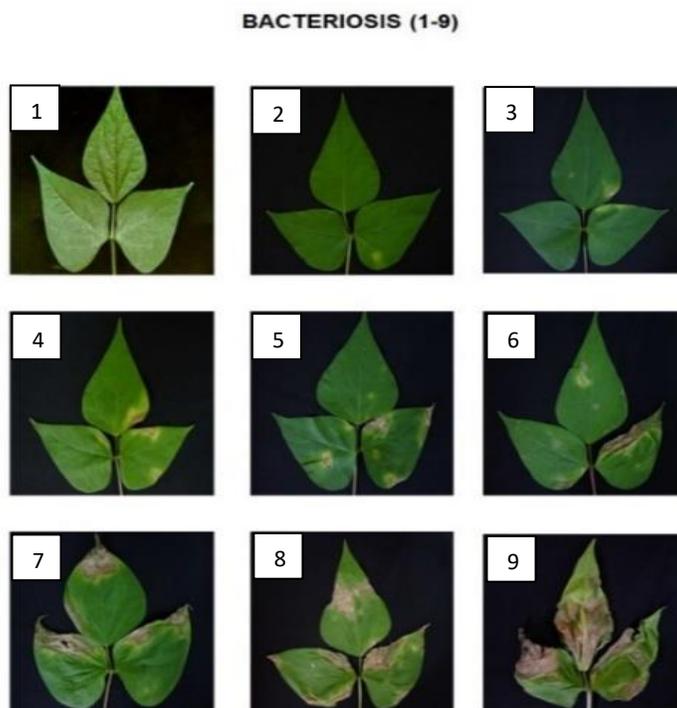


Figura 2. Escala de CIAT para evaluación de bacteriosis común. Fuente: CIAT, 1987.

Evaluación en Invernadero para Reacción a BCMV y BCMNV

Se realizaron evaluaciones para reacción a *BCMV* y *BCMNV* en los invernaderos de la Universidad de Puerto Rico, ubicados en Mayagüez, PR. Se evaluaron 209 líneas superiores, que se obtuvieron de la primera evaluación de mustia hilachosa en el campo. La evaluación se estableció en mayo de 2016. Cada unidad experimental fue representada por un tiesto de 9 cm de diámetro. Se sembraron en cada tiesto 5 semillas de cada línea para luego raleo y dejar tres plantas por tiesto. Se aplicó al momento de la siembra un fertilizante granulado completo 14-14-14 (NPK), de liberación lenta, a razón de 8 a 10 gramos por tiesto. Se utilizó riego según los requerimientos de la planta. No se realizó ningún tipo de control de plagas insectiles como tampoco de enfermedades.

Las inoculaciones se realizaron 8-10 días después de la siembra (Morales, 1989). Se utilizó la cepa *NL3* de BCMNV proveniente de plantas infectadas. Se realizó la inoculación en las hojas del primer trifolio de las tres plantas en cada tiesto. Se utilizó la metodología de inoculación por savia usando tejido de plantas infectadas de la línea susceptible PR0443-151. Luego este tejido se maceró y se le añadió aproximadamente 30 ml de una solución buffer (117 ml de fosfato de sodio monobásico + 183 ml de fosfato de sodio dibásico heptahidratado), más el químico carborundo con el objetivo de provocar pequeñas lesiones en las hojas y propiciar la entrada del virus. Se aplicó el inóculo con hisopos de forma manual a las hojas de las plantas sanas. La inoculación se realizó en las primeras horas del día (6-7 AM) y se dejaron en oscuridad por 24 horas.

Las evaluaciones se realizaron a los 4, 6 y 8 días después de la inoculación. Las evaluaciones de BCMV y BCMNV se realizaron de forma fenotípica, observando la reacción de las plantas. Se evaluaron tres posibles reacciones: plantas con necrosis (reacción de hipersensibilidad, portadoras del gen *I* dominante), plantas con síntomas de mosaico típicos de la enfermedad y plantas sanas (plantas portadoras de los genes *I+bc3*). Las evaluaciones incluyeron dos testigos, la variedad ‘Verano’ (portador del gen dominante *I*) que produce la reacción de hipersensibilidad también conocida como “raíz negra”, y la línea PR0443-151, una variedad susceptible que produce síntomas típicos de mosaico. Los resultados obtenidos nos ayudaron a identificar las líneas superiores por su reacción de resistencia y/o tolerancia a BCMV y BCMNV, pero además, dichos resultados se confirmaron con el uso de marcadores moleculares.

Detección de Genes de Resistencia a BCMV, BCMNV Y BGYMV

Utilizando Marcadores Moleculares

La extracción de ADN y la detección de marcadores moleculares se realizaron en el laboratorio de la USDA-ARS-TARS en Mayaguez, PR. Se utilizó un kit DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Valencia, CA), especialmente diseñado para la extracción de ADN en plantas. Las líneas seleccionadas de la primera evaluación de mustia hilachosa en el campo se sembraron en bandejas en el laboratorio. Aproximadamente a los 4 o 5 días después de la siembra se utilizó el tejido vegetal del primer trifolio de cada línea para realizar la extracción de ADN. Después de haber recolectado las muestras de tejido en cada tubo colector o microtubo (aproximadamente 50 mg/tubo), se procedió a triturarlo utilizando un “rompedor o disruptor” de tejido (Tissuelyser II, Qiagen, Hilden, Germany), por aproximadamente 3 minutos para así homogenizar las muestras, a

cada muestra se le colocó una bolita de acero inoxidable para facilitar la ruptura del tejido. A continuación, a cada microtubo se le adicionó 400 μ L del Buffer AP1 y 4 μ L de RNAasa A, provisto por el kit DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Valencia, CA). Se agitaron en un vórtex y se incubaron en un termociclador (C1000 Touch, BIO-RAD, CA, E.E.U.U.), por 10 minutos a 65°C. Los tubos se invirtieron 2 a 3 veces durante la incubación. Se adicionaron 130 μ L del Buffer P3, a cada microtubo, luego se homogeneizaron en el vórtex ligeramente y se incubaron por 5 minutos en hielo. Pasado este tiempo las muestras se centrifugaron a 18,407 x g por cinco minutos. A continuación, se transfirió la solución de cada microtubo con una pipeta a una columna lila (tubos de 2 ml de capacidad) y se centrifugó por 2 minutos a 18,407 x g. Esta columna tiene un filtro que ayuda a colectar residuos que no son parte del ADN. Posteriormente se transfirió todo el fluido sobrenadante de cada microtubo, a un nuevo microtubo (se descartó la membrana de la columna lila), sin perturbar el sedimento cuando estuvo presente. Se adicionó 1.5 volúmenes del Buffer AW1 y se mezcló con la pipeta. Luego de esto se transfirió 650 μ L de la mezcla dentro de nuevos tubos colectores provistos con unas columnas transparentes que vienen en este kit. Los nuevos tubos se centrifugaron por 1 minuto a 6,010 x g. A continuación, se descartó el fluido que pasó al tubo colector (columna transparente), este paso se repitió con el resto de la muestra. Cada columna transparente se colocó en nuevos tubos y se adicionaron 500 μ L del Buffer AW2 y se centrifugaron las muestras 1 minuto a 6,010 x g. Luego de esto se descartó el sobrenadante. A continuación, se adicionaron otros 500 μ L del Buffer AW2 a cada tubo colector y se centrifugaron 2 minutos a 18,407 x g. El Buffer AW2 lava y purifica el ADN. Se removió la columna transparente de los tubos colectores cuidadosamente para que las columnas no entren en contacto con el fluido. Posteriormente se transfirió la columna blanca de cada tubo colector a nuevos tubos colectores con capacidad de 1.5 a 2 ml. Se adicionaron 100 μ L del Buffer AE para lavado, los tubos colectores se dejaron reposar por 5 minutos a temperatura ambiente y a continuación se centrifugaron por 1 minuto a 6,010 x g. Para finalizar se repitió este paso para obtener la segunda dilución de ADN y lo que se obtuvo en cada tubo colector fue el ADN de cada muestra. Los tubos con el ADN fueron almacenados en el congelador a -20° C.

Después de tener el ADN purificado se corrieron marcadores moleculares para detectar genes específicos de resistencia a BCMV, BCMNV y BGYMV. La amplificación del ADN se llevó a cabo mediante la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR).

La mezcla maestra para cada una de las reacciones de PCR estuvo compuesta de: 13.5 µl de H₂O grado HPLC, 5 µl 5× Gotaq[®] Flexi Buffer, 2.5 µl 25mM MgCl₂, 0.5 µl 2 mM dNTP's, 0.5 µl iniciador F, 0.5 µl iniciador R, 0.5 µl GoTaq[®] ADN polimerasa y 2 µl ADN a una concentración estandarizada de 30 µg/µl. Para realizar las reacciones de PCR se utilizó un termociclador (C1000 Touch, BIO-RAD, CA, E.E. U.U.). Para la amplificación de las bandas de cada marcador se utilizaron distintos perfiles térmicos (Cuadro 6).

Se identificó la presencia del gen dominante “*I*” para resistencia al BCMV utilizando el marcador SCAR SW13. El marcador identifica los genotipos homocigoto dominante o heterocigoto (*I/I* o *I/i*), amplificando un fragmento único a 690 pares de bases (pb) lo cual indica resistencia, y no muestra banda en la condición homocigota recesiva (*i/i*) condición de susceptibilidad (Melotto *et al.*, 1996).

El marcador CAPS ENM identificó la presencia del gen recesivo *bc-3*. La condición homocigota resistente (*elF4E²/elF4E²*), presenta bandas a 381 y 160 pb. La condición homocigota susceptible (*elF4E¹/elF4E¹*), presenta banda a 541 pb y la condición heterocigota susceptible (*elF4E¹/elF4E²*), presenta bandas a 541, 381 y 160 pb. Para la amplificación de los alelos *elF4E* se utilizó la enzima de restricción *Rsal* la mezcla maestra utilizada estuvo compuesta de: 14 µl de H₂O grado HPLC, 8 µl producto de PCR, 2 µl Tango Buffer, 1 µl enzima *Rsal* a una concentración de 10 µg/µl. (Naderpour *et al.*, 2010).

El marcador SCAR SR2 amplificó para el gen recesivo *bgm-1*. Es un marcador co-dominante y amplifica dos bandas a 570 y 530 pares de bases, presentando resistencia en su condición homocigota recesiva (530 pb) y susceptibilidad en sus combinaciones heterocigota (doble banda) y homocigota dominante (570 pb) (Blair *et al.*, 2007).

El marcador SCAR SW12 identificó la presencia del *QTL* que aumenta la eficiencia de resistencia del gen *bgm-1*. Este marcador expresa presencia del *QTL* en una banda con 700 pb (Singh *et al.* 2000).

La amplificación de las bandas de estos marcadores moleculares se observaron mediante un gel de agarosa (1%), en una cámara de luz ultravioleta. Se seleccionaron preferiblemente aquellas líneas que combinaban la presencia de los marcadores SW13 y ENM, para resistencia a BCMV y BCMNV, respectivamente, y la presencia de los marcadores SR2 y SW12, para resistencia a BGYMV.

Cuadro 6. Secuencias y programas de PCR utilizados en la identificación de los marcadores moleculares para BCMV, BCMNV y BGYMV.

Marcador	Secuencia del nucleótido 5'-3'	Perfil térmico de PCR	Referencia
SCAR SW13	CAC AGC GAC ATT AAT TTT CCT TTC CAC AGC GAC AGG AGG AGC TTA TTA	34 x (10 seg 94 °C, 40 seg 67 °C, 120 seg 72 °C) 5 min 72 °C.	Melotto <i>et al.</i> , 1996.
CAPS ENM	ACC GAT GAG CAA AAC CCT A CAA CCA ACT GGT ATC GGA TT	3 min 95 °C, 40 x (20 seg 94 °C, 20 seg 69 °C, 20 seg 72 °C).	Naderpour <i>et al.</i> , 2010.
SCAR SR2	CAC AGC TGC CCT AAC AAA AT CAC AGC TGC CAC AGG TGG GA	34 x (10 seg 94 °C, 40 seg 60 °C, 120 seg 72 °C) 5 min 72 °C.	Blair <i>et al.</i> , 2007.
SCAR SW12	TGG GCA GAA GTT CTA GCA TGT GGC TGG GCA GAA GCA CAG TAT GAT TTG	60 seg 94 °C, 30 x (30 seg 94 °C, 30 seg 70 °C, 60 seg 72 °C) 5 min 72 °C.	Singh <i>et al.</i> 2000.

Segunda Evaluación en Campo para Reacción a Mustia Hilachosa

En la época de septiembre a diciembre de 2016, se evaluaron 37 líneas superiores de frijol, seleccionadas por manifestar las siguientes características: resistencia y/o tolerancia en la primera evaluación de mustia hilachosa en campo, con lecturas ≤ 4.5 , resistencia y/o tolerancia a bacteriosis común, con lecturas ≤ 3.0 , resistencia y/o tolerancia a BCMV y BCMNV, basada en evaluaciones fenotípicas y moleculares y que además tienen los marcadores moleculares que confieren resistencia a BGYMV. En esta evaluación se utilizaron tres testigos susceptibles, XRAV-40-4, Morales y Amadeus 77. Además se evaluaron, un grupo de 54 líneas elite, más los testigos resistentes, Verano y PR0401-259, y cuatro testigos susceptibles, 'Beníquez', Morales, DPC-40 y XRAV-40-4 (Cuadro 7). Un grupo de 6 líneas elite de grano negro, provenientes de los programas de investigación de frijol de Haití, Honduras y Puerto Rico, que además incluyen genes de resistencia a BCMV, BCMNV y BGYMV, más un testigo susceptible: XRAV-40-4 (Cuadro 8). Se evaluó otro grupo de 46 líneas avanzadas de grano negro, que incluyen genes de resistencia a

BCMV, BCMNV y BGYMV, también de los programas de investigación de frijol de Haití, Honduras y Puerto Rico, más los testigos susceptibles, DPC-40 y XRAV-40-4 (Cuadro 9).

Cuadro 7. Líneas élite para evaluación a mustia hilachosa sembradas en la Subestación de Isabela en septiembre de 2017.

Línea	Tipo de grano	Origen
1626-1	Blanco pequeño	Universidad de Puerto Rico
1626-19	Blanco pequeño	"
1626-21	Blanco pequeño	"
1626-22	Blanco pequeño	"
1626-23	Blanco pequeño	"
1626-24	Blanco pequeño	"
1626-25	Blanco pequeño	"
1626-26	Blanco pequeño	"
1626-27	Blanco pequeño	"
1626-28	Blanco pequeño	"
PR1418-10	Negro pequeño	"
PR1418-20	Negro pequeño	"
PR1418-21	Negro pequeño	"
1627-7	Blanco pequeño	"
1627-8	Blanco pequeño	"
1627-10	Blanco pequeño	"
1627-11	Blanco pequeño	"
1627-13	Blanco pequeño	"
1627-14	Blanco pequeño	"
1628-1	Negro pequeño	"
1628-2	Negro pequeño	"
1628-3	Negro pequeño	"
PR1217-1	Blanco pequeño	"
PR1217-16	Blanco pequeño	"
PR1217-20	Blanco pequeño	"
Alpena	Blanco pequeño	Universidad del Estado de Michigan
PR1147-1	Negro pequeño	Universidad de Puerto Rico
PR1147-3	Negro pequeño	"
PR1147-6	Negro pequeño	"
PR1147-8	Negro pequeño	"
Aifi Wuriti	Negro pequeño	Zamorano
EMP 299	Negro pequeño	CIAT
EMP 319	Negro pequeño	"
Zorro	Negro pequeño	Universidad del Estado de Michigan

PR0656-31	Negro pequeño	Universidad de Puerto Rico
MEN 2201-64ML	Negro pequeño	Zamorano
MHN 322-49	Negro pequeño	"
Zenith	Negro pequeño	Universidad del Estado de Michigan
I9365-31	Negro pequeño	USDA-ARS-TRAS
FBN 1210-48	Negro pequeño	Zamorano
PR1483-105	Negro pequeño	Universidad de Puerto Rico
Carrizalito	Morado pequeño	Zamorano
Amadeus 77	Rojo pequeño	"
CENTA Pipil	Morado pequeño	CENTA, El Salvador
INTA Precoz	Rojo pequeño	INTA, Nicaragua
DEHORO	Rojo pequeño	Zamorano
MHR 311-1	Rojo pequeño	"
TARS-LFR1	Rojo pequeño	USDA-ARS-TARS
VAX6	Morado pequeño	CIAT
Bribri	Rojo pequeño	Costa Rica/Zamorano
Cardenal	Rojo pequeño	Zamorano
Don Rey	Rojo pequeño	"
SJC 730-79	Rojo pequeño	"

Cuadro 8. Líneas élite de color negro con genes de resistencia a los virus BCMV, BCMNV y BGYMV, de los programas de investigación de frijol de Haití, Honduras y Puerto Rico.

Línea	Tipo de grano	Pedigrí
PR1564-1	Negro pequeño	PR0806-80A*2/XRAV-40-4
PR1564-2	Negro pequeño	PR0806-80A*2/XRAV-40-4
PR1564-3	Negro pequeño	PR0806-80A*2/XRAV-40-4
PR1564-20	Negro pequeño	PR0806-80A*2/XRAV-40-4
PR1564-53	Negro pequeño	PR0806-80A*2/XRAV-40-4
MEN 2201-64 ML	Negro pequeño	Complejo

Cuadro 9. Líneas avanzadas de color negro con genes de resistencia a los virus BCMV, BCMNV y BGYMV, de los programas de investigación de frijol de Haití, Honduras y Puerto Rico.

Línea	Tipo de grano	Pedigrí
1655-1	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-2	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-9	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-10	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-11	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-12	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-13	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-14	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-15	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-16	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-17	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-18	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-20	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-23	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-24	Negro pequeño	Aifi Wuriti/Beniquez
1655-25	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-26	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-28	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-29	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-30	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-31	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-35	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-41	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-44	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-45	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-46	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-48	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-54	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-55	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-57	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-58	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-59	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-61	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1655-62	Negro pequeño	XRAV-40-4/PR0401-259
1660-1	Negro pequeño	PR0401-259/PR0806-82
1660-2	Negro pequeño	PR0401-259/PR0806-82
1660-3	Negro pequeño	PR0401-259/PR0806-82
1660-5	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1660-6	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1660-8	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4

1660-9	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1660-10	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1660-11	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1660-12	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1660-14	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4
1660-18	Negro pequeño	PR0401-259/XRAV-40-4

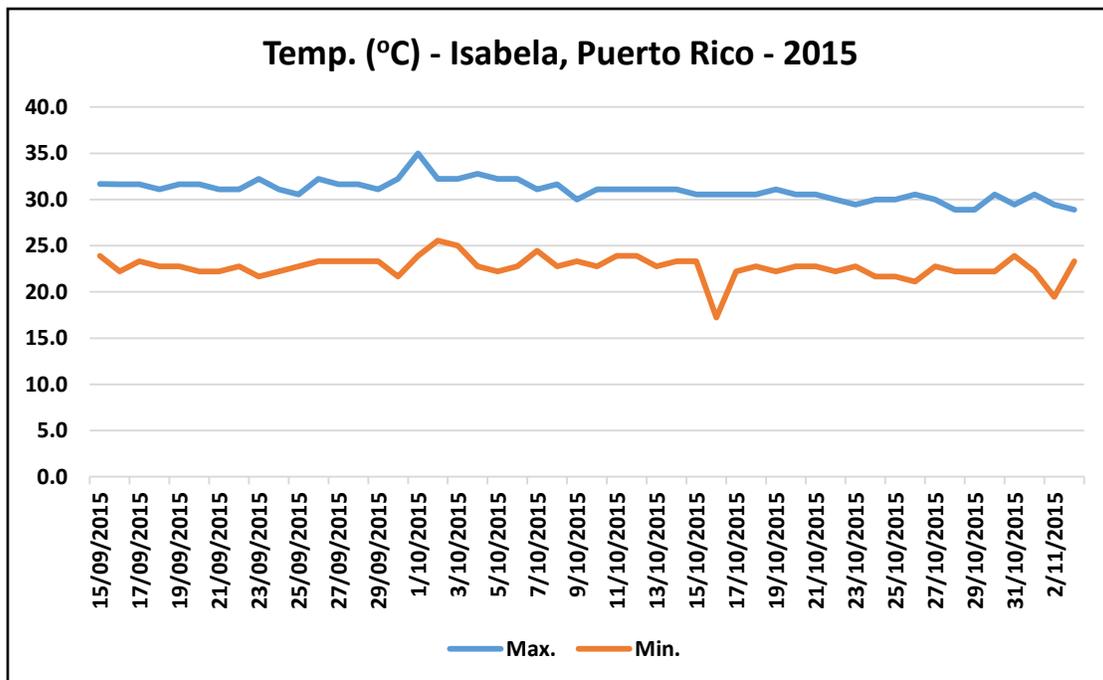
Se utilizó la misma metodología de la primera evaluación de mustia hilachosa, con el objetivo de confirmar la resistencia a la enfermedad y además de evaluar características agronómicas y potencial de rendimiento de grano. Algunas de estas líneas serán candidatas a ser liberadas como variedades comerciales y otras líneas servirán como progenitores para seguir evaluando la resistencia a estas enfermedades que son de gran importancia económica para el cultivo de frijol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primera Evaluación para Reacción a Mustia Hilachosa en Campo

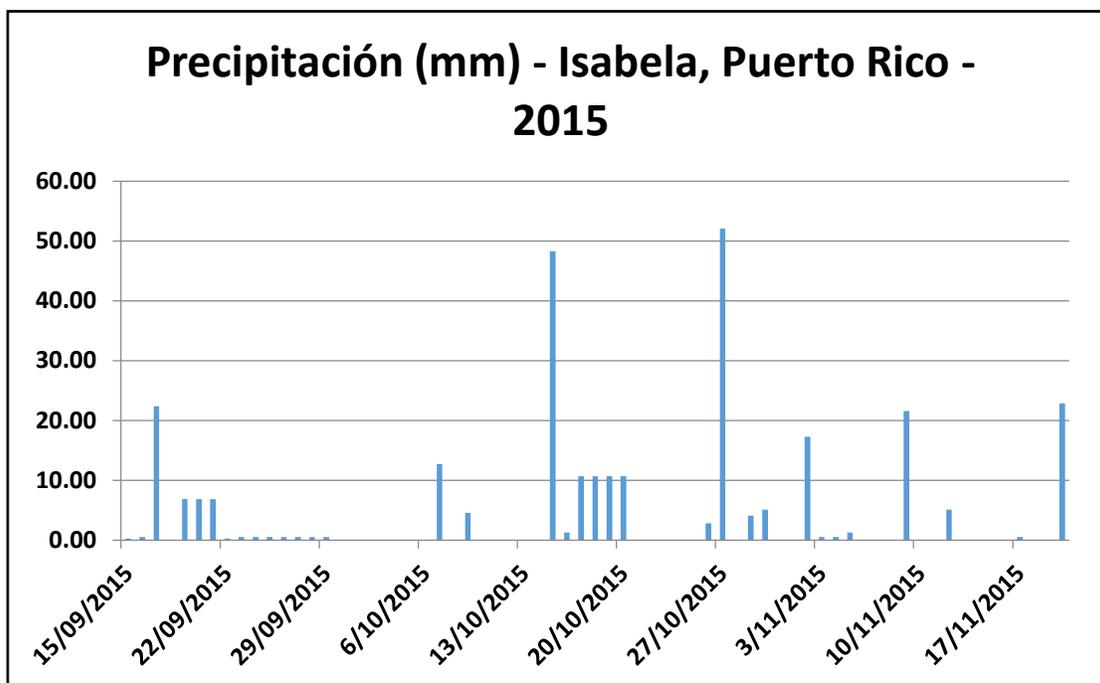
La mustia hilachosa es una enfermedad que se desarrolla favorablemente en condiciones de clima lluvioso con temperaturas que oscilan entre 20 °C y 30 °C (CIAT, 1994; Rosas, 2003). Durante la época comprendida entre los meses de septiembre a noviembre de 2015, las temperaturas en Isabela, Puerto Rico, fueron altamente favorables para el desarrollo de mustia hilachosa (Figura 3). Por otra parte, la precipitación registrada durante los meses de estudio, alcanzó un total de 291 mm aproximadamente, siendo estas condiciones ideales para el desarrollo de la enfermedad (Figura 4).

Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas en Isabela, Puerto Rico, durante los meses de septiembre a noviembre de 2015.



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration –NOAA-, 2015.

Figura 4. Precipitación en Isabela, Puerto Rico, durante los meses de septiembre a noviembre de 2015.



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration –NOAA-, 2015.

Se evaluaron 538 líneas de frijol, provenientes de cinco ensayos, para resistencia a mustia hilachosa. El primer ensayo evaluado estaba formado por 32 líneas generación F_{5:6} del programa de investigación de frijol de USDA-ARS-TARS. Se utilizó el método de selección pedigrí para seleccionar las mejores plantas individuales, provenientes de los surcos que tuvieron menor severidad (lecturas ≤ 4.5) ocasionada por mustia hilachosa (Cuadro 10). Otros criterios de selección fueron buena calidad de semilla (semilla comercial) y la producción de una cantidad adecuada de ésta, para las posteriores evaluaciones. Se seleccionaron 16 plantas individuales de las cuales únicamente 10 fueron electas para continuar la evaluación.

Cuadro 10. Comportamiento de las líneas de frijol generación F_{5:6} de TARS sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2015.

Línea	Días a Floración	Grano	Color de Flor	Hábito de Crecimiento	Lectura de mustia hilachosa ¹ (1-9)
1522-3	35	1,P	Blanca	Indeterminado	4.0
14	35	9,P	Blanca	Indeterminado	9.0
22	34	6,K	Blanca	Indeterminado	5.0
23	35	6,K	Blanca	Indeterminado	4.0
24	35	6,K	Blanca	Indeterminado	7.0
25	34	5,K	Blanca	Indeterminado	5.0
26	42	6,K	Blanca	Indeterminado	5.0
27	42	6,K	Blanca	Indeterminado	6.0
28	40	6,K	Blanca	Indeterminado	7.0
29	35	6,K	Blanca	Indeterminado	7.0
30	41	6,K	Blanca	Indeterminado	6.0
31	44	6,K	Blanca	Indeterminado	6.0
32	41	6,K	Blanca	Indeterminado	6.0
33	41	6,K	Blanca	Indeterminado	6.0
35	44	6,P	Blanca	Indeterminado	6.0
36	41	6,P	Blanca	Indeterminado	4.0
37	40	6,P	Blanca	Indeterminado	5.0
38	40	6,K	Blanca	Indeterminado	7.0
40	41	6,K	Blanca	Indeterminado	4.0
41	41	6,P	Blanca	Indeterminado	5.0
42	41	1,P	Blanca	Indeterminado	4.0
45	41	6,P	Blanca	Indeterminado	4.0
48	42	1,P	Blanca	Indeterminado	4.0
50	41	1,P	Blanca	Indeterminado	6.0
52	41	1,P	Blanca	Indeterminado	5.0
54	42	6,P	Blanca	Indeterminado	6.0
55	41	1,P	Blanca	Indeterminado	6.0
56	41	1,P	Blanca	Indeterminado	5.0
57	41	6,P	Blanca	Indeterminado	5.0
58	41	1,P	Blanca	Indeterminado	4.0
59	40	1,P	Blanca	Indeterminado	4.0
60	41	6,P	Blanca	Indeterminado	4.0
XRAV-40-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
Verano	41	1,P	Blanca	Indeterminado	4.0

¹ Evaluación a los 66 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

La segunda evaluación consistió de 15 líneas del Ensayo Regional para Mustia Hilachosa (ERMUS). Los resultados obtenidos nos muestran que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$), entre las líneas de frijol, para todas las variables evaluadas a excepción de los días a floración (Cuadro 11). El coeficiente de variación (C.V.) más bajo en las cuatro lecturas de mustia hilachosa fue obtenido con la última lectura (28 días después de la inoculación). Varias evaluaciones permiten un monitoreo del progreso de la enfermedad siendo así posible determinar las diferencias entre las líneas en su reacción a la enfermedad. Posteriormente una selección más eficiente de las líneas se realiza cuando las plantas se acercan a madurez fisiológica.

Cuadro 11. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración, lecturas de mustia hilachosa, rendimiento de grano y porcentaje de semilla dañada, de las líneas del ERMUS.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Días a Floración	1ra. Lectura Mustia	2da. Lectura Mustia	3ra. Lectura Mustia	4ta. Lectura Mustia	Rendimiento de semilla	% Semilla Dañada
Repetición	4	6.18	1.41*	4.25*	1.68	0.91	1832.45	127.89*
Línea	14	6.08	1.58*	2.77*	3.01*	5.41*	3923.83*	371.65*
Error	56	4.26	0.56	1.26	0.84	0.83	882.77	39.82
C.V. (%)		5.07	55.38	58.88	23.18	19.72	27.91	42.56

*Prueba de F significativa $P < 0.05$.

Las líneas MHN-322-49 y MHR-314-49 tuvieron la menor severidad ocasionada por mustia hilachosa con calificaciones promedios de 2.8 y 3.2 respectivamente, en la escala de CIAT (Cuadro 12). Las líneas PR0650-31 y PR0401-259, que fueron liberadas por su moderado nivel de resistencia a esta enfermedad, manifiestan un buen comportamiento con calificaciones de 4.0 y 4.2, respectivamente (Beaver *et al.*, 2012).

El mayor rendimiento de semilla comercial en esta evaluación fue de 1,945 kg/ha obtenido de la variedad 'Amadeus 77'. Este rendimiento se considera superior, tomando en cuenta la fuerte presión de la enfermedad en el campo y comparándolo con el rendimiento de 587 kg/ha reportado por el testigo susceptible 'Morales'. Es importante destacar que estas dos variedades tuvieron las más altas calificaciones de severidad de mustia hilachosa en las hojas (6.6). Sin embargo, el rendimiento de semilla de 'Amadeus 77' no fue severamente afectado. Estos resultados sugieren que el daño en el follaje no necesariamente afecta el potencial de rendimiento de ciertos cultivares de frijol. La línea que presentó el menor porcentaje de daño en la semilla (3.6%) fue PR0401-259

confirmando su resistencia a la mustia hilachosa. Las líneas MHR-312-75 y MHR-314-49 combinaron buenos rendimientos de semilla comercial (> 1,700 kg/ha) con bajos porcentajes de semilla dañada (< 10%). Estos resultados contrastan con ‘Morales’ con 41.6% de semilla dañada. ‘Amadeus 77’ tuvo un porcentaje de semilla dañada de 16.6%. Esto denota también que la severidad de la enfermedad en el follaje no necesariamente se traduce en daño en la calidad de la semilla. Takegami *et al.*, (2004) notaron que la herencia de la resistencia al daño en las hojas y la herencia al daño en la semilla puede ser independiente.

Cuadro 12. Comportamiento de las líneas de frijol del ‘ERMUS’ sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2015.

Línea	Días a Floración	Grano	Color de Flor	Hábito de Crecimiento	Lectura de mustia hilachosa ¹ (1-9)	Rendimiento de semilla comercial (kg/ha)	Semilla Dañada (%)
MHR-312-75	40.6	6,P	Blanca	Indeterminado	4.0	1761	6.2
MHR-314-49	41.6	6,P	Blanca	Indeterminado	3.2	1711	9.0
MHN-322-49	41.4	9,P	Violeta	Indeterminado	2.8	1284	13.8
MHC2-8-44	42.0	6,P	Blanca	Indeterminado	4.5	1213	14.0
MHC2-9-37	41.6	6,P	Blanca	Indeterminado	4.5	1208	14.2
MHC2-10-1	40.6	6,P	Blanca	Indeterminado	4.5	1540	11.6
MCH2-13-49	38.6	6,P	Blanca	Indeterminado	4.6	1227	14.0
MHC2-16-26	40.8	6,P	Blanca	Indeterminado	4.8	1782	14.6
PR0401-259	40.8	5,P	Blanca	Indeterminado	4.2	1506	3.6
PR0650-31	40.8	9,P	Violeta	Indeterminado	4.0	1524	15.2
SJC 730-79	38.2	6,P	Blanca	Indeterminado	5.2	1642	11.4
VERANO	39.6	1,P	Blanca	Indeterminado	4.0	824	22.6
VAX6	41.4	7,P	Blanca	Indeterminado	5.0	1258	14.0
AMADEUS 77	40.6	6,P	Blanca	Indeterminado	6.6	1945	16.6
MORALES	41.6	1,P	Blanca	Indeterminado	6.6	587	41.6
Promedio	40.7				4.6	1401	8.0
DMS(0.05)	2.6				1.2	37.6	8.0

¹ Evaluación a los 66 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

En el tercer ensayo se evaluaron 345 líneas de la generación F_{3:4} del programa de investigación de frijol de la Universidad de Puerto Rico. Se utilizó el método de selección pedigrí, al igual que en el primer ensayo. Fueron seleccionadas las mejores plantas individuales, provenientes de los surcos que habían mostrado una menor severidad (severidad ≤ 4.5) ocasionada por mustia hilachosa (Cuadro 13). Las líneas seleccionadas además tuvieron buena calidad de semilla (semilla comercial) y un rendimiento de semilla adecuado para las posteriores evaluaciones. Se seleccionaron 141 plantas individuales para continuar la evaluación.

Cuadro 13. Comportamiento de las líneas de frijol generación F_{3:4} de la UPR sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2015.

Línea	Días a Floración	Grano	Color de Flor	Hábito de Crecimiento	Lectura de mustia hilachosa ¹ (1-9)
1573-1-1	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-1-2	44	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-1-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-1-5	58	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-1-8	58	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-1-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-2-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-2-2	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-2-3	44	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-2-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-2-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-2-6	43	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-2-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-2-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-2-10	44	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-3-1	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-3-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-3-3	44	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-3-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-3-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-3-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-4-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-4-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-4-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-4-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-4-5	42	9,P	Violeta	Indeterminado	8

1573-4-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-4-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-4-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-4-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-5-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-5-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-5-3	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-5-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-5-5	58	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-5-6	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-5-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-5-8	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-5-10	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-6-1	44	9,P	Violeta	Determinado	7
1573-6-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-6-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-6-7	41	9,P	Violeta	Determinado	8
1573-6-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-6-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-6-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-7-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-7-3	42	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-7-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-7-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-7-6	40	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-7-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-7-8	40	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-7-9	40	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-8-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-8-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-8-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-8-5	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-8-6	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-8-7	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-8-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-8-9	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-8-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-9-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-9-2	42	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-9-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-9-5	44	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-9-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-9-7	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5

1573-9-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-9-9	44	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-9-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-10-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-10-2	58	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-10-3	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-10-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-10-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-10-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-10-8	42	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-10-9	42	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-10-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-11-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-11-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-11-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-11-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-11-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-11-7	42	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-11-8	42	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-11-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-11-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-12-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-12-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-12-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-12-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-12-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-12-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-12-9	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-12-10	40	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-12-11	43	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-13-1	44	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-13-3	42	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-13-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-13-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-13-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-13-8	42	9,P	Violeta	Determinado	6
1573-13-9	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-14-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-14-2	42	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-14-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-14-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-14-8	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-14-9	43	9,P	Violeta	Indeterminado	6

1573-14-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-15-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-15-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-15-4	43	9,P	Violeta	Determinado	7
1573-15-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-15-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-15-10	40	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-16-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-16-2	40	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-16-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-16-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-16-5	40	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-16-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-16-7	40	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-16-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-16-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-17-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-17-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-17-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-17-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-17-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-17-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-17-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-17-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-17-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-17-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-18-1	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-18-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-18-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-18-6	43	9,P	Violeta	Determinado	9
1573-18-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	3
1573-18-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-18-9	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-18-10	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-19-1	42	9,P	Violeta	Determinado	5
1573-19-2	42	9,P	Violeta	Indeterminado	3
1573-19-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-19-5	43	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-19-6	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-19-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-19-9	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-19-10	40	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-20-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6

1573-20-2	40	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-20-3	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-20-4	40	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-20-6	40	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-20-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-20-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-20-9	40	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-20-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-21-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-21-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-21-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-21-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-21-6	42	9,P	Violeta	Indeterminado	3
1573-21-7	40	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-21-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-21-9	40	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-21-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-22-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-22-2	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-22-3	43	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-22-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-22-5	41	9,P	Violeta	Determinado	7
1573-22-6	44	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-22-7	58	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-22-8	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-22-10	42	9,P	Violeta	Indeterminado	3
1573-22-11	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-23-2	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-23-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-23-5	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-23-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-23-7	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-23-8	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-23-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-23-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-24-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-24-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-24-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-24-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-24-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-24-6	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-24-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-24-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6

1573-24-9	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-24-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-25-1	41	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	4
1573-25-2	43	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	8
1573-25-3	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-25-5	41	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	8
1573-26-2	35	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-26-6	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-27-1	42	9,P	Blanca	Indeterminado	9
1573-27-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-27-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-28-1	43	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-28-2	43	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-28-3	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-28-4	58	6,P	Blanca	Indeterminado	6
1573-28-5	41	9,P	Blanca	Indeterminado	7
1573-29-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-29-7	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-30-2	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-30-4	58	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	6
1573-30-5	58	6,P	B	Indeterminado	7
1573-32-1	43	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	7
1573-32-2	42	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-32-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-32-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-32-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-32-6	43	6,P	Blanca	Indeterminado	9
1573-32-7	42	6,P	Blanca	Indeterminado	8
1573-33-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-33-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-33-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-33-4	40	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	8
1573-34-1	41	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	7
1573-34-2	41	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	7
1573-34-3	40	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-34-4	41	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	7
1573-34-5	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-36-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-36-2	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-36-3	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-36-4	35	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-39-1	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-39-2	41	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	7

1573-40-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-40-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-40-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-40-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-40-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-40-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-40-7	40	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-40-8	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-42-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	3
1573-42-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-43-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	3
1573-43-3	41	5,P	Blanca	Indeterminado	4
1573-43-4	41	5,P	Blanca	Indeterminado	6
1573-43-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-44-3	42	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-44-4	41	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	6
1573-45-1	35	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-45-2	42	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-45-5	41	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	7
1573-46-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-47-1	35	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-47-2	41	9,P	Blanca y Violeta	Indeterminado	6
1573-47-3	42	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-47-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-47-5	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-47-6	42	5,P	Blanca	Indeterminado	5
1573-48-2	41	2,P	Blanca	Indeterminado	6
1573-49-1	42	2,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-49-3	35	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-49-4	58	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-50-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-50-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-50-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-51-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-53-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-53-4	40	2,P	Blanca	Indeterminado	8
1573-53-5	41	5,P	Blanca	Indeterminado	6
1573-54-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-56-1	35	5,P	Blanca	Indeterminado	7
1573-56-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-57-7	41	5,P	Blanca	Indeterminado	6
1573-58-3	41	2,P	Blanca	Indeterminado	8
1573-59-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8

1573-59-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-60-2	41	2,P	Blanca	Indeterminado	6
1573-60-5	44	2,P	Violeta	Indeterminado	3
1573-61-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-61-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-61-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-61-5	42	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-61-6	43	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-61-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-61-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-61-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-61-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-62-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-62-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-62-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-62-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	9
1573-62-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-62-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	8
1573-62-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-62-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-62-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-62-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-63-1	35	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-63-2	35	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-63-3	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-63-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-63-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-63-6	40	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-63-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-63-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-63-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-63-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-64-1	35	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-64-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-64-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-64-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-64-5	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-64-6	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-64-7	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-64-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-64-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	4
1573-64-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	3
1573-64-11	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5

1573-65-1	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-65-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-65-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-65-4	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-65-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-65-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-65-8	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5
1573-65-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-65-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-66-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-66-2	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-66-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-66-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-66-5	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-66-6	41	9,P	Violeta	Indeterminado	7
1573-66-7	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6
1573-66-9	41	9,P	Violeta	Indeterminado	3
1573-66-10	41	9,P	Violeta	Indeterminado	3

¹Evaluación a los 58 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

La cuarta evaluación consistió de 79 líneas provenientes del ensayo BASE 120. Los resultados obtenidos nos muestran que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$), entre las líneas de frijol, para todas las variables evaluadas (Cuadro 14). El coeficiente de variación más bajo para las tres lecturas de mustia hilachosa realizadas, fue obtenido con la última lectura (21 días después de la inoculación). Como se menciona anteriormente esto puede sugerir que es mucho más eficiente realizar varias lecturas del grado de severidad de la enfermedad, para tener una mayor eficacia al seleccionar cultivares de frijol con mayores niveles de resistencia.

Cuadro 14. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración y lecturas de mustia hilachosa de las líneas del ensayo BASE 120.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Días a Floración	1ra. Lectura Mustia	2da. Lectura Mustia	3ra. Lectura Mustia
Repetición	2	26.71	9.04*	6.41*	8.98*
Línea	77	54.55*	3.69*	2.38*	3.04*
Error	154	12.62	2.06	1.43	1.55
C.V. (%)		8.26	50.33	29.59	27.18

*Prueba de F significativa $P < 0.05$.

El comportamiento de las líneas de frijol de esta evaluación respecto a su reacción de resistencia a mustia hilachosa, muestra que líneas como MHN-322-49 y PR0401-259, que también fueron evaluadas en el ensayo 'ERMUS', expresan consistencia en cuanto a su alto nivel de resistencia con lecturas promedio de 3.0 (Cuadro 15). En cambio, líneas como SEQ 342-89 y DPC-40, expresaron los mayores niveles de susceptibilidad en este ensayo con lecturas de 6.5 y 6.7, respectivamente. Aproximadamente un 61% de las líneas de esta evaluación mostraron altos niveles de susceptibilidad con lecturas > 4.5. Por lo tanto, únicamente 31 líneas fueron seleccionadas para continuar en el proceso de evaluación.

Cuadro 15. Comportamiento de las líneas de frijol del ensayo BASE 120 sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2015.

Línea	Días a floración	Grano	Color de flor	Hábito de crecimiento	Lectura de mustia hilachosa ¹ (1-9)
Aifi Wuruti	39	9,P	Violeta	Determinado	4.3
ALS 0532-6	41	6,P	Blanca	Indeterminado	3.3
Amadeus 77	39	6,P	Blanca	Indeterminado	2.7
B12724	51	9,P	Violeta	Determinado	4.0
B14302	56	9,P	Violeta	Indeterminado	4.0
B14303	56	9,P	Violeta	Indeterminado	4.3
B14311	48	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
Beniquez	43	1,P	Blanca	Indeterminado	5.7
BIOF 2-106	46	6,P	Blanca	Determinado	6.3
BIOF 4-70	39	9,P	Violeta	Indeterminado	7.0
Bribri	40	6,P	Blanca	Indeterminado	3.7
Cardenal	42	6,P	Blanca	Indeterminado	3.7
DEHORO	40	6,P	Blanca	Indeterminado	4.7
DOR 364	44	7,P	Blanca	Indeterminado	4.3
DOR 390	46	9,P	Violeta	Indeterminado	4.0
DPC 40-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6.7
FBN 1203-43	39	6,P	Blanca	Indeterminado	6.7
FBN 1203-47	41	6,P	Blanca	Indeterminado	4.3
FBN 1205-31	41	9,P	Violeta	Indeterminado	3.7
FBN 1210-48	41	9,P	Violeta	Indeterminado	4.0
I9365-31	52	9,P	Violeta	Indeterminado	3.7
ICA Pijao	43	9,P	Violeta	Indeterminado	4.3
IBC 301-204	41	6,P	Blanca	Indeterminado	6.0
ICTA ZAM ML	42	9,P	Violeta	Determinado	4.0

INTA Precoz	39	6,P	Blanca	Indeterminado	4.3
MEN 2201-64	38	9,P	Violeta	Indeterminado	4.5
MER 2212-28	41	6,P	Blanca	Indeterminado	4.7
Morales	42	1,P	Blanca	Indeterminado	3.7
MSU BNF Entry 86	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
Don Rey	37	6,P	Blanca	Indeterminado	4.0
Perola	43	2,R	Violeta	Indeterminado	4.0
PR0401-259	41	5,P	Blanca	Indeterminado	3.0
PR0443-151	56	9,P	Violeta	Indeterminado	3.3
PR0806-81	42	1,P	Blanca	Indeterminado	6.0
PR1147-1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	3.3
PR1147-3	56	9,P	Violeta	Determinado	3.5
PR1147-8	42	9,P	Violeta	Indeterminado	3.3
PR1165-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5.3
PR1217-1	42	1,P	Blanca	Indeterminado	3.5
PR1217-16	41	1,P	Blanca	Indeterminado	2.7
PR1418-15	43	9,P	Violeta	Determinado	3.0
PR1483-105	41	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
RRH 336-28	42	6,P	Blanca	Indeterminado	5.0
Sayaxche	47	9,P	Violeta	Indeterminado	4.7
SB2-4	42	2,M	Blanca	Indeterminado	4.7
SEQ 342-39	44	9,P	Violeta	Indeterminado	5.3
SEQ 342-89	42	9,P	Violeta	Indeterminado	6.5
SJC 730-79	41	6,P	Blanca	Indeterminado	5.3
SB2-46	39	2,M	Blanca	Indeterminado	4.7
SB2-105	41	2,M	Blanca	Indeterminado	5.0
SB2-170	42	5,P	Blanca	Indeterminado	6.0
TARS-LFR1	47	6,P	Blanca	Indeterminado	4.0
TARS-MST1	41	9,P	Violeta	Indeterminado	3.3
Tío Canela 75	42	7,P	Blanca	Indeterminado	4.5
VAX 6	41	7,P	Blanca	Indeterminado	4.0
Verano	42	1,P	Blanca	Indeterminado	3.5
Zenith	50	9,P	Violeta	Indeterminado	5.7
Zorro	49	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
PR0301-181	40	1,P	Blanca	Indeterminado	5.3
Alpena	43	1,P	Blanca	Indeterminado	5.3
PR1144-2	41	1,P	Blanca	Determinado	6.3
PR1144-3	41	1,P	Blanca	Indeterminado	4.3
PR1144-4	41	1,P	Blanca	Indeterminado	4.7
PR1144-5	38	9,P	Violeta	Indeterminado	4.7
EMP 299	42	9,P	Violeta	Indeterminado	4.7
EMP 319	42	9,P	Violeta	Indeterminado	4.3
PR0656-31	41	9,P	Violeta	Indeterminado	3.3

PR1429-4	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5.7
MHN 322-49	39	9,P	Violeta	Indeterminado	3.0
MG 133-1	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
MG 133-3	39	9,P	Violeta	Indeterminado	4.7
PR1429-3	41	9,P	Violeta	Indeterminado	6.3
PR1429-6	42	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
PR0775-66-3	41	6,P	Blanca	Indeterminado	4.7
CENTA Pipil	42	7,P	Blanca	Indeterminado	5.3
Promedio	43				4.6
DMS	5.7				2.0

¹ Evaluación a los 58 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

El último ensayo evaluado durante 2015, consistió de 68 líneas provenientes del cruce interespecífico entre 'ICA Pijao x G35163', los resultados de esta evaluación nos muestran que existió diferencias significativas ($P < 0.05$), entre las líneas de frijol, para todas las variables evaluadas (Cuadro 16). El valor más bajo del coeficiente de variación obtenido, al igual que en todas las evaluaciones anteriores, fue para la última lectura realizada (21 días después de la inoculación).

Cuadro 16. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración y lecturas de mustia hilachosa de las líneas del cruce interespecífico entre 'ICA Pijao x G35163'.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Días a Floración	1ra. Lectura Mustia	2da. Lectura Mustia	3ra. Lectura Mustia
Repetición	2	0.33	6.23*	4.13*	12.74*
Línea	79	9.60*	2.08*	1.73*	2.61*
Error	158	4.49	0.77	1.06	1.2
C.V. (%)		5.07	35.74	20.59	19.78

*Prueba de F significativa $P < 0.05$.

La mayoría de las líneas del ensayo presentaron un alto grado de susceptibilidad a mustia hilachosa. Solamente 12 de 68 líneas presentaron lecturas ≤ 4.5 , estas líneas fueron seleccionadas para continuar en el proceso de evaluación. Se puede observar que los testigos 'DPC 40 y XRAV-40-4, mostraron lecturas de 7.0 y 7.7 respectivamente (Cuadro 17). La línea que mejores niveles de resistencia expresó fue PR0401-259 con una lectura promedio de 2.7.

Cuadro 17. Comportamiento de las líneas de frijol del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’ sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2015.

Línea	Días a Floración	Grano	Color de flor	Hábito de crecimiento	Lectura de mustia hilachosa ¹ (1-9)
1475-3	46.3	9,P	Violeta	Indeterminado	4.7
9	47.3	9,P	Violeta	Indeterminado	4.0
15	42.0	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
16	41.0	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
17	42.7	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
18	41.7	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
21	42.3	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
22	43.0	9,P	Violeta	Indeterminado	6.7
23	42.7	9,P	Violeta	Indeterminado	6.3
24	42.3	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
25	41.7	9,P	Violeta	Indeterminado	7.7
26	41.7	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
30	41.3	1,P	Blanca	Indeterminado	5.7
34	40.7	1,P	Blanca	Indeterminado	5.0
36	41.0	1,P	Blanca	Indeterminado	4.3
39	40.3	1,P	Blanca	Indeterminado	4.3
49	41.0	9,P	Violeta	Indeterminado	4.7
51	46.3	9,P	Violeta	Indeterminado	4.7
52	42.0	9,P	Violeta	Indeterminado	4.3
53	41.7	9,P	Violeta	Indeterminado	5.3
57	42.0	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
58	42.0	1,P	Blanca	Indeterminado	3.7
62	52.0	6,P	Blanca	Indeterminado	5.7
64	40.7	9,P	Violeta	Indeterminado	7.0
68	41.0	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
71	43.0	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
72	42.7	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
73	42.3	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
76	42.0	9,P	Violeta	Indeterminado	5.3
77	41.7	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
78	43.3	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
79	43.0	9,P	Violeta	Indeterminado	4.5
81	41.0	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
82	41.0	9,P	Violeta	Indeterminado	5.3
84	40.7	9,P	Violeta	Indeterminado	6.7
85	41.0	9,P	Violeta	Indeterminado	6.3
87	39.0	9,P	Violeta	Indeterminado	6.3

90	41.0	9,P	Violeta	Indeterminado	5.7
96	41.3	9,P	Violeta	Indeterminado	6.7
99	40.3	9,P	Violeta	Indeterminado	5.7
102	41.7	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
104	42.3	9,P	Violeta	Indeterminado	7.3
105	42.0	9,P	Violeta	Indeterminado	6.3
107	41.3	9,P	Violeta	Indeterminado	5.7
108	41.7	9,P	Violeta	Indeterminado	5.7
112	41.7	9,P	Violeta	Indeterminado	5.7
113	42.0	9,P	Violeta	Indeterminado	5.7
114	42.3	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
117	42.7	1,P	Blanca	Indeterminado	5.7
123	38.7	9,P	Violeta	Indeterminado	6.7
124	39.3	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
125	39.3	9,P	Violeta	Indeterminado	7.0
126	41.0	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
127	40.7	9,P	Violeta	Indeterminado	7.0
129	41.0	9,P	Violeta	Indeterminado	6.3
135	41.7	9,P	Violeta	Indeterminado	4.7
136	42.3	9,P	Violeta	Indeterminado	5.3
137	41.3	9,P	Violeta	Indeterminado	5.7
138	41.7	9,P	Violeta	Indeterminado	6.0
139	42.0	1,P	Blanca	Indeterminado	7.0
140	39.3	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
145	42.0	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
147	43.0	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
148	43.3	9,P	Violeta	Indeterminado	5.3
154	42.0	9,P	Violeta	Indeterminado	4.3
158	41.3	9,P	Violeta	Indeterminado	4.3
159	40.7	9,P	Violeta	Indeterminado	4.7
161	41.0	9,P	Violeta	Indeterminado	5.0
Beniquez	41.3	1,P	Blanca	Indeterminado	5.7
PR0401-259	41.7	5,P	Blanca	Indeterminado	2.7
DPC-40	41.3	9,P	Violeta	Indeterminado	7.0
XRAV-40-4	41.0	9,P	Violeta	Indeterminado	7.7
Morales	41.0	1,P	Blanca	Indeterminado	4.7
Verano	41.0	1,P	Blanca	Indeterminado	5.3
Promedio	41.8				5.5
DMS(0.05)	3.4				1.8

¹ Evaluación a los 58 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

Evaluación en Invernadero para Reacción a Bacteriosis común, BCMV y BCMNV

Durante los meses de mayo a agosto de 2016 se evaluaron 209 líneas de frijol que tuvieron lecturas de mustia hilachosa ≤ 4.5 en uno de los cinco ensayos sembrados en 2015. La primera evaluación estuvo compuesta de 10 líneas generación F_{6:7} del programa de investigación de frijol de USDA-ARS-TARS. Los resultados obtenidos para reacción a bacteriosis común, nos muestran que existieron diferencias significativas ($P < 0.05$), entre las líneas de frijol, para todas las lecturas realizadas a excepción de la primera lectura tomada a la cepa de *Xap* 484A (Cuadro 18). Los valores del coeficiente de variación fueron muy similares en la segunda y tercera lectura con las dos cepas de *Xap*. Estos resultados podrían sugerir que dos lecturas de la enfermedad serían suficientes para hacer una selección eficiente de cultivares resistentes con alto grado de confianza, para evaluaciones conducidas bajo condiciones de invernadero. Resultados similares fueron obtenidos por Guachambala (2013), quien realizó evaluaciones de diferentes líneas de frijol con las mismas cepas de *Xap*, obteniendo diferencias significativas y un coeficiente de variación más bajo con las lecturas realizadas a los 14 días después de la inoculación.

Cuadro 18. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para las tres lecturas de bacteriosis común realizadas a las líneas generación F_{6:7} de TARS.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	1ra	1ra	2da	2da	3ra	3ra
		Lectura <i>Xap</i> 484A	Lectura <i>Xap</i> UPR 3353	Lectura <i>Xap</i> 484A	Lectura <i>Xap</i> UPR 3353	Lectura <i>Xap</i> 484A	Lectura <i>Xap</i> UPR 3353
Línea	11	0.31	1.44*	3.05*	7.80*	8.65*	10.50*
Error	12	0.13	0.17	0.58	0.17	0.62	0.21
C.V. (%)		27.37	19.60	43.64	14.00	37.20	14.23

* Prueba de F significativa $P < 0.05$.

Altos niveles de resistencia a las dos cepas de *Xap* fueron encontrados en esta evaluación ya que de las diez líneas evaluadas nueve de ellas mostraron buen comportamiento. Para la cepa 484A, las lecturas de estas nueve líneas estuvieron entre 1.0 y 1.5 en la escala de CIAT (Cuadro 19). Para la cepa UPR 3353, los rangos de lecturas variaron entre 1.0 a 3.0. Estos valores son considerados de alta resistencia. Entre las líneas evaluadas sobresale la línea 1601-21-3 que tuvo, para ambas cepas lecturas de 1.0, lo que significa que no manifestó síntomas. Estos hallazgos son destacables debido a que algunos investigadores consideran que aún no existen variedades de frijol

inmunes a bacteriosis común (Popovic *et al.*, 2012). En contraste, la variedad susceptible Morales tuvo lecturas de 8.0 y 9.0 para ambas cepas.

La evaluación fenotípica para reacción a BCMNV para estas 10 líneas nos muestra que ninguna de ellas presento síntomas típicos de mosaico, ni tampoco síntomas de necrosis, sin embargo el testigo Verano evidenció el síntoma conocido como “raíz negra” (síntoma de necrosis apical) y la línea PR0443-151 mostró los síntomas típicos de mosaico, estas reacciones en ambos testigos indican una inoculación eficiente. (Cuadro 19).

Cuadro 19. Comportamiento de las mejores líneas de frijol generación F_{6:7} de TARS sembradas bajo invernadero en USDA-ARS-TARS y UPR en Mayagüez, PR., en mayo de 2016.

Línea	Lectura de CBB cepa <i>Xap</i> 484A ¹ (1-9)	Lectura de CBB cepa <i>Xap</i> UPR 3353 ¹ (1-9)	Lectura de BCMNV cepa NL3 ²
1601-4-4	1.5	3.0	2/2 NS
1601-16-1	1.5	3.0	3/3 NS
1601-19-2	4.5	6.5	3/3 NS
1601-21-1	1.0	2.0	3/3 NS
1601-21-2	1.0	1.5	3/3 NS
1601-21-3	1.0	1.0	3/3 NS
1601-22-1	1.5	2.5	3/3 NS
1601-22-2	1.5	3.0	3/3 NS
1601-22-3	1.5	2.5	1/1 NS
1601-23-2	1.0	2.0	3/3 NS
Morales	8.0	9.0	
VAX6	1.5	2.0	
Verano			3/3 N
PR0443-151			3/3 M
Promedio	2.1	3.2	
DMS (0.05)	1.7	1.0	

¹ Evaluación a los 21 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

² Donde, 1/1= una sola planta por tiesto, 2/2= dos plantas por tiesto, 3/3= tres plantas por tiesto, M= Síntomas de mosaico, N= Síntomas necróticos, NS= No presentan síntomas.

La segunda evaluación realizada estuvo compuesta de 15 líneas del ERMUS. Los resultados obtenidos nos muestran que existieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre las líneas de frijol para todas las variables evaluadas (Cuadro 20). En cuanto a los valores del coeficiente de variación al igual que en la evaluación anterior, fueron muy similares en la segunda y tercera lectura con las dos cepas de *Xap*, confirmando que al realizar dos lecturas de la enfermedad sería suficiente para hacer una selección eficaz de cultivares resistentes con buen grado de precisión.

Cuadro 20. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para las tres lecturas de bacteriosis común realizadas a las líneas del ERMUS.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	1ra		2da		3ra	
		Lectura <i>Xap</i> 484A	Lectura <i>Xap</i> UPR 3353	Lectura <i>Xap</i> 484A	Lectura <i>Xap</i> UPR 3353	Lectura <i>Xap</i> 484A	Lectura <i>Xap</i> UPR 3353
Línea	14	0.39*	1.99*	6.40*	9.77*	15.73*	19.26*
Error	15	0.13	0.63	1.00	1.71	1.67	2.96
C.V. (%)		24.90	32.71	37.50	36.16	35.86	38.71

* Prueba de F significativa $P < 0.05$.

Siete líneas del ERMUS mostraron altos niveles de resistencia a las dos cepas de *Xap*. Para la cepa 484A, las lecturas de estas siete líneas estuvieron entre 1.0 y 2.5 en la escala de CIAT (Cuadro 21), mientras que para UPR 3353, los rangos de lecturas variaron entre 1.5 a 3.0. Estos valores son considerados de alta resistencia, sobresalen las líneas MHC2-8-44 y PR0401-259, que tuvieron lecturas de 1.0 para 484A y 1.5 para UPR 3353. Por su parte el testigo Morales manifestó los síntomas más severos para las dos cepas con lecturas de 9.0.

La evaluación fenotípica para reacción a BCMNV para las 15 líneas del ERMUS nos muestra que todas tuvieron síntomas de necrosis (reacción de hipersensibilidad), lo que significa que son portadoras del gen dominante *I*. Los testigos Verano y PR0443-151 evidenciaron los síntomas esperados para cada uno de ellos (Cuadro 21).

Cuadro 21. Comportamiento de las mejores líneas de frijol del ensayo 'ERMUS' sembradas bajo invernadero en USDA-ARS-TARS y UPR en Mayagüez, PR., en mayo de 2016.

Línea	Lectura de CBB cepa <i>Xap</i> 484A ¹ (1-9)	Lectura de CBB cepa <i>Xap</i> UPR 3353 ¹ (1-9)	Lectura de BCMNV cepa NL3 ²
MHR-312-75	4.0	4.5	1/1 N
MHR-314-49	1.5	2.5	2/2 N
MHN-322-49	2.0	2.0	3/3 N
MHC2-8-44	1.0	1.5	1/1 N
MHC2-9-37	1.0	2.0	3/3 N
MHC2-10-1	2.5	3.0	2/2 N
MHC2-13-49	7.0	8.0	2/2 N
MHC2-16-26	7.0	8.5	1/1 N
PR0401-259	1.0	1.5	3/3 N
PR0650-31	3.0	4.5	3/3 N
SJC 730-79	8.0	9.0	2/2 N
Verano	1.0	2.0	2/2 N
VAX 6	1.0	1.5	3/3 N
Amadeus 77	6.0	9.0	3/3 N
Morales	8.0	9.0	1/1 N
Verano			3/3 N
PR0443-151			3/3 M
Promedio	3.6	4.6	
DMS	2.8	3.8	

¹ Evaluación a los 21 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

² Donde, 1/1= una sola planta por tiesto, 2/2= dos plantas por tiesto, 3/3= tres plantas por tiesto, M= Síntomas de mosaico, N= Síntomas necróticos, NS= No presentan síntomas.

En el tercer ensayo se evaluaron 141 líneas F_{4:5} del programa de investigación de frijol de la Universidad de Puerto Rico, los resultados obtenidos en cuanto a la reacción de este grupo de líneas a bacteriosis común, nos muestran que existieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), entre las líneas de frijol, en las tres lecturas realizadas, para ambas cepas de *Xap* (Cuadro 22). Los valores del coeficiente de variación más bajos fueron obtenidos para la tercera lectura de la enfermedad para ambas cepas, aunque los valores más bajos son para la cepa UPR 3353, a través de las tres lecturas, esto puede deberse a que en general esta cepa fue más virulenta que 484A, en

todas las evaluaciones realizadas, debido a esto la separación entre líneas susceptibles y resistentes fue bastante rápido.

Cuadro 22. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para las tres lecturas de bacteriosis común realizadas a las líneas generación F_{4,5} de la UPR.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	1ra Lectura <i>Xap</i> 484A	1ra Lectura <i>Xap</i> UPR 3353	2da Lectura <i>Xap</i> 484A	2da Lectura <i>Xap</i> UPR 3353	3ra Lectura <i>Xap</i> 484A	3ra Lectura <i>Xap</i> UPR 3353
Línea	142	0.24*	0.99*	3.62*	6.37*	7.88*	7.39*
Error	143	0.11	0.49	1.79	0.76	2.39	0.40
C.V. (%)		17.94	20.76	32.82	12.30	23.86	7.64

* Prueba de F significativa $P < 0.05$.

Aproximadamente un 92% de estas líneas mostraron alta susceptibilidad a las dos cepas de *Xap*. Solamente 11 líneas de las 141 evaluadas mostraron altos niveles de resistencia a bacteriosis común. Estas 11 líneas son derivadas de cruzamientos con la línea PR0401-259, que fue liberada por tener altos niveles de resistencia a bacteriosis común (Beaver *et al.*, 2012). Para la cepa 484A, las lecturas de estas 11 líneas estuvieron entre 1.0 y 2.0 en la escala de CIAT (Cuadro 23), mientras que para UPR 3353, los rangos de lecturas variaron de 1.5 a 3.0; estos valores son considerados de alta resistencia, sobresalen las líneas 1603-264-3 y 1603-264-5, que tuvieron lecturas de 1.0 para 484A y 1.5 para UPR 3353. Estas lecturas evidencian el alto nivel de resistencia de estas dos líneas para ambas cepas de *Xap*.

En lo que se refiere a la evaluación fenotípica para reacción a BCMNV para estas 141 líneas evaluadas, los resultados obtenidos nos muestran que 104 líneas no presentaron ninguna clase de síntomas, 18 líneas tuvieron síntomas de necrosis (reacción de hipersensibilidad), lo que significa que son portadoras del gen dominante *I*, y 19 líneas mostraron síntomas típicos de mosaico común. Los testigos Verano y PR0443-151 evidenciaron los síntomas esperados para cada uno de ellos (Cuadro 23). Las líneas hermanas 250-1, 250-2 y 250-3 combinan resistencia a bacteriosis común y BCMNV.

Cuadro 23. Comportamiento de las mejores líneas de frijol generación F_{4:5} de la UPR, sembradas bajo invernadero en USDA-ARS-TARS y UPR en Mayagüez, PR., en mayo de 2016.

Línea	Lectura de CBB cepa <i>Xap</i> 484A ¹ (1-9)	Lectura de CBB cepa <i>Xap</i> UPR 3353 ¹ (1-9)	Lectura de BCMNV cepa NL3 ²
1603-69-1	6.5	8.5	3/3 NS
70-1	8.0	9.0	3/3 NS
70-2	8.0	9.0	3/3 NS
107-1	6.5	9.0	2/2 NS
107-2	6.5	9.0	3/3 N
107-5	5.0	9.0	3/3 N
108-1	6.5	8.5	2/2 M
108-2	8.5	9.0	3/3 NS
108-3	9.0	9.0	3/3 N
108-4	7.5	9.0	3/3 N
108-5	6.0	9.0	3/3 NS
112-1	8.0	9.0	3/3 NS
112-2	7.5	9.0	3/3 NS
121-1	5.5	9.0	3/3 NS
123-1	7.0	9.0	3/3 NS
143-1	7.0	8.0	3/3 NS
143-2	4.0	8.5	3/3 NS
143-3	4.0	7.0	3/3 NS
143-4	6.5	7.5	3/3 NS
143-5	7.0	8.5	3/3 NS
144-1	8.0	9.0	3/3 NS
144-2	6.0	9.0	1/1 NS
144-3	5.5	9.0	2/2 NS
144-4	6.5	9.0	3/3 NS
144-5	8.0	8.5	1/1 NS
147-1	8.5	9.0	2/2 NS
147-2	8.5	9.0	3/3 NS
148-1	6.5	9.0	3/3 NS
148-2	7.5	8.5	3/3 NS
148-3	6.5	9.0	3/3 NS
148-4	5.5	8.5	3/3 NS
154-1	6.0	9.0	3/3 NS
154-2	6.5	8.5	3/3 NS
154-3	7.0	9.0	3/3 NS
156-1	8.0	9.0	3/3 NS
158-1	7.5	8.5	2/2 NS

159-1	5.0	9.0	2/2 NS
159-2	5.0	9.0	3/3 NS
159-3	6.5	9.0	3/3 NS
159-4	9.0	9.0	2/2 NS
159-5	6.5	9.0	1/1 NS
159-6	7.0	8.5	3/3 NS
160-1	5.5	9.0	2/2 N
160-2	6.0	8.5	1/1 N
168-1	7.0	9.0	2/2 N
168-2	5.5	8.5	3/3 N
168-3	8.0	9.0	2/2 N
168-4	6.5	9.0	2/2 NS
168-5	7.0	9.0	3/3 NS
173-1	6.0	9.0	3/3 NS
173-2	8.0	9.0	3/3 NS
173-3	9.0	9.0	2/2 NS
173-4	8.0	8.5	1/1 NS
173-5	9.0	9.0	2/2 NS
173-6	7.5	8.5	3/3 NS
178-1	6.0	9.0	2/2 M
178-2	7.0	9.0	1/1 NS
179-1	6.5	9.0	3/3 M
179-2	7.0	9.0	1/1 M
179-5	7.5	9.0	2/2 M
181-1	6.5	9.0	2/2 M
181-2	7.5	9.0	3/3 M
181-3	8.0	9.0	3/3 M
181-4	5.0	9.0	3/3 N
184-1	8.5	9.0	3/3 NS
184-2	7.0	9.0	2/2 NS
184-3	7.5	9.0	3/3 NS
184-4	8.5	9.0	1/1 NS
184-5	7.0	9.0	2/2 NS
192-1	6.0	9.0	3/3 NS
192-2	5.5	9.0	3/3 NS
192-3	7.5	8.5	1/1 NS
197-1	5.5	9.0	2/2 NS
197-2	7.5	9.0	1/1 NS
197-3	8.5	9.0	3/3 NS
197-4	6.5	9.0	3/3 NS
197-5	4.0	6.0	3/3 NS
201-1	2.0	3.0	2/2 M
250-1	2.0	3.0	2/2 NS

250-2	2.0	3.0	3/3 NS
250-3	1.0	2.0	3/3 NS
250-4	4.5	4.5	2/2 NS
252-1	5.0	8.0	1/1 NS
252-2	4.0	8.5	3/3 M
252-3	6.0	9.0	1/1 NS
252-4	5.0	8.0	2/2 M
252-5	8.5	8.5	1/1 M
252-6	8.0	9.0	3/3 N
253-1	4.5	8.5	2/2 N
253-2	6.5	9.0	2/2 N
253-3	6.0	9.0	1/1 N
253-4	9.0	9.0	3/3 N
253-5	5.0	8.5	2/2 M
256-1	1.5	2.5	3/3 N
264-1	1.5	2.0	3/3 N
264-2	1.5	2.0	2/2 N
264-3	1.0	1.5	3/3 M
264-4	1.0	2.0	2/2 M
264-5	1.0	1.5	2/2 M
264-6	1.0	2.5	1/1 M
267-1	3.0	5.0	3/3 M
272-1	6.5	9.0	2/2 M
291-1	9.0	9.0	2/2 NS
291-2	6.5	9.0	3/3 NS
291-3	5.0	9.0	1/1 NS
291-4	8.0	9.0	2/2 NS
291-5	8.5	9.0	1/1 NS
292-1	6.5	9.0	3/3 NS
292-2	7.0	8.5	3/3 NS
292-3	7.0	9.0	2/2 NS
307-1	8.0	9.0	3/3 NS
310-1	6.5	9.0	3/3 NS
310-2	7.5	9.0	1/1 NS
310-4	8.0	9.0	1/1 NS
310-5	7.0	8.5	2/2 NS
310-6	7.0	9.0	3/3 NS
310-7	8.0	9.0	3/3 NS
311-1	8.5	9.0	3/3 NS
311-2	7.5	8.5	1/1 NS
311-3	8.0	9.0	2/2 NS
311-4	6.0	9.0	3/3 NS
311-5	8.5	9.0	3/3 NS

326-1	7.0	9.0	1/1 NS
326-2	6.5	9.0	2/2 NS
326-3	7.5	9.0	3/3 NS
338-1	7.5	9.0	3/3 NS
338-2	7.0	9.0	2/2 NS
344-1	6.5	9.0	1/1 NS
344-2	7.5	9.0	3/3 NS
344-3	7.5	9.0	1/1 NS
344-4	9.0	9.0	2/2 NS
344-5	8.0	9.0	3/3 NS
344-6	9.0	9.0	3/3 NS
344-7	8.0	9.0	1/1 NS
345-1	5.5	9.0	2/2 NS
345-2	8.0	9.0	3/3 NS
345-3	8.5	9.0	3/3 NS
345-4	7.5	9.0	3/3 NS
345-5	6.5	9.0	2/2 NS
345-6	8.0	8.5	1/1 NS
345-7	8.0	9.0	3/3 NS
Morales	9.0	9.0	
VAX 6	1.0	2.0	
Verano			3/3 N
PR0443-151			3/3 M
Promedio	6.5	8.2	
DMS(0.05)	3.1	1.2	

¹ Evaluación a los 21 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

² Donde, 1/1= una sola planta por tiesto, 2/2= dos plantas por tiesto, 3/3= tres plantas por tiesto, M= Síntomas de mosaico, N= Síntomas necróticos, NS= No presentan síntomas.

Durante la misma época se evaluaron también 31 líneas provenientes del ensayo BASE 120. En la evaluación de este grupo de líneas para reacción a bacteriosis común se notó que existieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre las líneas de frijol, en las tres lecturas realizadas, para ambas cepas de *Xap* (Cuadro 24). Los valores del coeficiente de variación más bajos fueron obtenidos para la tercera lectura de la enfermedad para ambas cepas, y al igual que en las evaluaciones anteriores los valores más bajos son para la cepa UPR 3353, a través de las tres lecturas realizadas y como ya se mencionó puede deberse a que esta cepa fue más virulenta que 484A.

Cuadro 24. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para las tres lecturas de bacteriosis común realizadas a líneas del ensayo BASE 120.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	1ra		2da		3ra	
		Lectura <i>Xap</i> 484A	Lectura <i>Xap</i> UPR 3353	Lectura <i>Xap</i> 484A	Lectura <i>Xap</i> UPR 3353	Lectura <i>Xap</i> 484A	Lectura <i>Xap</i> UPR 3353
Línea	32	0.38*	1.38*	6.57*	12.67*	17.80*	18.03*
Error	33	0.16	0.24	1.16	0.93	1.66	0.84
C.V. (%)		22.92	18.07	28.70	17.64	21.83	13.39

* Prueba de F significativa $P < 0.05$.

Únicamente 5 líneas de frijol de esta evaluación mostraron altos niveles de resistencia, aproximadamente un 84% de estas líneas mostraron alta susceptibilidad a las dos cepas de *Xap*. Para la cepa 484A, las lecturas de estas 5 líneas estuvieron entre 1.0 y 2.0 en la escala de CIAT (Cuadro 25), mientras que para UPR 3353, los rangos de lecturas variaron de 1.5 a 3.5. Sobresale especialmente la línea PR1217-1 que tuvo lecturas promedio de 1.5 tanto para 484A como para UPR 3353, estas lecturas evidencian el alto nivel de resistencia de esta línea para ambas cepas de *Xap*.

Los resultados obtenidos en la evaluación fenotípica para reacción a BCMNV para estas 31 líneas evaluadas nos muestran que 3 líneas no evidenciaron ninguna clase de síntomas, 25 líneas tuvieron síntomas de necrosis (reacción de hipersensibilidad), lo que significa que son portadoras del gen dominante *I*, y 3 líneas mostraron síntomas típicos de mosaico común, los testigos Verano y PR0443-151 evidenciaron los síntomas esperados para cada uno de ellos (Cuadro 25). Las líneas PR1217-1 y PR1217-16 combinan resistencia a BCMNV y bacteriosis común.

Cuadro 25. Comportamiento de las mejores líneas de frijol del ensayo BASE 120 sembradas bajo invernadero en USDA-ARS-TARS y UPR en Mayagüez, PR., en mayo de 2016.

Línea	Lectura de CBB cepa <i>Xap</i> 484A ¹ (1-9)	Lectura de CBB cepa <i>Xap</i> UPR 3353 ¹ (1-9)	Lectura de BCMNV cepa NL3 ²
B12724	3.0	5.0	2/2 N
B14302	5.0	7.5	1/3 N
DOR 364	8.5	9.0	3/3 N
DOR 390	9.0	9.0	3/3 N
FBN 1205-31	6.0	7.5	2/2 N

ICA PIJAO	8.5	9.0	3/3 N
PEROLA	7.5	9.0	3/3 N
TARS-MST1	1.5	2.0	3/3 N
B14303	5.5	9.0	3/3 N
PR1217-1	1.5	1.5	3/3 NS
PR1217-16	2.0	3.5	3/3 NS
PR1144-3	9.0	9.0	3/3 N
PR1147-1	2.0	2.5	3/3 N
PR1147-8	4.0	4.0	3/3 N
AIFI WURITI	7.5	9.0	3/3 N
PR0443-151	7.0	9.0	3/3 M
EMP-319	7.5	9.0	2/2 N
ZORRO	5.5	8.0	3/3 N
PR0656-31	5.5	8.0	3/3 N
ICTA ZAM ML	8.5	9.0	2/2 N
I9365-31	9.0	9.0	3/3 N
PR1418-15	8.0	9.0	3/3 M
FBN1210-48	7.5	8.5	3/3 N
PR1483-105	8.5	9.0	2/2 M
INTA PRECOZ	9.0	9.0	2/2 N
ALS0532-6	6.0	7.0	3/3 NS
FBN1203-47	9.0	9.0	2/2 N
TARS-LFR1	1.0	2.0	2/2 N
BRIBRI	8.0	8.5	3/3 N
CARDENAL	8.5	9.0	2/2 N
DON REY	9.0	9.0	2/2 N
Morales	9.0	9.0	
VAX 6	1.0	1.5	
Verano			3/3 N
PR0443-151			3/3 M
Promedio	5.5	6.0	
DMS	2.6	1.9	

¹ Evaluación a los 21 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

² Donde, 1/1= una sola planta por tiesto, 2/2= dos plantas por tiesto, 3/3= tres plantas por tiesto, M= Síntomas de mosaico, N= Síntomas necróticos, NS= No presentan síntomas.

La última evaluación realizada durante el verano de 2016 estuvo compuesta de 12 líneas provenientes del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’. Los resultados obtenidos en cuanto a la reacción de este grupo de líneas a bacteriosis común, nos muestran que existieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre las líneas de frijol en las tres lecturas realizadas para ambas cepas de *Xap* (Cuadro 26). Los valores del coeficiente de variación más

bajos para la cepa 484A fueron obtenidos en la tercera lectura de la enfermedad. En cuanto a la cepa UPR 3353, el valor más bajo se obtuvo en la primera lectura. En general, se consideran valores aceptables del coeficiente de variación para las dos cepas de *Xap*, en las tres lecturas.

Cuadro 26. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para las tres lecturas de bacteriosis común realizadas a líneas del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	1ra Lectura		2da Lectura		3ra Lectura	
		<i>Xap</i> 484A	<i>Xap</i> UPR 3353	<i>Xap</i> 484A	<i>Xap</i> UPR 3353	<i>Xap</i> 484A	<i>Xap</i> UPR 3353
Línea	13	0.79*	2.06*	13.73*	19.27*	29.79*	24.13*
Error	14	0.19	0.16	0.63	0.56	0.06	1.63
C.V. (%)		25.66	14.21	22.59	15.00	5.06	22.17

* Prueba de F significativa $P < 0.05$.

Cuatro líneas de esta evaluación mostraron altos niveles de resistencia a las dos cepas de *Xap*; esto quiere decir que un 75% de líneas fue altamente susceptibles a bacteriosis común. Para el grupo de 4 líneas los rangos de las lecturas para la cepa 484A, estuvieron entre 1.0 y 1.5 en la escala de CIAT (Cuadro 27), mientras que para la cepa UPR 3353, los rangos de lecturas variaron de 2.0 a 2.5; estos valores son considerados de alta resistencia.

En general, a través de las 5 evaluaciones, podemos observar el alto grado de susceptibilidad de los diferentes cultivares hacia bacteriosis común, ya que de las 209 líneas evaluadas solamente 37 mostraron altos niveles de resistencia a ambas cepas de *Xap* (aproximadamente 18%). La cepa UPR 3353 mostró un mayor grado de virulencia comparado con la cepa 484A, esto se evidenció a través de las cinco evaluaciones realizadas. Los testigos utilizados desempeñaron una función muy importante para poder comparar el grado de efectividad en la inoculación de los diferentes cultivares de frijol, mostrando alto grado de susceptibilidad para la variedad Morales y en el caso de VAX 6 que fue liberada por tener un alto grado de resistencia a bacteriosis común (Singh y Muñoz, 1999).

La evaluación fenotípica para reacción a BCMV y BCMNV para las 12 líneas del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’, nos muestra que todas tuvieron síntomas de necrosis (reacción de hipersensibilidad), lo que significa que son portadoras del gen dominante *I*, los

testigos Verano y PR0443-151 evidenciaron los síntomas esperados para cada uno de ellos (Cuadro 27).

Cuadro 27. Comportamiento de las mejores líneas de frijol del ensayo líneas del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’, sembradas bajo invernadero en USDA-ARS-TARS y UPR en Mayagüez, PR., en mayo de 2016.

Línea	Lectura de CBB cepa <i>Xap</i> 484A ¹ (1-9)	Lectura de CBB cepa <i>Xap</i> UPR 3353 ¹ (1-9)	Lectura de BCMNV cepa NL3 ²
1605-2	9.0	9.0	3/3 N
14	9.0	9.0	3/3 N
15	1.0	2.0	2/2 N
16	1.0	2.5	3/3 N
21	9.0	9.0	2/2 N
24	1.0	2.5	3/3 N
57	9.0	9.0	2/2 N
62	8.0	9.0	3/3 N
71	1.5	2.5	2/2 N
72	2.5	5.5	3/3 N
73	7.0	9.0	1/1 N
74	9.0	9.0	2/2 N
Morales	9.0	9.0	
VAX 6	1.0	2.0	
Verano			3/3 N
PR0443-151			3/3 M
Promedio	5.5	6.4	
DMS	0.5	2.7	

¹ Evaluación a los 21 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

² Donde, 1/1= una sola planta por tiesto, 2/2= dos plantas por tiesto, 3/3= tres plantas por tiesto, M= Síntomas de mosaico, N= Síntomas necróticos, NS= No presentan síntomas.

Detección de Genes de Resistencia a BCMV, BCMNV y BGYMV

Utilizando Marcadores Moleculares

Las mismas 209 líneas de frijol seleccionadas de los cinco ensayos evaluados en campo para reacción a mustia hilachosa durante 2015, fueron evaluadas para detectar la presencia de los marcadores moleculares para resistencia a los virus BCMV, BCMNV y BGYMV. El marcador SW13 para el gen dominante *I*, indica resistencia a BCMV, el marcador ENM (*elF4E²/elF4E²*) para el gen recesivo *bc-3* para resistencia a BCMNV, el marcador SR2 para el gen recesivo *bgm-I* que indica resistencia a BGYMV y el marcador SW12 que indica la presencia del QTL mayor para BGYMV. La primera evaluación estuvo compuesta de 10 líneas generación F_{6:7} del programa de investigación de frijol de USDA-ARS-TARS. Los resultados obtenidos nos muestran que 5 de las líneas amplificaron para el marcador SW13, 10 líneas amplificaron para el marcador ENM y solamente 1 línea amplificó para el marcador SR2 y de igual manera solamente 1 línea tuvo el marcador SW12 (Cuadro 28). De las 10 líneas evaluadas únicamente 1 combina los 3 marcadores moleculares, SW13, ENM y SR2, para resistencia a los 3 virus y 5 de ellas combinan los marcadores SW13 y ENM. Los resultados obtenidos muestran concordancia con las evaluaciones fenotípicas realizadas para resistencia a BCMV y BCMNV, que se discutieron anteriormente. La línea 1601-22-3 combina los genes *bgm-I*, *I* y *bc-3* con resistencia a las dos cepas de *Xap*.

Cuadro 28. Presencia de los marcadores moleculares de resistencia a BGYMV, BCMV y BCMNV en las mejores líneas de frijol generación F_{6:7} de TARS, diagnosticado en el laboratorio de USDA-ARS-TARS en Mayagüez, PR.

Línea	Marcadores moleculares para resistencia a BGYMV		Marcadores moleculares para resistencia a BCMV y BCMNV	
	SR2	SW12	SW13	ENM
1601-4-4	-	+	-	+
16-1	-	-	+	+
19-2	-	-	+	+
21-1	-	-	+	+
21-2	-	-	-	+
21-3	-	-	-	+
22-1	-	-	-	+
22-2	-	-	-	+
22-3	+	-	+	+
23-2	-	-	+	+

La segunda evaluación realizada estuvo compuesta de 15 líneas del ERMUS, los resultados obtenidos nos muestran que todas las líneas amplificaron para el marcador SW13, sin embargo ninguna de ellas amplificó para el marcador ENM. Un total de 14 líneas amplificaron para el marcador SR2 y solamente 5 líneas amplificaron para el marcador SW12 (Cuadro 29). De las 15 líneas evaluadas 5 combina los marcadores SR2, SW12 y SW13, y 5 de ellas combinan los marcadores SR2 y SW12, que confiere un mayor nivel de resistencia al BGYMV. Los resultados obtenidos muestran concordancia con las evaluaciones fenotípicas realizadas para resistencia a BCMV y BCMNV. Todas las líneas manifestaron síntomas de necrosis lo que indicaba la presencia del gen dominante *I*.

Cuadro 29. Presencia de los marcadores moleculares de resistencia a BGYMV, BCMV y BCMNV en las mejores líneas de frijol del ensayo 'ERMUS', diagnosticado en el laboratorio de USDA-ARS-TARS en Mayagüez, PR.

Línea	Marcadores moleculares para resistencia a BGYMV		Marcadores moleculares para resistencia a BCMV y BCMNV	
	SR2	SW12	SW13	ENM
MHR-312-75	+	-	+	-
MHR-314-49	+	-	+	-
MHN-322-49	+	-	+	-
MHC2-8-44	+	-	+	-
MHC2-9-37	+	-	+	-
MHC2-10-1	+	-	+	-
MHC2-13-49	+	-	+	-
MHC2-16-26	+	+	+	-
PR0401-259	+	+	+	-
PR0650-31	+	-	+	-
SJC 730-79	+	-	+	-
Verano	+	+	+	-
VAX 6	-	-	+	-
Amadeus 77	+	+	+	-
Morales	+	+	+	-

El tercer grupo de líneas evaluado estaba compuesto de 141 líneas F_{4:5} del programa de mejoramiento de frijol de la Universidad de Puerto Rico. Los resultados obtenidos en cuanto a la presencia de los marcadores moleculares nos muestra que 72 líneas amplificaron para el marcador SW13, 102 líneas amplificaron para el marcador ENM, 80 líneas amplificaron para el marcador SR2 y de igual forma 80 líneas amplificaron para el marcador SW12 (Cuadro 30). De las 141 líneas evaluadas 26 combina los 4 marcadores moleculares, para resistencia completa a los virus, 42 de ellas combinan los marcadores SR2 y SW12, que indican resistencia a BGYMV y 53 combinan los marcadores SW13 y ENM para resistencia a BCMV y BCMNV. Los resultados obtenidos muestran concordancia con las evaluaciones fenotípicas realizadas para resistencia a BCMV y BCMNV, con excepción de la línea 1603-108-1 que amplificó para el marcador SW13 y sin embargo manifestó síntomas típicos de mosaico, además las líneas 1603-107-1 y 1603-147-1 no amplificaron para ningún marcador de resistencia al BCMV y BCMNV. Sin embargo, estas líneas no presentaron síntomas típicos de mosaico, esto puede indicar algún tipo de escape a los virus.

Cuadro 30. Presencia de los marcadores moleculares de resistencia a BGYMV, BCMV y BCMNV en las mejores líneas de frijol generación F_{4:5} de la UPR, diagnosticado en el laboratorio de USDA-ARS-TARS en Mayagüez, PR.

Línea	Marcadores moleculares para resistencia a BGYMV		Marcadores moleculares para resistencia a BCMV y BCMNV	
	SR2	SW12	SW13	ENM
1603-69-1	-	+	-	+
70-1	-	+	-	+
70-2	+	+	-	+
107-1	-	+	-	-
107-2	-	+	+	-
107-5	+	+	+	-
108-1	-	+	+	-
108-2	-	+	+	+
108-3	-	+	+	-
108-4	-	+	+	-
108-5	-	+	+	+
112-1	+	+	+	+
112-2	-	+	+	+

121-1	-	-	+	+
123-1	-	-	+	+
143-1	-	-	+	+
143-2	-	-	+	+
143-3	-	-	+	+
143-4	-	-	+	+
143-5	-	-	+	+
144-1	+	-	+	+
144-2	+	-	+	+
144-3	+	-	+	+
144-4	+	-	+	+
144-5	+	+	+	+
147-1	-	+	-	-
147-2	-	+	-	+
148-1	+	-	-	+
148-2	+	-	-	+
148-3	+	-	-	+
148-4	+	-	-	+
154-1	-	-	-	+
154-2	+	-	-	+
154-3	+	-	-	+
156-1	-	+	-	+
158-1	-	-	-	+
159-1	+	-	-	+
159-2	-	-	-	+
159-3	-	-	-	+
159-4	-	+	+	+
159-5	-	+	-	+
159-6	-	+	+	+
160-1	-	+	+	-
160-2	-	+	+	-
168-1	-	+	+	-
168-2	-	+	+	-
168-3	+	+	+	-
168-4	+	+	+	+
168-5	-	+	-	+
173-1	-	+	-	+
173-2	+	-	-	+
173-3	-	+	-	+
173-4	+	+	-	+
173-5	-	+	-	+

173-6	+	+	-	+
178-1	-	+	-	-
178-2	-	+	-	+
179-1	+	+	-	-
179-2	+	+	-	-
179-5	+	+	-	-
181-1	-	-	-	-
181-2	-	-	-	-
181-3	-	-	-	-
181-4	-	-	+	-
184-1	+	+	-	+
184-2	-	+	+	+
184-3	+	+	+	+
184-4	-	+	+	+
184-5	-	+	-	+
192-1	-	+	+	+
192-2	-	+	+	+
192-3	-	-	+	+
197-1	+	+	+	+
197-2	+	+	-	+
197-3	+	+	-	+
197-4	-	+	-	+
197-5	-	+	-	+
201-1	-	+	-	-
250-1	+	-	-	+
250-2	+	-	-	+
250-3	+	-	-	+
250-4	-	+	-	+
252-1	+	-	-	+
252-2	+	-	-	-
252-3	+	-	-	+
252-4	+	-	-	-
252-5	+	-	-	-
252-6	+	-	+	-
253-1	+	-	+	-
253-2	+	-	+	-
253-3	+	-	+	-
253-4	+	-	+	-
253-5	+	-	-	-
256-1	+	-	+	-
264-1	-	-	+	-

264-2	-	-	+	-
264-3	+	-	-	-
264-4	-	-	-	-
264-5	-	-	-	-
264-6	-	-	-	-
267-1	-	-	-	-
272-1	-	-	-	-
291-1	+	+	-	+
291-2	+	-	-	+
291-3	+	+	-	+
291-4	+	-	-	+
291-5	+	-	-	+
292-1	+	-	-	+
292-2	+	-	-	+
292-3	+	-	-	+
307-1	+	+	+	+
310-1	+	+	+	+
310-2	+	+	-	+
310-4	+	+	+	+
310-5	+	+	+	+
310-6	+	+	+	+
310-7	+	+	-	+
311-1	+	+	+	+
311-2	+	-	-	+
311-3	+	-	-	+
311-4	+	-	+	+
311-5	-	+	+	+
326-1	+	-	+	+
326-2	+	+	+	+
326-3	+	+	+	+
338-1	+	+	+	+
338-2	+	+	+	+
344-1	+	+	+	+
344-2	+	+	+	+
344-3	-	+	+	+
344-4	+	+	+	+
344-5	+	+	+	+
344-6	-	+	+	+
344-7	+	+	+	+
345-1	+	+	+	+
345-2	+	+	+	+

345-3	+	+	+	+
345-4	+	+	+	+
345-5	+	+	+	+
345-6	+	+	+	+
345-7	+	+	+	+

El cuarto grupo de líneas evaluado estuvo integrado por 31 líneas provenientes del ensayo BASE 120. Los resultados en lo que se refiere a la presencia de los marcadores moleculares nos muestran que 28 líneas amplificaron para el marcador SW13, 4 líneas amplificaron para el marcador ENM, 12 líneas amplificaron para el marcador SR2 y de la misma manera 12 líneas amplificaron para el marcador SW12 (Cuadro 31). En este grupo de líneas evaluadas 2 combinan los 3 marcadores moleculares SW13, ENM y SR2, para resistencia a los virus, 5 de ellas combinan los marcadores SR2 y SW12, que indican resistencia a BGYMV y 4 combinan los marcadores SW13 Y ENM para resistencia a BCMV y BCMNV. Los resultados obtenidos muestran concordancia con las evaluaciones fenotípicas realizadas para resistencia a BCMV y BCMNV, con excepción de 4 líneas, dos de ellas, B12724 y B14303, amplificaron para el marcador ENM y sin embargo manifestaron síntomas necróticos, la línea PR1418-15, que amplificó para el marcador SW13 y sin embargo manifestó síntomas típicos de mosaico, y la línea ALS0532-6 que no amplificó para ningún marcador de resistencia a BCMV y BCMNV y sin embargo no presentaron síntomas típicos de mosaico, esto puede indicar algún tipo de escape a los virus.

Cuadro 31. Presencia de los marcadores moleculares de resistencia a BGYMV, BCMV y BCMNV en las mejores líneas de frijol del ensayo BASE 120, diagnosticado en el laboratorio de USDA-ARS-TARS en Mayagüez, PR.

Línea	Marcadores moleculares para resistencia a BGYMV		Marcadores moleculares para resistencia a BCMV y BCMNV	
	SR2	SW12	SW13	ENM
B12724	-	-	+	+
B14302	-	+	+	-
DOR 364	-	+	+	-
DOR 390	-	-	+	-
FBN 1205-31	-	-	+	-

ICA PIJAO	-	-	+	-
PEROLA	-	-	+	-
TARS-MST1	-	-	+	-
B14303	-	-	+	+
PR1217-1	+	-	+	+
PR1217-16	+	-	+	+
PR1144-3	+	-	+	-
PR1147-1	+	-	+	-
PR1147-8	+	-	+	-
AIFI WURITI	+	-	+	-
PR0443-151	-	-	-	-
EMP-319	-	-	+	-
ZORRO	-	-	+	-
PR0656-31	-	+	+	-
ICTAZAM ML	+	-	+	-
I9365-31	-	+	+	-
PR1418-15	+	+	+	-
FBN1210-48	+	+	+	-
PR1483-105	-	+	-	-
INTA Precoz	-	+	+	-
ALS0532-6	-	-	-	-
FBN1203-47	+	+	+	-
TARS-LFR1	-	-	+	-
Bribri	+	+	+	-
Cardenal	+	+	+	-
Don Rey	-	+	+	-

La última evaluación realizada estuvo compuesta de 12 líneas provenientes del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’. Los resultados obtenidos en cuanto a la presencia de los marcadores moleculares para resistencia a BCMV, BCMNV y BGYMV, muestran que todas las líneas amplificaron para el marcador SW13, sin embargo ninguna línea amplificó para el marcador ENM. Un total de 5 líneas amplificaron para el marcador SR2, ninguna líneas amplificó para el marcador SW12 (Cuadro 32). En este grupo de líneas evaluadas 5 combinan los marcadores moleculares SW13 y SR2. Los resultados obtenidos muestran concordancia con las evaluaciones fenotípicas realizadas para resistencia a BCMV y BCMNV, debido a que todas las líneas manifestaron síntomas de necrosis lo que indicaba la presencia del gen dominante *I*. Las líneas 1605-15, 16, 24 y 71 combinan los genes *bgm-I* e *I* con resistencia a bacteriosis común.

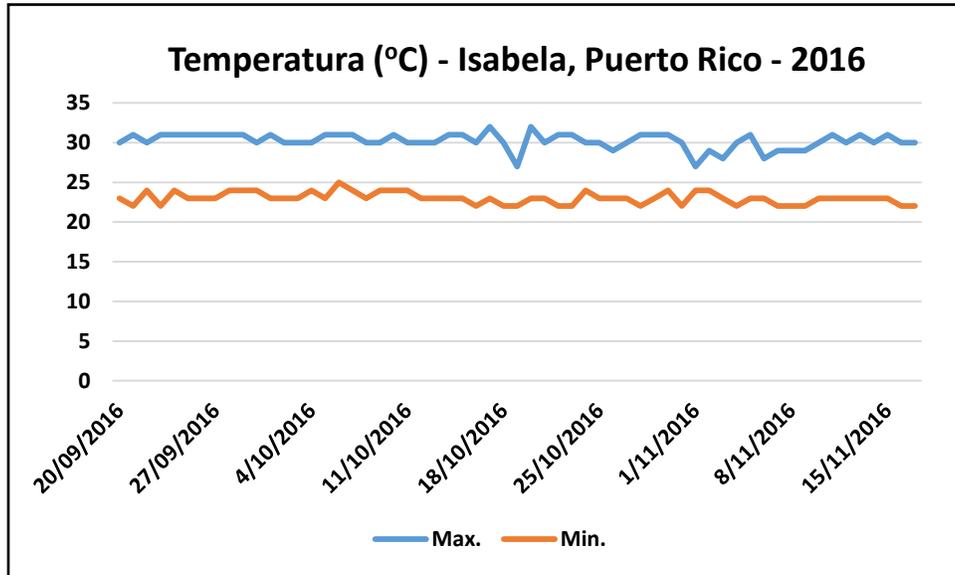
Cuadro 32. Presencia de los marcadores moleculares de resistencia a BGYMV, BCMV y BCMNV en las mejores líneas de frijol del cruce interespecífico entre ‘ICA Pijao x G35163’, diagnosticado en el laboratorio de USDA-ARS-TARS en Mayagüez, PR.

Línea	Marcadores moleculares para resistencia a BGYMV		Marcadores moleculares para resistencia a BCMV y BCMNV	
	SR2	SW12	SW13	ENM
1605-2	-	-	+	-
14	-	-	+	-
15	+	-	+	-
16	+	-	+	-
21	-	-	+	-
24	+	-	+	-
57	-	-	+	-
62	-	-	+	-
71	+	-	+	-
72	+	-	+	-
73	-	-	+	-
74	-	-	+	-

Segunda Evaluación en Campo para Reacción a Mustia Hilachosa

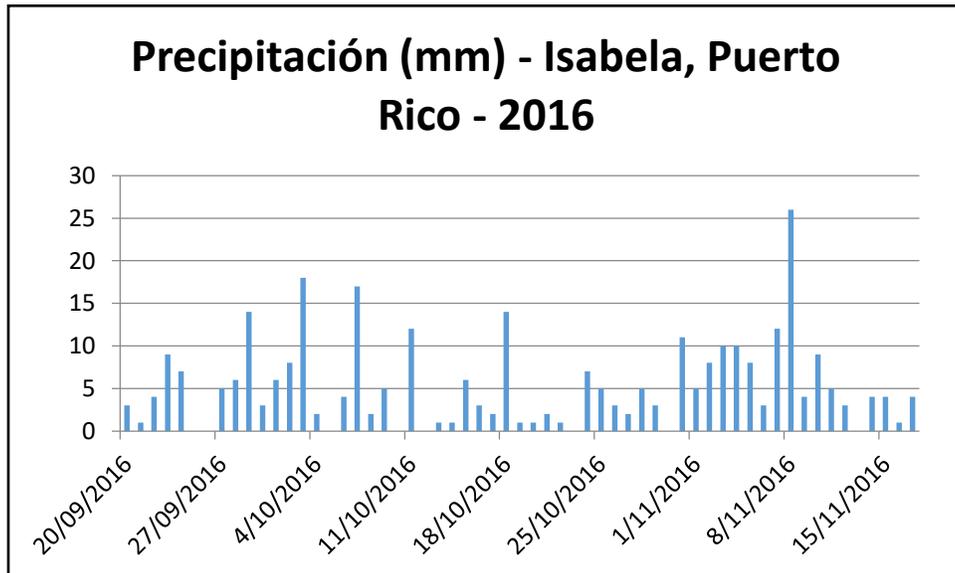
Durante la época de septiembre a noviembre de 2016 se llevó a cabo la segunda evaluación para reacción a mustia hilachosa, en Isabela, Puerto Rico. Los datos climatológicos para esta época nos muestran que existieron condiciones favorables para el desarrollo de esta enfermedad. Las temperaturas máximas fueron generalmente > 30 °C, mientras que las temperaturas mínimas estuvieron > 22 °C (Figura 5). Estos datos son muy similares a los del periodo de 2015. Por otro lado, los datos de precipitación registrados durante toda la época de evaluación fueron de 310 mm, siendo en general condiciones ideales para el desarrollo de mustia hilachosa (Figura 6).

Figura 5. Temperaturas máximas y mínimas en Isabela, Puerto Rico, durante los meses de septiembre a noviembre de 2016.



Fuente: Accuweather.com, 2016

Figura 6. Precipitación en Isabela, Puerto Rico, durante los meses de septiembre a noviembre de 2016.



Fuente: Accuweather.com, 2016

Como resultado de las evaluaciones discutidas con anterioridad, se seleccionaron únicamente 37 líneas superiores de frijol, de un total de 538 con las que se inició el proceso de evaluación. Este grupo de 37 líneas manifestaron las siguientes características: resistencia y/o tolerancia en la primera evaluación de mustia hilachosa en campo, con lecturas ≤ 4.5 ; resistencia a bacteriosis común, con lecturas ≤ 3.0 ; resistencia y/o tolerancia a BCMV y BCMNV, basada en evaluaciones fenotípicas y moleculares y que además tienen los marcadores moleculares que confieren resistencia a BGYMV.

Los resultados obtenidos para esta evaluación nos muestran que existieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), entre las líneas de frijol, para todas las variables evaluadas (Cuadro 33). El valor más bajo de coeficiente de variación (C.V.) para las cuatro lecturas de mustia hilachosa fue obtenido con la última lectura realizada (28 días después de la inoculación). Esto coincide con los resultados de 2015 y sugiere que un mayor número de lecturas aumenta la habilidad de detectar diferencias entre líneas para reacción a mustia hilachosa.

Cuadro 33. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración, lecturas de mustia hilachosa, días a cosecha, rendimiento de grano y porcentaje de semilla dañada ensayo de líneas superiores.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Días a Floración	1ra. Lectura Mustia	2da. Lectura Mustia	3ra. Lectura Mustia	4ta. Lectura Mustia	Días a Cosecha	Rendimiento	% Semilla Dañada
Repetición	4	1.72	0.82*	3.64*	0.81*	0.88	6.96	2501.64	150.03*
Línea	39	10.61*	0.52*	1.03*	0.95*	3.18*	29.78*	22798.90*	163.70*
Error	156	1.47	0.21	0.62	0.31	0.54	3.82	1963.4	45.78
C.V. (%)		3.31	30.00	41.19	21.49	20.57	2.61	28.10	62.74

*Prueba de F significativa $P < 0.05$.

Es importante destacar que las 37 líneas evaluadas mantuvieron su alto nivel de resistencia a la mustia hilachosa (Cuadro 34.). Los rangos de lecturas de la enfermedad oscilan entre 2.4 y 4.4, en la escala de CIAT. Es destacable el desempeño de la línea MHN 322-49 que en las dos épocas tuvo una calificación promedio de 2.8, esto muestra su alto grado de resistencia a mustia hilachosa. Los testigos susceptibles XRAV-40-4 y Morales exhibieron un mayor grado de susceptibilidad a la enfermedad con calificaciones promedio de 6.0 y 6.4, respectivamente.

El rendimiento de semilla es uno de los componentes más importantes para el programa de mejoramiento genético de frijol y, por lo tanto, debe ser uno de los primeros factores a considerarse al momento de evaluar y seleccionar líneas mejoradas. El mayor rendimiento de semilla comercial fue 2,027 kg/ha producido por la variedad TARS-MST1, de igual manera la línea PR 1147-1 alcanzó un rendimiento de 1,838 kg/ha y la variedad Amadeus 77 obtuvo un rendimiento de 1,817 kg/ha. Los testigos susceptibles Morales y XRAV-40-4 tuvieron rendimientos de 680 y 919 kg/ha, respectivamente. Es importante destacar que la variedad Amadeus 77, que como se mencionó en la evaluación del ERMUS, realizada en la época de 2015, produjo un buen rendimiento a pesar de haber obtenido una de las calificaciones altas (4.8) de severidad en las hojas. Solo los testigos XRAV-40-4 y Morales, con valores de 6.0 y 6.4, respectivamente, tuvieron lecturas mayores que Amadeus 77. Como inferimos anteriormente podría deberse a que el daño en el follaje de la planta, no necesariamente afecta la respuesta de rendimiento, al menos para este cultivar de frijol. En evaluaciones realizadas para resistencia a bacteriosis común se ha encontrado que diferentes genes confieren la resistencia en hojas y en vainas en el cultivo de frijol (Coyne y Schuster, 1974).

PR0401-259 fue la línea que presentó el menor porcentaje de semilla dañada (3.0%) que concuerda con los resultados obtenidos en 2015. Un total de 21 líneas presentaron menos del 10% de daño que se considera aceptable. Se destacan además las líneas PR1684-96 y VAX 6 que tuvieron un 4% de semilla dañada. Los testigos XRAV-40-4 y Morales tuvieron 21.0 y 29.4% de semilla dañada, respectivamente. La variedad 'Amadeus 77' merece mención especial porque tuvo un porcentaje de semilla dañada de 10.8%. Si hay diferentes mecanismos que controlan la resistencia al daño en las hojas y en la semilla, causado por mustia hilachosa en el frijol, es importante evaluar líneas de frijol para ambas características, tanto para la severidad en el follaje de la planta, como en la calidad de la semilla cosechada.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la presente investigación, se sugiere iniciar el proceso para la liberación de algunas líneas tales como: PR 1147-1 (grano negro pequeño), PR 1217-1 (grano blanco pequeño), PR 1684-96 (grano negro pequeño), MHN 322-49 (grano negro pequeño) y T1685-9 (grano rojo pequeño). Estas líneas sobresalen por sus altos niveles de resistencia a las 5 enfermedades evaluadas, además por su alto potencial de rendimiento y por su excelente calidad de grano comercial. Algunos investigadores afirman que por lo general cuando

se tiene resistencia a múltiples enfermedades se reduce el rendimiento y la calidad de la semilla cosechada (Miklas *et al.*, 2000). Sin embargo, esta inferencia no está en concordancia con los datos observados en esta investigación.

Es importante también considerar la utilización de las líneas PR0401-259, TARS-MST1, Verano, VAX 6, Amadeus 77 y TARS-LFR1 como progenitores en futuros programas de fitomejoramiento de frijol por sus excelentes combinaciones de características. En el programa de investigación de frijol de la Universidad de Puerto Rico se realizaron cruzamientos entre estas líneas con el objetivo de acumular (piramidar) un mayor número de genes favorables y a la vez ampliar la base genética de futuros cultivares de frijol. Una urgente necesidad de los agricultores es poder contar con cultivares de frijol con altos niveles de resistencia a enfermedades y alto potencial de rendimiento.

Cuadro 34. Comportamiento de líneas superiores de frijol sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2016.

Línea	Días a Floración	Grano	Lectura de mustia hilachosa ¹ (1-9)	Lectura de mustia hilachosa ² (1-9)	Días a Cosecha	Rendimiento de semilla comercial (kg/ha)	Semilla Dañada (%)	Xap 484A	Xap UPR 3353	SR2 (bgm)	SW 12	SW 13 (I)	ENM (bc3)	NL-3 ³
			2016	2015										
T1685-1	33.8	6K	3.8	4.0	73.6	892	18.0	1.5	3.0	-	+	-	+	NS
2	37.2	6,P	3.0	4.0	77.6	917	14.4	1.5	3.0	-	-	+	+	NS
4	39.0	1,P	3.0	4.0	77.6	442	17.0	1.0	2.0	-	-	+	+	NS
5	38.6	1,P	3.2	4.0	77.6	632	15.0	1.0	1.5	-	-	-	+	NS
6	37.4	1,P	3.2	4.0	77.2	646	13.4	1.0	1.0	-	-	-	+	NS
7	36.4	6,P	2.8	4.0	77.0	1484	8.8	1.5	2.5	-	-	-	+	NS
8	36.6	6,P	3.8	4.0	74.0	1059	12.6	1.5	3.0	-	-	-	+	NS
9	35.8	6,P	3.4	4.0	77.0	1423	5.0	1.5	2.5	+	-	+	+	NS
10	37.2	1,P	3.0	4.0	77.8	658	15.8	1.0	2.0	-	-	+	+	NS
MHR-314-49	37.4	6,P	3.6	3.2	77.0	730	9.4	1.5	2.5	+	-	+	-	N
MHN 322-49	36.6	9,P	2.8	2.8	77.0	1528	9.6	2.0	2.0	+	-	+	-	N
MHC2-8-44	37.0	6,P	3.8	4.5	78.2	870	11.4	1.0	1.5	+	-	+	-	N
MHC2-9-37	36.2	6,P	3.4	4.5	77.0	1188	6.8	1.0	2.0	+	-	+	-	N
MHC2-10-1	35.8	6,P	4.2	4.5	71.6	942	4.8	2.5	3.0	+	-	+	-	N
PR0401-259	35.4	5,P	4.2	4.2	73.0	1566	3.0	1.0	1.5	+	+	+	-	N
VERANO	35.4	1,P	3.8	4.0	72.6	1486	5.0	1.0	2.0	+	+	+	-	N
VAX 6	35.4	7,P	3.8	4.0	72.6	1449	4.0	1.0	1.5	-	-	+	-	N
PR1684-78	37.6	9,P	3.6	4.0	72.6	686	16.0	2.0	3.0	-	+	-	-	N
79	35.2	9,P	3.8	3.0	74.0	650	12.0	2.0	3.0	+	-	-	+	NS
80	34.8	9,P	3.4	3.0	73.0	370	15.2	2.0	3.0	+	-	-	+	NS
81	35.6	9,P	3.2	3.0	77.8	267	16.4	1.0	2.0	+	-	-	+	NS
94	38.4	9,P	3.6	4.0	77.0	1051	6.6	1.5	2.5	+	-	+	-	N
95	38.8	9,P	2.4	4.0	76.0	1299	5.6	1.5	2.0	-	-	+	-	N
96	36.6	9,P	2.6	4.0	76.0	1600	4.0	1.5	2.0	-	-	+	-	N
97	39.6	9,P	3.2	4.0	76.0	837	8.4	1.0	1.5	+	-	-	-	M

98	39.4	9,P	3.0	4.0	77.0	840	8.6	1.0	2.0	-	-	-	-	M
99	37.6	9,P	3.2	4.0	75.0	1140	8.0	1.0	1.5	-	-	-	-	M
100	38.2	9,P	3.0	4.0	74.0	1044	6.6	1.0	2.5	-	-	-	-	M
PR1687-3	36.8	1,P	2.8	4.3	77.0	603	11.6	1.0	2.0	+	-	+	-	N
4	36.4	1,P	3.0	4.3	75.0	823	8.4	1.0	2.5	+	-	+	-	N
7	39.0	9,P	3.6	3.7	76.6	407	21.4	1.0	2.5	+	-	+	-	N
10	36.0	1,P	3.4	4.3	77.6	549	9.8	1.5	2.5	+	-	+	-	N
TARS-MST1	34.6	9,P	4.0	3.3	72.0	2017	5.0	1.5	2.0	-	-	+	-	N
PR 1217-1	36.8	1,P	3.2	3.5	73.0	1595	5.8	1.5	1.5	+	-	+	+	NS
PR 1217-16	34.8	1,P	4.4	2.7	70.4	1187	13.6	2.0	3.5	+	-	+	+	NS
PR 1147-1	35.2	9,P	4.2	3.3	73.0	1838	5.0	2.0	2.5	+	-	+	-	N
TARS-LFR1	36.8	6,P	3.8	4.0	73.0	1369	8.0	1.0	2.0	-	-	+	-	N
XRAV-40-4	36.2	9,P	6.0	7.7	70.8	919	21.0			+	+	+	+	NS
Amadeus 77	34.6	6,P	4.8	6.6	71.2	1817	10.8	7.0	9.0	+	+	+	-	N
Morales	35.2	1,P	6.4	6.6	70.4	680	29.4	9.0	9.0	+	+	+	-	N
Promedio			3.6	4.1	74.9	1037.5	10.8							
DMS (0.05)	1.5		0.9		2.4	365	8.5							

¹ Evaluación a los 58 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

² Evaluación a los 66 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

³ Donde, M= Mosaico, N= Necrótica, NS= No presentan síntomas.

Durante esta misma época se realizaron otras tres evaluaciones de líneas, de las cuales la primera estaba compuesta de 46 líneas élite de grano negro, provenientes de Haití, Honduras y Puerto Rico, y que además poseen genes de resistencia a BCMV, BCMNV y BGYMV. Los resultados obtenidos nos señalan que no existió diferencia significativa para las variables evaluadas ($P < 0.05$), a excepción de los días a floración y el rendimiento (Cuadro 35). Esto podría deberse a que esta evaluación únicamente consto de dos repeticiones que resulta en una menor capacidad para detectar diferencias entre líneas.

Cuadro 35. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración, lecturas de mustia hilachosa, días a cosecha, rendimiento de grano y porcentaje de semilla dañada, ensayo de líneas negras avanzadas.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Días a Floración	1ra. Lectura Mustia	2da. Lectura Mustia	3ra. Lectura Mustia	4ta. Lectura Mustia	Días a Cosecha	Rendimiento	% Semilla Dañada
Repetición	1	4.00	0.64	1.00	0.81	6.25*	11.56*	23592.96*	1108.89*
Línea	49	2.44*	0.29	1.41	1.34	1.56	1.06	3844.06*	102.54
Error	49	1.22	0.23	0.88	1.08	1.45	0.7	1941.49	91.62
C.V. (%)		3.15	21.89	30.22	25.99	21.27	1.18	28.48	58.05

*Prueba de F significativa $P < 0.05$.

La línea que produjo el mayor rendimiento de semilla comercial fue PR1660-18 con 1,543 kg/ha. Esta línea también tuvo una de las mejores lecturas de mustia hilachosa, con un promedio de 3.0 en la escala de CIAT (Cuadro 36). Es importante mencionar que la mayoría de las líneas de este ensayo fueron afectadas severamente por la enfermedad. Sin embargo, hubo 4 líneas con rendimientos comerciales superior a 1,300 kg/ha y que tenían $< 10\%$ de semilla dañada. Estos resultados apoyan la observación que la herencia de resistencia al daño en el follaje es distinta a la herencia a la resistencia en el daño a la semilla en el cultivo de frijol.

Cuadro 36. Comportamiento de las líneas avanzadas de frijol negro sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2016.

Línea	Días a Floración	Grano	Lectura de mustia hilachosa ¹ (1-9)	Días a Cosecha	Rendimiento de semilla comercial (kg/ha)	Semilla Dañada (%)
PR1655-1	34.0	9,P	6.5	70.0	1020	24.0
2	34.0	9,P	6.0	70.0	895	37.5
9	35.0	9,P	5.5	70.0	829	17.5
10	36.0	9,P	6.0	70.0	540	21.0
11	37.0	9,P	5.0	71.0	612	22.0
12	36.0	9,P	7.5	70.0	579	15.5
13	35.5	9,P	7.0	70.0	717	13.5
14	37.0	9,P	6.0	71.0	648	15.5
15	36.5	9,P	5.5	71.0	697	23.0
16	36.5	9,P	5.5	71.0	1030	17.0
17	35.5	9,P	4.5	72.0	1033	14.0
18	36.0	9,P	5.5	71.0	582	16.5
20	34.5	9,P	7.5	70.0	464	22.0
23	36.0	9,P	5.0	71.0	1056	13.5
24	34.5	9,P	6.0	70.0	1382	9.0
25	34.0	9,P	6.0	71.0	1467	9.5
26	35.0	9,P	5.5	72.0	1059	17.0
28	34.0	9,P	5.5	71.0	1461	12.0
29	34.0	9,P	7.0	70.0	984	8.5
30	33.0	9,P	6.0	71.0	1382	13.0
31	35.0	9,P	5.5	72.0	1257	12.0
35	34.0	9,P	6.5	70.0	1178	18.5
41	34.5	9,P	5.5	71.0	1020	12.5
44	34.0	9,P	6.0	71.0	717	11.0
45	34.5	9,P	4.5	72.0	1023	11.5
46	33.5	9,P	6.5	70.0	1043	24.0
48	34.0	9,P	6.0	70.0	1023	19.5
54	34.0	9,P	7.0	70.0	750	27.5
55	34.5	9,P	5.5	71.0	1415	7.5
57	34.0	9,P	6.5	70.0	1230	21.0
58	34.0	9,P	6.0	70.0	1148	19.5
59	33.5	9,P	6.5	70.0	1112	13.5
61	35.5	9,P	6.0	71.0	1092	6.0
62	35.0	9,P	4.5	72.0	1402	5.5
XRRAV-40-4	37.0	9,P	5.5	71.0	957	14.5
DPC-40	36.5	9,P	6.0	71.0	688	23.0
PR1660-1	35.5	9,P	5.5	72.0	1267	11.0
2	35.5	9,P	5.5	72.0	1030	14.0
3	35.0	9,P	6.0	71.0	767	19.5

5	34.0	9,P	5.5	71.0	1214	27.0
6	35.0	9,P	4.5	72.0	1056	26.0
8	36.5	9,P	5.0	71.0	1033	17.0
9	37.0	9,P	4.5	71.0	1122	15.0
10	35.5	9,P	5.0	71.0	1313	7.5
11	36.5	9,P	4.5	71.0	1332	16.5
12	36.5	9,P	5.0	71.0	911	13.0
14	36.0	9,P	4.0	71.0	1438	16.5
18	35.0	9,P	3.0	72.0	1543	4.5
XRAV-40-4	36.0	9,P	6.0	72.0	977	10.5
DPC-40	36.5	9,P	6.5	70.0	401	38.0
Promedio	35.2		5.7	70.09	1018	16.5
DMS (0.05)	2.2		2.4	1.7		19.2

¹ Evaluación a los 58 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

Se evaluaron también un grupo de 6 líneas élite de grano negro, de los programas de investigación de frijol de Haití, Honduras y Puerto Rico, que incluyen genes de resistencia a BCMV, BCMNV y BGYMV, los resultados obtenidos nos muestran que existieron diferencias significativas ($P < 0.05$), entre las líneas de frijol, para todas las variables evaluadas, excepto para la primera lectura de mustia hilachosa (Cuadro 37). El coeficiente de variación más bajo para las lecturas de mustia, se obtuvo con la última lectura.

Cuadro 37. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración, lecturas de mustia hilachosa, días a cosecha, rendimiento de grano y porcentaje de semilla dañada ensayo de líneas elite.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Días a					Días a Cosecha	Rendimiento	% Semilla Dañada
		Flora- ción	1ra. Lectura Mustia	2da. Lectura Mustia	3ra. Lectura Mustia	4ta. Lectura Mustia			
Repetición	4	2.47*	0.26	0.89*	1.57*	0.47	0.4	597.89	133.39
Línea	6	7.38*	0.11	2.52*	2.92*	5.80*	3.70*	9533.19*	1018.16*
Error	24	0.57	0.17	0.2	0.39	0.7	0.27	672.54	66.44
C.V. (%)		2.14	20.27	16.75	18.96	16.14	0.72	21.31	47.87

*Prueba de F significativa $P < 0.05$.

Para esta evaluación la línea con la menor severidad ocasionada por mustia hilachosa fue PR 1564-3, con un promedio de calificación de 4.2, en la escala de CIAT (Cuadro 38). Esto comparado con los testigos susceptibles XRAV-40-4 y MEN 2201-64ML que tuvieron calificaciones de 5.8 y 7.2, respectivamente. Este grupo produjo rendimiento de semilla comercial más bajo que los otros ensayos. PR1564-2 produjo el mayor rendimiento (1109 kg/ha). PR1564-1 y PR1564-3 combinaron lecturas de mustia < 4.5 con rendimientos comerciales > 1,000 kg/ha y < 10% de semilla dañada. Los testigos XRAV-40-4 y MEN 2201-64ML reportaron 33.2% y 40.8% semilla dañada.

Cuadro 38. Comportamiento de líneas élite de frijol sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2016.

Línea	Días a Floración	Grano	Lectura de mustia hilachosa ¹ (1-9)	Días a Cosecha	Rendimiento de semilla comercial (kg/ha)	Semilla Dañada (%)
PR1564-1	36.2	9,P	4.4	72.0	1023	4.8
2	35.6	9,P	4.8	72.0	1109	6.4
3	36.0	9,P	4.2	72.0	1032	7.0
20	34.8	9,P	5.6	71.2	888	15.4
53	36.0	9,P	4.4	72.0	688	11.6
XRAV-40-4	36.0	9,P	5.8	70.4	486	33.2
MEN 2201-64 ML	32.8	9,P	7.2	70.0	379	40.8
Promedio	35.3		5.2	71.4	801	17.0
DMS (0.05)	1.0		1.1	0.7		10.6

¹ Evaluación a los 58 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

La última evaluación realizada durante 2016 contenía 54 líneas elite, provenientes de distintos programas de investigación de frijol. Los resultados obtenidos nos muestran que existieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), entre las líneas de frijol, para todas las variables evaluadas a excepción de la primera lectura de mustia hilachosa (Cuadro 39). El valor del coeficiente de variación más bajo dentro de las lecturas de mustia fue para la última. Podemos concluir que es mucho más informativo realizar varias lecturas de la enfermedad para lograr una selección más eficiente de cultivares de frijol.

Cuadro 39. Análisis de varianza mostrando cuadrados medios y significancia para días a floración, lecturas de mustia hilachosa, días a cosecha, rendimiento de grano y porcentaje de semilla dañada ensayo de líneas élite.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Días a Floración	1ra. Lectura Mustia	2da. Lectura Mustia	3ra. Lectura Mustia	4ta. Lectura Mustia	Días a Cosecha	Rendimiento	% Semilla Dañada
Repetición	3	5.53*	1.07*	0.61	3.96*	3.06*	2.73	3020.61*	319.08*
Línea	59	11.42*	0.2	1.19*	1.28*	2.43*	5.88*	3139.57*	246.45*
Error	177	1.5	0.15	0.42	0.32	0.61	2.23	1015.9	84.35
C.V. (%)		3.41	19.86	25.98	16.83	16.36	2.06	32.80	62.96

*Prueba de F significativa P <0.05.

Más del 50% de las líneas produjeron rendimientos por encima de los 1,200 kg/ha (Cuadro 40). Las líneas PR1626-21, PR1147-3, PR1147-8 y TARS-LFR1 combinaron lecturas de mustia hilachosa ≤ 4.5 , rendimientos de semilla comercial $> 1,500$ kg/ha y menos de 10% de semilla dañada. MHN-322-49 y PR1217-1, que fueron evaluadas con anterioridad, expresan con consistencia un alto nivel de resistencia a la mustia hilachosa con lecturas promedios de 3.5 y 3.8, respectivamente. Amadeus 77 produjo un rendimiento de 2,037 kg/ha y tuvo apenas 13% de semilla dañada. Otras líneas produjeron altos rendimientos ($> 1,500$ kg/ha), $< 10\%$ de semilla dañada y lecturas de mustia hilachosa ≤ 5.0 . Por lo tanto, es importante tomar en cuenta estas dos características al momento de evaluar y seleccionar líneas de frijol con resistencia a la mustia hilachosa.

Cuadro 40. Comportamiento de líneas élite de frijol sembradas en Isabela, Puerto Rico en septiembre de 2016.

Línea	Días a Floración	Grano	Lectura de mustia hilachosa ¹ (1-9)	Días a Cosecha	Rendimiento de semilla comercial (kg/ha)	Semilla Dañada (%)
PR1626-1	35.5	1,P	4.0	75.8	1658	10.8
19	35.5	1,P	4.0	73.3	1056	24.3
21	36.8	1,P	3.8	74.5	1546	8.8
22	36.0	1,P	4.3	72.0	1342	11.0
23	35.3	1,P	4.5	73.3	1313	9.0
24	36.0	1,P	4.3	72.0	1089	18.5
25	34.8	1,P	5.3	72.0	1086	12.8

26	35.5	1,P	5.0	72.0	1379	9.5
27	35.5	1,P	5.8	71.0	1069	18.3
28	36.3	1,P	4.3	73.3	1148	12.5
PR1418-10	39.5	9,P	4.8	71.5	918	15.8
PR1418-20	38.8	9,P	4.0	73.3	1247	11.8
PR1418-21	40.3	9,P	4.0	73.3	1168	13.5
Verano	35.0	1,P	4.3	72.0	1165	13.5
Beniquez	36.5	1,P	6.0	71.5	1040	18.0
PR1627-7	39.8	1,P	4.0	75.3	1119	17.5
8	35.0	1,P	4.0	73.3	1306	9.8
10	35.3	1,P	3.3	74.5	1487	14.3
11	36.8	1,P	3.8	72.0	1178	10.3
13	35.3	1,P	5.3	72.0	1056	16.5
14	35.8	1,P	4.5	72.0	1221	11.3
PR1628-1	35.5	9,P	4.8	73.3	1494	6.8
2	35.5	9,P	5.0	72.0	1428	4.5
3	35.5	9,P	5.0	72.0	1434	6.5
PR1217-1	36.0	1,P	3.8	70.5	1076	23.0
PR1217-16	34.8	1,P	5.3	70.5	592	40.8
PR1217-17	36.3	1,P	5.0	72.0	1425	9.5
PR1217-20	37.3	1,P	4.8	73.3	790	31.8
Morales	35.8	1,P	5.8	70.5	790	36.8
Alpena	39.3	1,P	5.3	73.3	424	17.0
PR1147-1	35.3	9,P	4.3	72.0	1638	12.5
3	36.3	9,P	3.8	72.0	1935	5.8
6	36.3	9,P	4.0	73.3	1810	10.5
8	34.8	9,P	4.3	72.0	2027	6.0
DPC-40	35.5	9,P	5.5	72.0	1191	15.0
Aifi Wuriti	37.5	9,P	5.3	72.0	1138	13.0
XRAV-40-4	35.5	9,P	6.3	70.0	813	29.0
EMP 299	36.5	9,P	5.8	75.8	994	14.3
EMP 319	36.5	9,P	5.8	72.0	1247	9.5
Zorro	36.0	9,P	5.0	71.5	1688	8.0
PR0656-31	35.3	9,P	5.0	72.0	1734	11.8
MEN 2201-64ML	29.5	9,P	6.3	71.5	589	34.8
MHN 322-49	36.5	9,P	3.5	74.5	1178	11.5
Zenith	36.8	9,P	4.8	71.5	846	9.3
I9365-31	38.0	9,P	6.0	71.0	757	12.8
FBN 1210-48	34.8	9,P	6.5	70.5	901	30.3
PR1483-105	38.5	9,P	3.8	72.0	1352	11.0
Carrizalito	34.5	7,P	4.3	72.0	1484	15.8
Amadeus 77	33.8	6,P	4.5	71.5	2037	13.0
CENTA Pipil	35.8	7,P	5.5	72.0	1582	12.8

INTA Precoz	32.8	6,P	6.3	71.5	1336	17.5
DEHORO	33.5	6,P	5.3	72.0	1708	9.3
MHR 311-1	36.8	6,P	4.5	72.0	1165	11.0
TARS-LFR1	35.8	6,P	4.0	72.0	1681	7.0
PR0401-259	35.5	5,P	5.0	73.3	1842	7.8
VAX-6	34.8	7,P	4.8	72.0	1434	10.3
Bribri	34.5	6,P	5.3	71.5	852	25.3
Cardenal	34.3	6,P	4.8	71.5	1958	8.8
Don Rey	35.5	6,P	5.0	72.0	1109	15.0
SJC 730-79	34.5	6,P	5.3	72.0	1658	13.5
Promedio	35.9		4.8	72.3	1279	14.6
DMS (0.05)	1.7		1.1	2.1		12.8

¹ Evaluación a los 58 días después de la siembra utilizando una escala 1-9 de CIAT donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = >85% del área foliar afectada.

LITERATURA CITADA.

- Acevedo, M., A. Molina, J. Sánchez, C. Muñoz, y J.S. Beaver. 2004. Inheritance of normal pod development in bean golden yellow mosaic resistant common bean. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129:549-552.
- Akhavan, A., M. Bahar, H. Askarian, M. Reza, A. Nazemi, y Z. Zamani. 2013. Bean common bacterial blight: pathogen epiphytic life and effect of irrigation practices. *Springer Open Journal*, 2(1), 41.
- Anónimo. 2015. Work instruction. Puerto Rico plant and diagnostic clinic, PRPDC-WI-F019. Puerto Rico. 2 p.
- Beaver, J.S., M. Alameda, y J.C. Rosas. 2008. Breeding beans for resistance to web blight. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.*, 51, 30.
- Beaver, J.S., G. Godoy, J.C. Rosas, y J. Steadman. 2002. Estrategias para seleccionar frijol común con mayor resistencia a mustia hilachosa. *Agronomía Mesoamericana* 13(1):67-72.
- Beaver, J.S., T.G. Porch, y M. Zapata. 2008. Registration of ‘Verano’ white bean. *Journal of Plant Registrations*. 2(3):187-189
- Beaver, J. S., E. Prophete, G. Démosthène, y T.G. Porch. 2016. Registration of PR1146-138 Yellow Bean Germplasm Line. *Journal of Plant Registrations*, 10(2):145-148.
- Beaver, J.S., M. Zapata, M. Alameda, T.G. Porch, y J.C. Rosas. 2012. Registration of PR0401-259 and PR0650-31 Dry Bean Germplasm Lines. *Crop Science*. 6:81-84.
- Blair, M., L. Rodríguez, F. Pedraza, F. Morales, y S. Beebe. 2007. Genetic mapping of the bean golden yellow mosaic geminivirus resistance gene *bgm-1* and linkage with potyvirus resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor. Appl. Genet.* 114:261–271 p.
- Castaño, M. 1981. Evaluación de germoplasma de frijol para su resistencia al agente causal de la mustia hilachosa. *Asociación Colombiana de Fitopatología*, 8 (4):37-38.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Control genético del mosaico común del frijol (BCMV). Cali, Colombia. 25 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2006. Genotypic characterization of the common bean bacterial blight pathogens, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fuscans* by rep-PCR and PCR–RFLP of the Ribosomal Genes. *J. Phytopathology* 154, 35–44 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2013. Guía práctica 2 *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* Smith. Enfermedad: Bacteriosis común del frijol. Manejo de la bacteria en el laboratorio. Cali, Colombia. 42 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2016. Guía de enfermedades y plagas de frijol en Colombia. Cali, Colombia. 12 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1994. Problemas de producción de frijol en los trópicos. Pastor-Corrales, M., y Schwartz, H. Cali, Colombia. Segunda edición, publicación CIAT n.º 230. 805 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Van Schoonhoven, A. y Pastor-Corrales, M.A. (compilers). Cali, Colombia. 56 p.

Costa-Coelho, G.R., A. Café, y J. Murillo. 2014. A comparison of web blight epidemics on common bean cultivars with different growth habits. *Crop Protection* 55:6-20.

Costa-Coelho, G.R., J. Murillo, y A. Café. 2012. Epidemiologia da mela e produtividade do feijoeiro-comum tratado com fungicidas. (In Portuguese whit English abstract.) *Summa Phytopathol.*, Botucatu, 38(3):211-215.

Corzo, M., O. Márquez, B. Martínez, y M. Quiñonez. 2016. Variabilidad molecular de aislados de *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli* procedentes de la provincia Mayabeque, Cuba. *Rev. Protección Veg.* 31(1):70-76

Coyne, D. P. y M. L. Schuster, 1974. Differential reaction of pods and foliage of beans (*Phaseolus vulgaris*) to *Xanthomonas phaseoli*. *Plant Dis. Rept.* 58: 278-282.

DICTA (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria). 2013. El cultivo del frijol. Publicaciones DICTA, III Edición. Tegucigalpa, Honduras. 37 p.

Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C.W. Robledo. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>

Drijfhout, E. 1978. Genetic interaction between *Phaseolus vulgaris* and bean common mosaic virus with implications for strain identification and breeding for resistance. *Agricultural Research Reports* 872, Centre for Agriculture Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands. 98 p

Duncan, R., S. Singh, y R. Gilberston. 2011. Interaction of common bacterial blight bacteria with disease resistance quantitative trait loci in common bean. *The American Phytopathological Society* 101(4):425-243.

Flores-Estévez, N., J. Acosta-Gallegos, y L. Silva-Rosales. 2003. Bean common mosaic virus and Bean common mosaic necrosis virus in Mexico. *J. Amer. Phytopathological Soc.* 87(1):21-25.

- Francisco, N., G. Gallegos, Y. Ochoa, F. Hernández, A. Benavides, A. Narro, *et al.* 2014. Aspectos fundamentales del tizón común bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* Smith): Características, patogenicidad y control. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 31(2):147-160.
- Galindo, J.J., G.S. Abawi, y H.D. Thurston. 1982. Web blight of beans on small farms in Central America. *New York's Food and Life Sciences Quarterly* 14:21-25.
- Garces, F., H. Gamarra, F. Sánchez, y C. TayHing. 2013. Modelos integral e de ponto crítico para estimar danos no rendimento e seus componentes pela mela na cultura do feijoeiro. (In Portuguese whit English abstract.) *Ciencia y Tecnología*. 6(1):17-22.
- Godoy-Lutz, G., J. Arias, J.R. Steadman, y K. Skridge. 1996. Role of natural seed infection by the web blight pathogenic in common bean seed damage, seedling emergence, and early disease development. *Plant Disease* 80(8):887-890.
- Godoy-Lutz, G., J.S. Beaver, J.C. Rosas, y J. Steadman. 2010. *Web Blight*. Recuperado el 20 de julio de 2016 de http://bic.css.msu.edu/pdf/Web_Blight.pdf
- Godoy-Lutz, G., S. Kunita, y J. Steadman. 2008. Phylogenetic analysis of *Rhizoctonia solani* subgroups associated with web blight symptoms on common bean based on ITS-5.8S rDNA. The Phytopathological Society of Japan and Springer. *J. Gen. Plant Pathol.* 74:32-40.
- Godoy-Lutz, G., J.R. Steadman, B. Higgins, y K. Powers. 2003. Genetic Variation Among Isolates of the Web Blight Pathogen of Common Bean Based on PCRRFLP of the ITS-rDNA Region. *Plant Disease* 87(7):765-771.
- Godoy-Lutz, G., J.R. Steadman, K. Powers, y B. Higgins. 2000. DNA variation and virulence among isolates causing web blight on common beans. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 43:72-73.
- González, N., J.S. Beaver, J.C. Rosas, G. Godoy-Lutz, y J. Steadman. 2008. Development of a differential set of common bean lines to screen for web blight pathogen virulence. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 51, 32.
- González, N., F. Ferwerda, M. Alameda, J.C. Rosas, y J.S. Beaver. 2005. Identification of new sources of resistance to web blight of common bean. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 48, 130.
- González, N., J. Steadman, R. Higin, y K. Skridge. 2012. Assessing genetic diversity in the web blight pathogen *Thanatephorus cucumeris* (anamorph = *Rhizoctonia solani*) subgroups AG-1-IE and AG-1-IF with molecular markers. *J. General Plant Pathology* 78:84-97.
- Guachambala, M. 2013. Estudio de la herencia de los altos niveles de resistencia al tizón bacteriano, causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, en el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico.

- Haley, S., L. Afanor, y J. Kelly. 1994. Identification and application of a random amplified polymorphic DNA marker for the *I* gene (Potyvirus resistance) in common bean. *Phytopathology* 84(2):157-160.
- Harveson, R., 2009. Common bacterial blight of dry beans in Nebraska. University of Nebraska-Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources. NebGuide, 3 p.
- ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas). 2015. Desarrollo de variedades mejoradas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para los diferentes sistemas de producción de Guatemala. Informe Final de Resultados. Guatemala, Guatemala. 275 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura)/Proyecto Red Sicta, COSUDE. 2008. Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central. Managua, Nicaragua. Publicaciones Proyecto Red SICTA. 32 p.
- Johnson, W., P. Guzmán, D. Mandala, A. Mkandawire, S. Temple, R. Gilberston, et al. 1997. Cell biology & molecular genetics, molecular tagging of the *bc-3* gene for introgression into andean common bean. *Crop Sci.* 37:248-254.
- Larse, R., P. Miklas, K. Druffel, S. Wyatt. 2005. NL-3 K strain is a stable and naturally occurring interspecific recombinant derived from Bean common mosaic necrosis virus and Bean common mosaic virus. *J. Amer. Phytopathological Soc.* 95(9):1037-1042.
- Lema, M., H. Terán, y S. Singh. 2007. Selecting common bean with genes of different evolutionary origins for resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoly*. *Crop Sci.* 47: 1367-1374.
- Martin, K., J. Singh, J. Hill, S. Whitham, y S. Cannon. 2016. Dynamic transcriptome profiling of Bean Common Mosaic Virus (BCMV) infection in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *BMC Genomics*, 17(1):613.
- Melotto, M., L. Afanador, y J.D. Kelly. 1996. Development of a SCAR marker linked to the gene *I* in common bean. *Genome* 39:1216-1219.
- Miklas, P. N., R. Delorme, V. Stone, M.J. Daly, J.R. Stavely, J.R. Steadman, et al. 2000. Bacterial, Fungal, and Viral Disease Resistance Loci Mapped in a Recombinant Inbred Common Bean Population (Dorado'/XAN 176). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(4), 476-481.
- Miklas, P., y R. Larsen. 2010. Bean common mosaic virus - BCMV & Bean common mosaic necrosis virus – BCMNV. Recuperado el 20 de julio de 2016 de http://bic.css.msu.edu/pdf/BCMV_and BCMNV.pdf
- Miklas, P., R. Larsen, R. Riley, y J. Kelly. 2000. Potential marker-assisted selection for *bc1²* resistance to bean common mosaic potyvirus in common bean. *Euphytica* 116: 211–219.

- Miklas, P.N., J.R. Smith, R. Riley, K.F. Grafton, S.P. Singh, G. Jung, and D. P. Coyne, 2000. Marker-assisted breeding for pyramided resistance to common bacterial blight in common bean. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 43:39-40.
- Mora, B., 1996. Epidemiología y manejo de la mustia hilachosa del frijol común causada por *Rhizoctonia solani*. Programa de frijol, Ministerio de Agricultura Ganadería, San José, Costa Rica. X Congreso Nacional Agronómico/III Congreso de Fitopatología: 31-36 p.
- Morales, F.J. 1989. Bean common mosaic: Screening for disease resistance. CIAT Publ. 33. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Morales, F. J. 2000. El mosaico dorado y otras enfermedades del frijol común causadas por geminivirus transmitidos por mosca blanca en la América Latina. CIAT, Cali, Colombia, 169 p.
- Mukeshimana, G., L. Hart, y J.D. Kelly. 2003. Bean common mosaic virus and bean common mosaic necrosis virus. Michigan State University. Extension Bulletin E-2894.
- Mukeshimana G., A. Pañeda, C. Rodríguez-Suarez, J. Ferreira, R. Giraldez, y J.D. Kelly. 2005. Markers linked to the *bc-3* gene conditioning resistance to bean common mosaic potyviruses in common bean. *Euphytica* 144:291–299.
- Mutlu, N., P.N. Miklas, J. Reiser y D.P. Coyne. 2005. Backcross breeding for improved resistance to common bacterial blight in pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Breed.* 124:282-287.
- Narderpour, M., O.S. Lund, R. Larsen, y E. Johansen. 2010. Potyviral resistance derived from cultivars of *Phaseolus vulgaris* carrying *bc-3* is associated with the homozygotic presence of a mutated *elf4E* allele. *Molecular Plant Pathology* 11(2):255-263.
- Osdaghi, E., A. Alizadeh, M. Shams-Bakhsh, y M. Reza. 2009. Evaluation of common bean lines for their reaction to the common bacterial blight pathogen. *Phytopathol. Mediterr* 48: 461–468.
- Osorno, J.M., J.S. Beaver, F. Ferwerda, y P.N. Miklas. 2003. Two genes from *Phaseolus coccineus*, L. confer resistance to bean golden yellow mosaic virus. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 46:147-148.
- Opio., A., D. Allen, y J. Teri. 1996. Pathogenic variation in *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*, the causal agent of common bacterial blight in *Phaseolus* beans. *Plant Pathology*, 45(6):1126-1133.
- Pasev, G., D. Kostova, y S. Sofkova. 2013. Identification of genes for resistance to bean common mosaic virus and bean common mosaic necrosis virus in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding lines using conventional and molecular methods. *J. Phytopathol* 162:19–25.
- Pedraza, F., G. Gallego, S. Beebe y J. Tohme. 1997. Marcadores SCAR y RAPD para la resistencia a la bacteriosis común (CBB). p.130-134. *En* Singh, S.P. y O. Voysest (eds.). Taller de

mejoramiento de frijol para el Siglo XXI: Bases para una estrategia para América Latina. CIAT, Cali, Colombia. 559p.

Popovic, T., M. Starovic, G. Aleksic, S. Zivcovic, D. Josic, M. Ignjatov, et al. 2012. Response of different beans against common Bacterial blight disease caused by *Xanthomonas Axonopodis* pv. *Phaseoli*. Bulgarian Journal of Agricultural Science 18 (5):701-707.

Porch, T. G., C. A. Urrea, J. S. Beaver, S. Valentin, P. A. Peña, y J. R. Smith. 2012. Registration of TARS-MST1 and SB-DT1 Multiple-Stress-Tolerant Black Bean Germplasm. J. Plant. Reg. 6:75-80.

Rodríguez, E., A. Garda, G. Frías, y S. Beebe. 1995. Interacción entre genotipos de frijol y aislamiento *Rhizoctonia solani* Khun. Heredabilidad de la mustia hilachosa *Thanatephorus cucumeris* Frank (Donk) en cultivares y poblaciones F1 y F2 de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Agronomía Mesoamericana 6:50-60.

Rodríguez, E., E. Lorenzo, M. Acosta, F. González, B. Mora, y G. Godoy. 1999. Manejo de la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* Frank) en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Agronomía Mesoamericana 10(1): 99-108.

Rodríguez, E. Q., y E. Lorenzo. 2009. Manual técnico: tecnologías para el manejo integrado del cultivo de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en Panamá. PA. IDIAP.

Rosas, J. 2003. El cultivo de frijol común en América Tropical. Zamorano, Honduras. Zamorano Academic Press. 56 p.

Singh, S., F. Morales, P. Miklas, y H. Terán. 2000. Selection for bean golden mosaic resistance in intra- and interracial bean populations. Crop Sci. 40:1565–1572.

Singh, S. P., y C.G. Munoz. 1999. Resistance to common bacterial blight among *Phaseolus* species and common bean improvement. Crop Sci. 39(1), 80-89.

Sneh, B., L. Burpee, y A. Ogoshi. 1991. Identification of *Rhizoctonia* species. 133pp. APS Press, St. Paul, MN, USA.

Takegami, J., J.S. Beaver, G. Godoy, Lutz, R. Echávez-Vadel, y J. Steadman. 2004. Inheritance of web blight resistance in common bean. Puerto Rico. J. Agric. Univ. P.R. 88(1-2):45-54.

Takegami, J., y J.S. Beaver. 2000. Heritability of web blight resistance in common bean. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 43, 43-44.

Urrea, C.A., P. Miklas, J.S. Beaver, y R.H. Riley. 1996. A codominant randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) marker useful for indirect selection of bean golden mosaic virus resistance in common bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(6):1035–1039.

- USDA-ARS-TARS, Puerto Rico. 2016. Inoculation Protocol for *Xanthomonas axonopodis* (CBB). Tropical Agricultural Research Station, Mayagüez, Puerto Rico. 1 p.
- Vélez, J., M. Bassett, J.S. Beaver, y A. Molina. 1998. Inheritance of resistance to bean golden virus in common bean. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(4):628-631.
- Viecelli, C.A., y T. Moerschbacher. 2013. Control of the common bacterial blight in the bean crop by using foliar fertilizers. *Scientia Agraria Paranaensis* 12:66-72 p.
- Wohleb, C., y L. Tolt. 2011. Common bacterial blight and halo blight two bacterial diseases of phytosanitary significance for bean crops in Washington State. Washington State University Extension. 5 p.
- Yu, K., S.J. Park y V. Poysa. 2000. Marker-assisted selection of common beans for resistance to common bacterial blight: efficiency and economics. *Plant Breed* 119:411-416.
- Zapata, M., J.S. Beaver, y T.G. Porch. 2011. Dominant gene for common bean resistance to common bacterial blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. *Euphytica*, 179(3): 373-382.
- Zapata, M., J.S. Beaver, y T.G. Porch. 2007. Foliage, pod and internal seed infection of selected common bean lines when inoculated with two strains of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 50:117–118.
- Zapata, M., G.F. Freytag, y R.E. Wilkinson. 1985. Evaluation for bacterial blight resistance in beans. *Phytopathology* 75:1032–1039.