

SELECCIÓN DE MATERIALES PROMESA DE FRIJOL PARA EL ESTADO DE ZACATECAS

NADIEZHDA Y. Z. RAMÍREZ-CABRAL, RICARDO A. SÁNCHEZ GUTIÉRREZ, MARIANDREA
CABRAL ENCISO, RAQUEL KARINA CRUZ BRAVO, RIGOBERTO ROSALES SERNA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Mtro. José Eduardo Calzada Rovirosa
Secretario

Mtro. Jorge Armando Narváez Narváez
Subsecretario de Agricultura

Mtro. Ricardo Aguilar Castillo
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

Mtro. Héctor Eduardo Velasco Monroy
Subsecretario de Desarrollo Rural

Lic. Marcelo López Sánchez
Oficial Mayor

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Dr. Luis Fernando Flores Lui
Director General

M. C. Jorge Fajardo Guel
Coordinador de Planeación y Desarrollo

Dr. Raúl G. Obando Rodríguez
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Mtro. E. Francisco Berterame Barquín
Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

Dr. Homero Salinas González
Director Regional

Dr. Uriel Figueroa Viramontes
Director de Investigación

Dr. Francisco Javier Pastor López
Director de Planeación y Desarrollo

Ing. Ricardo Carrillo Monsiváis
Director de Administración

Dr. Francisco Gpe. Echavarría Cháirez
Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas

SELECCIÓN DE MATERIALES PROMESA DE FRIJOL PARA EL ESTADO DE ZACATECAS

Nadiezhda Y. Z. Ramírez-Cabral¹
Ing. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez¹
M.C. Mariandrea Cabral Enciso²
Dra. Raquel Karina Cruz Bravo¹
Dr. Rigoberto Rosales Serna³

¹ Investigadores. Campo Experimental Zacatecas. INIFAP.

² Docente-Investigador. Universidad Autónoma de Zacatecas. Agronomía.

³ Investigador. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP.

SELECCIÓN DE MATERIALES PROMESA DE FRIJOL PARA EL ESTADO DE ZACATECAS

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y
Pecuarias
Progreso No. 5,
Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán,
C.P. 04010 México, D.F.
Teléfono (55) 3871-8700

ISBN: 978-607-37-0537-0

Primera edición: noviembre 2015

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

Cita correcta:

Ramírez-Cabral N.Y.Z., Sánchez G.R.A., Cabral E.M., Cruz B. R. K. y Rosales S. R. 2015. Selección de materiales promesa de frijol para el estado de Zacatecas. Folleto Técnico No. 65. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 41

Contenido

<i>Introducción</i>	1
<i>Importancia del frijol</i>	3
<i>Problemas de producción y comercialización.....</i>	5
<i>Principales zonas productoras en Zacatecas</i>	8
<i>Requerimientos de clima para el cultivo de frijol</i>	10
<i>Mejoramiento genético</i>	13
<i>Cosecha de agua.....</i>	14
<i>Producción de semilla</i>	16
<i>Opciones de industrialización y valor agregado.....</i>	17
<i>Metodología para la validación de los materiales promesa ..</i>	18
<i>Resultados de las evaluaciones de los materiales promesa...</i>	22
a) <i>Genotipos Pintos</i>	22
b) <i>Genotipos Negros.....</i>	26
c) <i>Genotipos Claros</i>	29
<i>Conclusiones y recomendaciones de las evaluaciones realizadas.....</i>	33
<i>Literatura citada.....</i>	36
<i>Anexo 1. Genotipos utilizados en la evaluación</i>	39

Introducción

Zacatecas aporta más del 30% de la producción nacional de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), aproximadamente, 80 mil productores dependen de la siembra de esta leguminosa. La tierra semidesértica de la región produce en promedio 400 mil toneladas de frijol al año, con una precipitación pluvial media de 300 mm al norte del Estado y 800 mm en la región de los Cañones, convirtiendo al estado en el productor de frijol más importante a nivel nacional. Sin embargo, Zacatecas presenta una alta siniestralidad debido a suelos pobres, baja adopción de tecnología, escasa precipitación, uso de semillas no mejoradas, entre otros factores.

El cultivo del frijol representa una actividad muy importante en el estado, cubriendo la cuarta parte de la producción agrícola; más del 80% se cultiva en condiciones de temporal con rendimientos promedios de 600 kg ha⁻¹. El estado cuenta con abundante diversidad genética de frijol, la cual se ha conservado debido a la variación en el gusto de los productores y consumidores de esta leguminosa. Algunas variedades criollas utilizadas son tardías y susceptibles a las enfermedades, lo cual reduce su rendimiento en años con heladas tempranas y de fuerte incidencia de patógenos causantes de antracnosis, roya y tizón común.

En la actualidad, una de las tareas del programa de mejoramiento genético de frijol del INIFAP es desarrollar líneas y variedades de mayor calidad agronómica y comercial. Estas nuevas variedades

superarían (en rendimiento y resistencia a factores bióticos y abióticos) a las semillas criollas comúnmente utilizadas por los agricultores. Es necesario evaluar estos nuevos materiales, que prometen mejor producción y calidad, en diferentes ambientes para conocer su grado de adaptación a diferentes terrenos y climas, además de determinar su potencial productivo y la aceptación por parte de los productores. Un ejemplo exitoso en la liberación de variedades por parte del INIFAP para el campo Mexicano es la variedad Pinto Saltillo, ampliamente utilizada en la región norte-centro.

El Consejo Estatal de Productores de Frijol y el Comité Estatal del Sistema Producto Frijol de Zacatecas ha demandado, continuamente, la liberación de variedades con buena calidad genética, y aceptadas comercialmente. Por lo tanto, es recomendable la evaluación en campo, en los principales municipios frijoleros de Zacatecas de los nuevos materiales de frijol negros, claros y pintos generados por el INIFAP para poder contribuir al incremento de la rentabilidad del cultivo y por ende mejorar las condiciones de vida de los agricultores dedicados al cultivo de esta leguminosa.

El objetivo principal de esta publicación es reportar datos de materiales promesa de frijol así como proporcionar algunas recomendaciones para mejorar el manejo del cultivo en campo. Además de explorar de manera muy general la producción de

semilla y el manejo de post-cosecha. Se recomienda ampliar sobre cada uno de los temas refiriéndose a la bibliografía citada en cada apartado.

Importancia del frijol

A nivel mundial, el frijol es una fuente importante de proteínas, principalmente, en países en desarrollo. En México, una enorme parte de la población de ingresos bajos y medios consume esta leguminosa, siendo un grano básico en la dieta del país y representando una fuente importante de ocupación e ingresos, como también autosuficiencia alimentaria para los hogares de los productores (Sánchez *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2010).

México se encuentra posicionado dentro de los principales productores de frijol a nivel mundial, prácticamente, toda su producción es para consumo doméstico llegando a presentar déficit en la balanza comercial, por lo que desde hace más de 20 años se ha tenido que recurrir al mercado internacional para cubrir la demanda interna de este producto (Ayala *et al.*, 2008).

En el país, en los últimos diez años se ha sembrado en promedio 1'733,501 hectáreas de frijol, de las cuales el 87.3% se siembran bajo condiciones de temporal (1'513,212 ha) y el 12.7% bajo condiciones de riego (220,289 ha) (SIAP, 2014). La región norte-centro del país es la principal zona productora de frijol, conformada por Zacatecas, Durango, Chihuahua y San Luis Potosí,

representando un gran porcentaje de superficie cosechada y producción; debido a su enorme importancia se siembra inclusive en regiones de bajo potencial productivo (García *et al.*, 2012).

En Zacatecas, entre los años 2004 a 2014, se ha sembrado un promedio del 37% (553, 839 ha) de la producción nacional de temporal con rendimientos de 540 kg ha^{-1} , muy similar a la media nacional. Zacatecas continúa siendo el principal productor de frijol, a pesar de los bajos rendimientos que se obtienen, ocupando el primer lugar en superficie sembrada y en producción en el año 2014, como se muestra en la Figura 1 (SIAP, 2014).

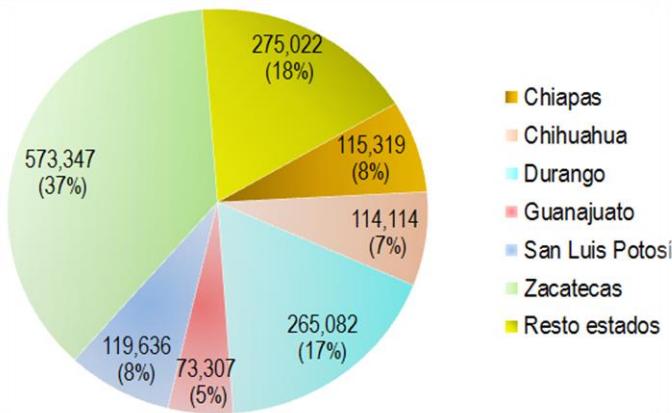


Figura 1. Superficie sembrada (ha) y porcentaje, de los seis principales estados productores de frijol y contribución del resto de los estados (SIAP, 2014).

Las principales variedades sembradas en el estado son Negro San Luis (NSL), Pinto Villa, Bayo, Flor de Mayo, Flor de Junio, Manzano, Canario, Pinto Saltillo; de éstas, solamente, Pinto Villa, Manzano y Pinto Saltillo fueron liberadas por el INIFAP. En comparación con las variedades criollas, las variedades mejoradas presentan: mayor resistencia a sequía, tolerancia a plagas y enfermedades, precocidad y grano de calidad comercial y culinaria (Galindo y Zandate, 2004).

Esta leguminosa, además ser fuente importante de proteínas y minerales, contiene fotoquímicos, que son compuestos que proporcionan beneficios a la salud humana. Entre los fotoquímicos se conocen a los oligosácaridos, taninos, antocianinas, ácido fítico, inhibidores de proteasas, lectinas, daidzeína y genisteína. El frijol también es una fuente importante de calcio, hierro, fósforo y zinc, así como de las vitaminas tiamina, niacina y ácido fólico. Se ha reportado que consumir 40 g de frijol todos los días es suficiente para recibir los beneficios de este alimento (Guzmán *et al.*, 2002; Figueroa *et al.*, 2011).

Problemas de producción y comercialización

Desde la siembra hasta la post-cosecha los productores de frijol deben preocuparse por diferentes problemas como: alto costo de insumos (fertilizantes, pesticidas, etc.), falta de tecnología adecuada, precipitaciones erráticas, presencia de heladas tempranas y tardías, ataque de plagas, enfermedades y malezas,

así como del bajo precio de su cosecha y deficiente comercialización. Además de esto, un alto porcentaje de las áreas donde se cultiva el frijol presentan suelos poco fértiles, erosionados, con poca profundidad y pendientes inclinadas que constituyen una limitante para el desarrollo del cultivo (Pérez y Galindo, 2003).

Respecto a la presencia de insectos, existen más de 60 especies asociadas al cultivo del frijol, sin embargo, no todas resultan ser plagas, pues además de estar presentes deben causar daños de importancia económica para ser consideradas como plagas. Los insectos de mayor importancia en el cultivo de frijol para el Altiplano Semiárido de México son: el minador del frijol (*Xenochalepus signaticollis*), la conchuela del frijol (*Epilachna varivestis*), la chicharrita (*Empoasca kraemerii*), el chapulín gordinflón (*Brachystola magna* y *B. mexicana*), el gusano occidental trozador (*Striacosta albicosta*), la gallina ciega (*Phyllophaga spp.*) y los gorgojos en el almacén. Para el manejo de las plagas es necesario identificarlas, luego conocer cuándo atacarlas, y así realizar las estrategias de combate y control para evitar que causen daños económicos (Mena y Velásquez, 2010).

La mayoría de las variedades de frijol usadas en Zacatecas son susceptibles a una o más enfermedades, las principales son: antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*), roya o chahuixtle (*Uromyces appendiculatus*), tizón de halo (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*), tizón común (*Xanthomonas axonopodis* pv.

phaseoli), pudriciones de la raíz (*Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Sclerotium*, *Macrophomina*) y los nematodos formadores de agalla (*Meloidogyne* y *Nacobbus aberrans*). En ocasiones se presenta la cenicilla, moho blanco o el virus del mosaico común (González et al., 1998; Mena y Velásquez, 2010).

Aunado a lo anterior, la mayoría de los productores usan como semilla los granos producidos por ellos en ciclos anteriores y no tienen acceso a materiales mejorados. Esto ocurre porque no se cuenta con un mercado establecido y reconocido por los productores para la venta de variedades mejoradas, como sucede con el maíz. El problema con las semillas criollas es que presentan un ciclo largo, son susceptibles a plagas y enfermedades, y tienen bajo potencial de rendimiento (Zandate y Galindo, 2006).

Además, una gran cantidad de productores carecen de condiciones que les permitan manejar aspectos de aseguramiento agrícola, crédito, organización y comercialización; lo que limita y condiciona el desarrollo, la productividad y rentabilidad de las unidades de producción. La contracción del mercado nacional, así como la falta de canales de distribución adecuados han provocado la disminución del ingreso de los productores de frijol, debido, entre otras cosas, a una disminución en su precio y las deficientes formas de mercadeo (Ayala et al., 2008).

Principales zonas productoras en Zacatecas

En Zacatecas, la principal zona productora de esta leguminosa se localiza en el noroeste de Zacatecas, y comprende los municipios de: Sombrerete, Río Grande, Miguel Auza, Juan Aldama, Saín Alto y Francisco R. Murguía; un promedio de los años 2007 al 2011, señala a esta región como la responsable del 81% del total de la producción del estado. Otras regiones productoras son la parte central y suroeste, comprendiendo los municipios de Fresnillo, Calera, Gral. Enrique Estrada, Guadalupe, Morelos, Pánuco, Veta Grande, Villa de Cos y Zacatecas, aportando el 12% de la producción total. Y, finalmente, la región sureste comprende a: Cuauhtémoc, Genaro Codina, Loreto, Luis Moya, Noria de Ángeles, Ojocaliente, Pánfilo Natera, Pinos, Villa García, Villa González Ortega y Villa Hidalgo con un 5% de la producción total promedio del estado. Ver Figura 2 (Galindo y Zandate, 2004; SIAP 2012).

Sin embargo, aun cuando éstas sean las regiones en donde se siembra el frijol; no significa que tengan buenos potenciales de producción para esta leguminosa. En el 2003, Medina y colaboradores elaboraron mapas de potencial productivo para diferentes cultivos, entre ellos determinaron el potencial productivo de Zacatecas para el cultivo de frijol en condiciones de temporal y riego, en la Figura 3 se muestra el potencial productivo, únicamente para condiciones de temporal. En el mapa, la zona productora se divide en potencial bajo (color rojo), medio (color amarillo) y alto (color verde). Este tipo de mapas conjuntan información climática,

de suelos y requerimientos agroecológicos del cultivo en estudio; además sirven para determinar el mejor sitio para el establecimiento del frijol.

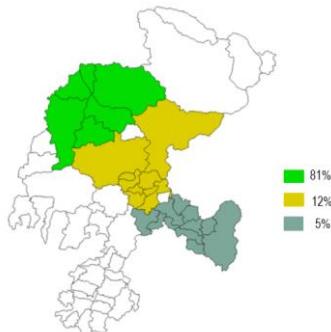


Figura 2. Promedio de aportación de frijol de las principales zonas productoras en el Estado.

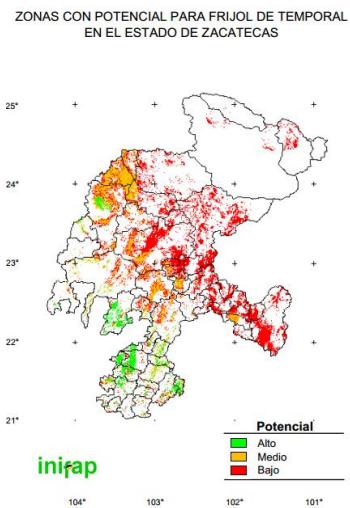


Figura 3. Mapa de potencial productivo de frijol en temporal para Zacatecas (Medina et al., 2003).

Por otro lado, sembrar en áreas no aptas representa un elevado costo ambiental y económico, ya que al existir una mayor diferencia entre los requerimientos del cultivo y las condiciones de la región, se debe invertir una mayor cantidad de energía, recursos y acciones para compensar esta diferencia. De igual manera, la producción agrícola enfrenta restricciones debidas a la presencia de heladas, que con excepción del sur de la entidad suelen presentarse desde principios de octubre a principios de abril. Este fenómeno reduce considerablemente la temporada óptima para la siembra y desarrollo de los cultivos, afectando en muchos casos la productividad de los mismos (Medina et al., 2003; SPFZ, Sin fecha).

Requerimientos de clima para el cultivo de frijol

En el cultivo de frijol, así como en otros organismos ectotermos, la disponibilidad de humedad, temperatura, fotoperiodo y sus interacciones, influyen en el crecimiento, desarrollo y duración del ciclo biológico del cultivo. En el ciclo biológico del frijol hay dos eventos de mayor importancia: el tiempo transcurrido de la siembra a la floración (días a floración) y el tiempo transcurrido de la siembra a la madurez fisiológica (días a madurez).

Los días a floración (DF) se definen como los días transcurridos desde la siembra y hasta cuando el 50% de las plantas en una parcela presentan al menos una flor abierta. Los días a la madurez fisiológica (DMF) se definen como los días transcurridos desde de la siembra y hasta cuando un 90% de las vainas, en 50% de las

plantas, pierden su pigmentación verde; con estas características fenológicas se calcula el número de días de llenado del grano (DLLG), con la resta de los DMF menos los DF (DLLG=DMF-DF). Se consideran variedades precoces a las que llegan a la madurez fisiológica en menos de 85 días y variedades tardías a las que llegan a madurez fisiológica en más de 90 días (Van Schoonhoven y Pastor-Corrales, 1987).

El frijol requiere de días cortos, los días largos tienden a retardar la floración y madurez, sin embargo, algunas variedades suelen ser indiferentes a la duración del día. En invernadero, no le afecta la duración del día, sin embargo, la luminosidad condiciona la fotosíntesis, tolerando temperaturas más elevadas cuanto mayor sea la luminosidad, siempre que la humedad relativa sea adecuada (Acosta y White, 1995; Masaya y White, 1991; Padilla *et al.*, 2009).

En cuanto a requerimientos de temperatura, algunos autores señalan que el rango óptimo de desarrollo es de 15° a 17°C, mientras que otros subrayan que es de 16 a 28°C. Las bajas temperaturas retardan el crecimiento y las altas lo aceleran. Este cultivo es susceptible al frío y no tolera temperaturas por debajo de los 0°C. Temperaturas extremosas de 5°C ó 40°C disminuyen la floración y ocasionan problemas de esterilidad. El follaje es poco vigoroso cuando la temperatura oscila entre 12 a 15°C, y por debajo de 15°C, la mayoría de los frutos quedan en forma de ganchillo. Temperaturas por encima de los 30°C provocan

deformaciones en las vainas y se produce el aborto de flores (Masaya y White 1991; White e Izquierdo, 1991; Padilla et al., 2009). En el Cuadro 1 se muestran las temperaturas descritas por Padilla y colaboradores (2009) en distintas fases de desarrollo del frijol.

La humedad relativa óptima durante la primera fase del cultivo es del 60% al 65%, posteriormente, oscila entre el 65% y el 75%. Altas humedades relativas favorecen el desarrollo de enfermedades en la parte aérea de la planta y dificultan la fecundación (Padilla et al., 2009).

Cuadro 1. Temperaturas críticas para el frijol en distintas fases de desarrollo (Padilla et al., 2009).

Temperatura	°C
Óptima del suelo	15 a 20
Óptima de germinación	20 a 30
Mínima de germinación	10
Óptima durante el día	21 a 28
Óptima durante la noche	16 a 18
Máxima biológica	35 a 37
Mínima biológica	10 a 14
Mínima letal	0 a 2
Óptima de polinización	15 a 25

En Zacatecas, el uso de variedades tardías incrementa el riesgo de pérdidas por la posibilidad de heladas tempranas que afectan al

cultivo, por lo que se recomienda la selección de variedades con ciclos cortos, precocidad en floración y madurez fisiológica (Rosales *et al.*, 2001; Padilla *et al.*, 2009).

Mejoramiento genético

El mejoramiento genético tiene como objetivo incrementar el rendimiento de los cultivos. Los procesos de evaluación de los genotipos se deben realizar en diferentes sitios y años, debido al efecto de la interacción genético-ambiental. En las primeras generaciones se seleccionan características de alta heredabilidad como la resistencia a enfermedades, el ciclo biológico y las características físicas del grano. La búsqueda de nuevo germoplasma comienza con las variedades y líneas mejoradas que ya se encuentran disponibles, posteriormente, se incluyen variedades criollas, finalmente, se considera la introducción de germoplasma de otros programas nacionales o extranjeros.

Otra alternativa es utilizar germoplasma silvestre como fuente para integrar características útiles, debido a que estas poblaciones contienen complejos genéticos adaptativos y genes de resistencia a plagas y fitopatógenos obtenidos por selección natural en respuesta a la presión constante de los agentes y factores adversos (Acosta *et al.*, 2000a).

En la región templada semiárida, como Zacatecas, debido al tipo de precipitación escasa e intermitente se busca que las variedades

mejoradas sean resistentes a sequía y de ciclo corto. Los genotipos de ciclo intermedio con plasticidad fenológica son una buena opción para estabilizar el rendimiento entre años y localidades sujetas a déficits intermitentes de humedad, pues permite la sincronización fenológica con los patrones de disponibilidad de agua así como la posibilidad de recuperación posterior a los déficits de humedad. La precocidad es otra característica importante, ya que permite el escape a la sequía y a las bajas temperaturas al final del ciclo biológico de la leguminosa. (Acosta y Adams, 1991; Rosales, 1997).

El INIFAP ha liberado una gran cantidad de variedades, aunque, gran parte de ellas nunca han sido explotadas en forma comercial. La obtención de variedades agronómicamente superiores, de reducido tiempo para la cocción y sabor agradable del grano son algunas de las características principales que utiliza el consumidor para definir sus preferencias (Castellanos *et al.*, 1997).

Cosecha de agua

La siembra de frijol de temporal en la región semiárida de México se realiza cuando se establecen las lluvias que, generalmente, ocurren a finales de junio. En caso de que el temporal se retrase, la fecha de siembra se puede prolongar hasta el 20 de julio; sin embargo, a medida que la siembra es más tardía, se incrementa el riesgo de daño por heladas al final del ciclo.

A nivel global han ocurrido cambios en la cantidad, intensidad, frecuencia y tipo de precipitación. La frecuencia de eventos de fuertes lluvias se ha incrementado en un gran número de áreas, incluso en aquellas donde se proyecta una disminución de lluvia (IPCC, 2007). En Zacatecas, en los últimos años los patrones de precipitación se han estado modificando y las fechas de las primeras lluvias se han presentado después de la fecha recomendada de siembra, aunado a esto la cantidad de lluvia cae en pocos eventos. Una alternativa para mitigar la sequía es emplear tecnologías que permitan cosechar el agua de lluvia para que se pueda aprovechar mejor por los cultivos. Algunas prácticas que se sugieren son el uso de implementos agrícolas como:

Aqueel: con este implemento se logra un corrugado del terreno el cual ayuda a cosechar y distribuir el agua de lluvia. En esta labor se utiliza un rodillo (aqueel) que se acopla a la parte trasera de la sembradora. El rodillo hace pequeños hoyos en el terreno de manera uniforme (Osuna *et al.*, 2011).

Pileteadora: el pileteo consiste en levantar bordos de aproximadamente 20 cm de alto a lo largo del surco, cada 2 ó 3 metros, para lo cual se utiliza un implemento llamado “pileteadora”. La finalidad es cosechar o retener el agua de lluvia en el suelo antes de que se escurra o se evapore y esté disponible para el cultivo durante más tiempo (Osuna *et al.*, 2011).

Producción de semilla

Se ha demostrado que la calidad de la semilla es importante para la obtención de una buena cosecha, sin embargo, la mayoría de los productores siembran el grano obtenido en sus terrenos durante la cosecha anterior. Otros productores la combinan con la que compran e intercambian con otros agricultores. Es necesario impulsar la adquisición periódica de semilla certificada, así como la producción por parte de los agricultores de grano para semilla. La procedencia y calidad de las semillas es importante para establecer las bases de una buena cosecha y reducir riesgos productivos (Fernández et al., 2007).

Se recomienda la producción de semilla en áreas semiáridas de clima seco y con disponibilidad de riego, relativamente libres de enfermedades, debido a que el cultivo de frijol es afectado por numerosos patógenos. Una semilla de frijol es de buena calidad, cuando presenta los siguientes factores: pureza varietal, (la semilla al sembrarse y reproducirse, transmite todas sus características, es decir: color, tamaño, forma, etc.), la pureza física (la semilla está libre de granos de maleza, materia inerte, semilla de otros cultivos y su apariencia es uniforme), la buena germinación (la semilla al sembrarse, tiene capacidad para germinar y producir bajo condiciones favorables plantas vigorosas) y libre de enfermedades (aproximadamente, 50% de las enfermedades más importantes que atacan al frijol, pueden ser transmitidas por medio de la semilla). Para producir semilla de frijol, de manera artesanal y buena

calidad, se debe de tener semilla varietalmente pura, un medio ambiente inadecuado para el desarrollo de patógenos y un lugar de siembra donde no se haya cultivado frijol en 12 meses (Acosta *et al.*, 2000a; Acosta *et al.*, 2000b; López *et al.*, 2001; Zandate y Galindo, 2006).

Opciones de industrialización y valor agregado

En México, la industria del frijol no está muy desarrollada, además el consumo ha disminuido en los últimos años, debido al cambio en preferencias de los consumidores por productos de mayor facilidad en preparación. La industrialización involucra todo el proceso de manejo de post-cosecha, que incluye la limpieza, pulido, empaque, cocción, procesamiento y enlatado. En el proceso de industrialización se contemplan únicamente: a) la industria beneficiadora, que tiene como objetivo darle una mejor presentación al producto en homogeneidad y limpieza, el producto no sufre modificaciones; b) la industria de la transformación, ésta se refiere al procesamiento del frijol deshidratado y enlatado en diversas presentaciones, generalmente, se usa el frijol que no reúne los requisitos del mercado en fresco; es decir, quebrado, manchado y/o viejo, con lo que se logra bajar el costo de la materia prima. Se estima que estas industrias tan sólo procesan un 5% de la producción nacional (Sánchez *et al.*, 2001).

En el año 2011, en el INIFAP Campo Experimental Zacatecas (CEZAC) se llevó a cabo, de manera experimental, la elaboración de

alimentos a base de frijol como: churros, totopos, panqué y barra nutritiva. Estos alimentos son altamente nutritivos, funcionales y no causan daño al organismo, pueden llegar a sustituir las tradicionales botanas (snacks) comerciales que, comúnmente, se consumen durante el día. Si se desea saber más sobre estos productos y su elaboración se puede consultar a Figueroa *et al.*, 2011.

Metodología para la validación de los materiales promesa

Las parcelas fueron establecidas en zonas productoras del Estado, en los municipios de Río Grande y Sombrerete, así como en el CEZAC, durante los años 2010 al 2012 (Figura 4).



Figura 4. Georreferenciación de las parcelas de temporal.

En el CEZAC se sembró en condiciones de temporal, punta de riego y riego, mientras que en Río Grande y Sombrerete sólo bajo

condiciones de temporal. La precipitación promedio durante los años de siembra de los meses de julio a septiembre fue: CEZAC de 192 mm, Río Grande de 252 mm y Sombrerete de 313 mm. Se sembraron un total de 18 materiales bajo las tres condiciones de humedad. Estos materiales fueron seleccionados, previamente, por el programa de mejoramiento del INIFAP entre el 2006 y 2008 con base en su rendimiento y calidad comercial. Los materiales promesa evaluados fueron: Pinto Bravo, Pinto Centenario, Pinto Coloso, Pinto Libertad, Pinto Centauro, Pinto Dorado, PT08018, PT08019, PT08013, Río Grande/NG Altiplano 4-3, NGO07012, NGO07020, NGO07022, FJ07011, FJ07012, FJ07013, FMB08030 y FMB08007. Estos materiales se caracterizan por tener ciclos más cortos, resistencia a enfermedades y por ser aceptados para comercialización en el mercado. Se incluyeron como materiales testigo: Negro San Luis (NSL) y Frijozac para los genotipos negros; Flor de Mayo Anita (FM Anita), Flor de Mayo Sol (FM Sol), Flor de Junio Marcela (FJ Marcela) para los genotipos claros, y Pinto Saltillo y Pinto Bayacora para los genotipos pintos.

Se fertilizó con la dosis 35-50-00 (nitrógeno-fósforo-potasio) aplicada al momento de la siembra y se utilizaron las recomendaciones emitidas por el INIFAP para el cultivo de frijol en Zacatecas (Medina *et al.*, 2003).

Para la evaluación de los genotipos se tomaron en cuenta el rendimiento de grano, el peso de 100 semillas, los días a madurez

fisiológica (calculados en unidades calor, UC, con temperatura base de 10°C), la presencia de enfermedades y el tiempo de cocción. Las características anteriores deben ser tomadas en cuenta para obtener genotipos con características agronómicas y de mercado sobresalientes.

Para calcular el rendimiento se cosecharon cinco muestras de dos surcos de 5 metros en las parcelas de cada variedad con un diseño completamente al azar. Además se pesaron 100 granos, elegidos al azar, en cada repetición para determinar su peso y con ello establecer el tamaño de grano. También se evaluaron las variables número de días a floración, número de días a madurez y reacción a enfermedades (Figura 5).



Figura 5. Cosecha y toma de datos de las parcelas experimentales.

Los análisis de cocción se realizaron por triplicado en el Laboratorio de Agroindustria del CEZAC mediante el método Mattson.

En el laboratorio de Enfermedades de Frijol de la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAA-UAZ), se analizaron muestras de semilla de 25 genotipos de frijol (cosecha temporal 2011) con la finalidad de determinar los microorganismos asociados en el grano. Se seleccionaron semillas con apariencia sana y semillas con aspecto anormal, para observar los daños externos a simple vista. También se realizaron muestreos en las parcelas de temporal para detectar las enfermedades presentes durante 2011 y 2012.

En los Cuadros 2, 4 y 6 se presentan los resultados de rendimiento de grano en kilogramos por hectárea (kg ha^{-1}), peso de 100 semillas en gramos (g), unidades calor (UC) a madurez fisiológica y tiempo de cocción en minutos (min) de los genotipos evaluados en las tres condiciones de humedad de frijoles pintos, negros y claros, respectivamente. En la figura 6 se puede observar la diferencia en maduración de los diferentes materiales de frijol.



Figura 6. Diferencia en maduración de los materiales de frijol.

Resultados de las evaluaciones de los materiales promesa

a) Genotipos Pintos

En condiciones de temporal, la variedad Pinto Centenario y la línea PT08018 superaron a Pinto Saltillo (665.7 kg ha^{-1}) con rendimientos de 963 y 1040 kilogramos por hectárea, respectivamente. Al comparar las unidades calor necesarias para llegar a la madurez fisiológica se observó que Pinto Centenario (670.65 UC) y PT08018 (670.65 UC) tienen un ciclo de producción similar a Pinto Saltillo (701.75 UC). Sin embargo, para el cocimiento de estos materiales se requieren de 10 a 11 minutos más que con el testigo Pinto Saltillo (Cuadro 2). En conclusión, tomando en cuenta las características agronómicas, Pinto Centenario y la línea

PT08018 son una buena alternativa para la producción de grano en condiciones de temporal.

En condiciones de punta de riego se obtuvieron rendimientos de 1251.3, 1074.7, 1042.4 y 1150 kilogramos por hectárea de Pinto Coloso, Pinto Libertad, PT08018 y PT08013, respectivamente, resultados que igualan o superan a Pinto Saltillo ($1072.4 \text{ kg ha}^{-1}$). La respuesta para madurez fisiológica, fue similar entre estos materiales y Pinto Saltillo (oscilando entre 670 a 701 UC). El tiempo de cocción para Pinto Coloso y PT08013 fue menor que para Pinto Saltillo (Cuadro 2).

En condiciones de riego los materiales evaluados PT08019 y Pinto Dorado superaron en rendimiento a Pinto Saltillo ($2556.1 \text{ kg ha}^{-1}$) con 2810.5 y 2583.3 kilogramos por hectárea, respectivamente. En cuanto a madurez fisiológica Pinto Dorado fue más precoz con 629.6 UC. Respecto a cocción del grano, Pinto Saltillo requiere de 78 minutos, mientras que PT08019 y Pinto Dorado necesitan 89 y 128 respectivamente. De acuerdo a las características agronómicas y sobre todo de cocción la línea PT08019 es una buena alternativa para la producción de grano en condiciones de riego (Cuadro 2).

En las tres condiciones donde se evaluaron los materiales, la línea PT08018 y la variedad Pinto Centenario sobresalieron por sus características agronómicas en temporal y punta de riego.

Todos los materiales de frijol pinto presentaron síntomas de antracnosis, de los tizones bacterianos y los que ocasiona *Alternaria* sp. La línea PT08013 y Pinto Bayacora mostraron síntomas de moho blanco y en los genotipos Pinto Bravo, Pinto Coloso y Pinto Libertad se observaron síntomas de virosis.

En el trabajo de laboratorio realizado en semillas, Pinto Libertad y Pinto Centauro fueron susceptibles a antracnosis. Para los tizones, más de la mitad dieron positivo a las pruebas realizadas exceptuando Pinto Coloso, Pinto Dorado, PT08019 y Pinto Saltillo. Pinto Bravo y Pinto Centenario dieron positivo para *Alternaria* sp. Mientras que para *Fusarium* únicamente Pinto Libertad y Pinto Bayacora dieron negativo en las pruebas (Cuadro 3).

Cuadro 2. Características agronómicas y tiempo de cocción de frijoles color pinto evaluados en diferentes condiciones de humedad en Zacatecas.

Genotipos	Temporal 2010-2012		Punta riego 2011-2012		Riego 2011-2012		Unidades calor MF	Tiempo cocción (min)
	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Peso 100 semillas (g)	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Peso 100 semillas (g)	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Peso 100 semillas (g)		
Pinto Bravo	843	35.8	968	35.3	2342	41.0	671	103
Pinto Centenario	963	35.3	888	33.5	2302	41.3	671	89
Pinto Coloso	818	35.8	1251	36.8	2219	46.3	702	70
Pinto Libertad	957	37.1	1075	36.5	2216	41.3	702	109
Pinto Centauro	948	34.9	885	30.3	2173	38.7	671	73
Pinto Dorado	759	29.4	945	32.8	2583	38.0	630	128
PT08018	1040	35.2	1042	32.8	2122	40.3	671	88
PT08019	804	30.3	923	31.5	2811	38.7	671	89
PT08013	660	32.5	1150	33.8	2380	40.7	687	77
Pinto Sallillo (T)*	666	25.2	1072	28.5	2556	34.0	702	78
Pinto Bayacora (T)*	379	31.5	886	34.5	2173	42.0	630	78

CEZAC, siembras bajo todas las condiciones de humedad durante todos los años

Sombrerete y Río Grande, siembras de temporal 2011 y 2012

(T)=genotipos usados como testigo

3. Enfermedades presentes en los genotipos de frijol pinto. Muestreos de campo y análisis de semilla.

Genotipos	Hojas, tallos y vainas (2011-2012)				Semillas (2011)			
	Antracnosis	Tizones	Alternaria	Moho Blanco	Antracnosis	Tizones	Fusarium	Rhizoctonia
Pinto Bravo	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗
Pinto Centenario	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗
Pinto Coloso	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗
Pinto Libertad	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗
Pinto Centauro	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Pinto Dorado	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗
PT08018	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗
PT08019	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗
PT08013	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗
Pinto Saltillo	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗
Pinto Bayacora	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗

En el 2012 en las parcelas del CEZAC se presentaron problemas de virosis en los materiales Pinto Bravo, Pinto Coloso y Pinto Libertad

Las pruebas en semillas de Pinto Bravo y Pinto Centenario dieron positivo a *Alternaria*

b) Genotipos Negros

En temporal, los materiales Río Grande/NG Altiplano 4-3, Negro San Luis y la línea NGO07012 superaron la media (668 kg ha^{-1}), con rendimientos de 696.7, 784.9 y 730.4 kilogramos por hectárea, respectivamente (Cuadro 4). Para madurez fisiológica, se observó que Río Grande/NG Altiplano 4-3 y NGO07012 se comportaron más precoces que NSL (801.5 UC), con 708.6 y 629 UC, respectivamente. En cocción del grano, el tiempo fue similar entre los tres materiales, de 66 a 73 minutos. Tomando en cuenta el rendimiento y la madurez fisiológica, los materiales Río Grande/NG Altiplano 4-3 y NGO07012 son una buena opción para su producción en temporal.

En la evaluación realizada con punta de riego, los materiales Río Grande/NG Altiplano 4-3, Negro San Luis y la línea NGO07020 mostraron los rendimientos más altos con 863.8, 958.8 y 798.7 kilogramos por hectárea, respectivamente, estos son mayores a la media que se obtuvo (751.9 kg ha^{-1}). Para madurez fisiológica NGO07020 fue el de menor requerimiento con 629.6 UC, sin embargo, para cocción de grano fue el de mayor tiempo con 105 min (Cuadro 4).

En condiciones de riego los materiales Río Grande/NG Altiplano 4-3, Frijozac y la línea NGO07012 superaron la media en rendimiento (2007 kg ha^{-1}) con 2114.0, 2147.4 y 2412.3 kilogramos por hectárea, respectivamente. Respecto a la madurez fisiológica la línea NGO07012 resultó ser la más precoz con 630 UC. Para cocción del grano, Frijozac requirió de mayor tiempo (100.7 min), comparado con el resto de los materiales (Cuadro 4). Según las características agronómicas y de cocción, nuevamente, Río Grande/NG Altiplano 4-3 y NGO07012 son una buena alternativa para la producción de grano en condiciones de riego.

De los materiales de frijol negro sobresalientes evaluados en las tres condiciones de humedad (temporal, punta de riego y riego) destacó Río Grande/NG Altiplano 4-3 siendo una buena opción de siembra, mientras que la línea NGO07012 se presenta como una alternativa para temporal y riego (Cuadro 4).

Cuadro 4. Características agronómicas y tiempo de cocción de frijoles color negro evaluados en diferentes condiciones de humedad en Zacatecas.

Genotipos	Temporal 2010-2012		Punta riego 2011-2012		Riego 2011-2012		Unidades calor a MF	Tiempo cocción (min)
	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Peso 100 semillas (g)	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Peso 100 semillas (g)	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Peso 100 semillas (g)		
Río Grande /NGA/ Altiplano								
43	697	22.5	864	28.3	2114	22.0	709	68
NG007012	730	15.7	503	18.0	2412	22.7	630	73
NG007020	540	16.7	799	16.3	1609	18.0	709	105
NG007022	540	15.9	743	21.3	1834	17.3	709	69
NSL (T)*	785	24.9	959	26.8	1926	30.3	801	67
Frijozac (T)*	645	18.8	644	22.0	2147	23.0	709	101

CEZAC, siembras bajo todas las condiciones de humedad durante todos los años

Sombrerete y Río Grande, siembras de temporal 2011 y 2012

(T)=genotipos usados como testigo

En los muestreos realizados para detectar enfermedades en campo en los años 2011 y 2012, todos los materiales negros presentaron síntomas de tizones. En el 2011 todos los genotipos mostraron síntomas ocasionados por *Alternaria* sp. En el análisis de semillas se registró antracnosis en los genotipos Río Grande/NG Altiplano 4-3, NGO07020 y NSL. Además, todos los materiales dieron positivo para los tizones bacterianos. La línea NGO07012 dio positivo para *Fusarium* y *Rhizoctonia* (Cuadro 5).

Cuadro 5. Enfermedades en los genotipos negros. Muestreos de campo y análisis de semilla.

Genotipos	Hojas, tallos y vainas (2011-2012)				Semillas (2011)			
	Antracnosis	Tizones	Alternaria	Moho Blanco	Antracnosis	Tizones	Fusarium	Rhizoctonia
RioGrande/NGAltiplano4-3	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗
NGO07012	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓
NGO07020	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗
NGO07022	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗
NSL	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗
Fríjozac	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗

c) Genotipos Claros

En el Cuadro 6 se presentan resultados para los genotipos claros. En la evaluación de temporal, los materiales FJ07011, FJ07012, FJ Marcela y FMB08007 superaron la media (706.4 kg ha^{-1}) con rendimiento de 718.4, 902.1, 711.4 y 715.3 kilogramos por hectárea, respectivamente. Se observaron comportamientos similares a madurez fisiológica, de 708.6 a 713.4 UC. En cuanto al tiempo de cocción del grano, las líneas FJ07011 y FJ07012 requirieron solamente 70.3 y 61 minutos, respectivamente,

mientras que FMB08007 registró el valor más alto con 93 min. Para las condiciones de temporal FJ07011 y FJ07012 poseen las mejores características de producción.

En los resultados reportados de punta de riego, los materiales que superaron la media de producción de grano (781.7 kg ha^{-1}) son: FJ07012, FMB08007 y FM Anita con 826, 866.1 y 985.5 kg ha^{-1} . Las UC requeridas para la madurez fisiológica, fueron muy similares para todos los frijoles claros. La línea FJ07012 necesitó menor tiempo para su cocción.

En condiciones de riego, los materiales que superaron la media (2083 kg ha^{-1}) fueron, FJ07012, FJ Marcela, FMB08007 y FM Sol, los rendimientos de grano oscilaron entre 2159 y 2379 kg ha^{-1} . Las unidades calor a madurez fueron similares entre los genotipos claros, fluctuando de 709 a 713. En tiempo de cocción de grano FJ07012 y FM Sol registraron el menor tiempo con 61 y 52.7 minutos, respectivamente. Tomando en cuenta las características agronómicas observadas por material, FJ07012 y FM Sol, son una buena alternativa para sembrar en condiciones de riego.

Los materiales FJ07012 y FMB08007 obtuvieron mayor rendimiento en la evaluación bajo las tres condiciones de humedad, sin embargo, este último tiene una larga duración en la cocción del grano (Cuadro 6).

Cuadro 6. Características agronómicas y tiempo de cocción de frijoles color claro evaluados en diferentes condiciones de humedad en Zacatecas.

Genotipos	Temporal 2010-2012		Punta riego 2011-2012		Riego 2011-2012		Unidades calor MF	Tiempo cocción (min)
	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Peso 100 semillas (g)	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Peso 100 semillas (g)	Rendimiento Kg ha ⁻¹	Peso 100 semillas (g)		
FJ07011	718	28.2	779	26.5	2022	33.7	709	70
FJ07012	902	25.7	826	28.8	2172	34.0	709	61
FJ07013	627	25.8	648	28.0	1724	33.7	713	55
FJ Marcela (T)*	711	25.7	740	27.5	2159	34.3	713	**SD
FMB08030	693	25.3	695	26.3	2162	29.7	709	92
FMB08007	715	26.8	866	29.5	2379	31.7	709	93
FM Sol (T)*	689	23.4	714	25.5	2276	30.0	709	53
FM Anita (T)*	596	23.5	986	25.8	1770	27.0	709	70

CEZAC, siembras bajo todas las condiciones de humedad durante todos los años

Sombrerete y Río Grande, siembras de temporal 2011 y 2012

*(T)=genotipos usados como testigo

**SD=Sin Dato. Esta prueba no se realizó en FJ Marcela

En el año 2011 todos los materiales de frijol claro evaluados presentaron síntomas ocasionados por *Alternaria* sp. Los tizones bacterianos se presentaron en los dos años en todos los materiales. En el 2011 sólo los genotipos FJ07013 y FM Anita no presentaron síntomas de antracnosis, pero sí de moho blanco. En las pruebas realizadas en semillas todos los materiales dieron positivo para tizones. Únicamente, FJ07012, FJ07013 y FJ Marcela no dieron positivo para *Fusarium*. FJ07013 dio negativo para antracnosis y FJ07011 positivo para *Rhizoctonia* (Cuadro 7).

Cuadro 7. Enfermedades en los genotipos claros. Muestreos de campo y análisis de semilla.

Genotipos	Hojas, tallos y vainas (2011-2012)				Semillas (2011)			
	Antracnosis	Tizones	<i>Alternaria</i>	Moho Blanco	Antracnosis	Tizones	<i>Fusarium</i>	<i>Rhizoctonia</i>
FJ07011	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓
FJ07012	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗
FJ07013	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
FJ Marcela	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗
FMB08030	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗
FMB08007	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗
FM Sol	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗
FM Anita	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗

Las enfermedades que se presentaron en campo, en los diferentes genotipos de frijol evaluados, fueron: tizón común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*); tizón de halo (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*); antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*); moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*); Manchas en hojas, tallos y vainas (*Alternaria* sp.) y Virus común del frijol. Patógenos asociados a la

semilla: *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Alternaria*, *Fusarium* y *Rhizoctonia*). En la Figura 7 se pueden observar algunas de las muestras con síntomas de daño.



Figura 7. Síntomas de diversas enfermedades en materiales de frijol, muestreos 2012.

Conclusiones y recomendaciones de las evaluaciones realizadas

Para las diferentes condiciones de humedad y los sitios en donde se establecieron los genotipos de frijol, se concluye que:

Los materiales de color pinto, Pinto Centenario y la línea PT08018 sobresalieron en características agronómicas y cocción de grano en

condiciones de temporal y punta de riego, mientras que en riego la línea PT08019 fue la que destacó.

En los materiales de color negro, Río Grande/NG Altiplano 4-3 sobresalió por sus características agronómicas en las tres condiciones de humedad y por el tiempo de cocción de grano. NGO07012 destacó solo en condiciones de temporal y riego.

Y en los materiales de color claro, las líneas FJ07012 y FMB08007 fueron las que comportaron mejor en las tres condiciones de humedad, solamente que esta última línea tiene una larga duración de cocción.

A pesar de que la precipitación en los años evaluados fue deficiente, los materiales que se evaluaron produjeron semilla, algunos con rendimientos modestos y la gran mayoría superando la media reportada para el estado.

Los muestreos de enfermedades en campo mostraron la presencia de éstas. En los análisis realizados en el laboratorio se determinó la susceptibilidad a diversos patógenos de los materiales evaluados. La razón de presentarse relativamente libres de enfermedades en campo, no implica que sean materiales resistentes, sino que no se dieron las condiciones requeridas para el desarrollo de la enfermedad. En los trabajos de laboratorio, los frijoles claros

resultaron ser más susceptibles al tizón común y de halo, seguidos por los pintos; mientras que los frijoles negros fueron más tolerantes a estas enfermedades. Tomando en cuenta esta información y con una investigación más a fondo se podrían obtener genes de resistencia de los frijoles negros contra estas enfermedades.

Para mitigar los cambios de clima que se han venido presentando, es conveniente la generación y liberación de nuevos materiales de frijol de ciclo corto y tolerantes a sequía.

La promoción y continuidad de proyectos integrales es importante, siendo un mecanismo para transferir a productores nuevas alternativas de granos a los que actualmente siembran, con mejores características agronómicas y comerciales.

Literatura citada

- Acosta G. J. A. y Adams M. W. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. *Journal of Agriculture Science* 117: 213–219.
- Acosta G. J. A., Ibarra P. F. J., Rosales S. R., Castillo R. A. y Fernández H. P. 2000a. Negro sahuatoba y negro altiplano, nuevas variedades de frijol para el altiplano de México. Folleto técnico No. 14. INIFAP-CEVAG. 14p.
- Acosta G. J. A., Rosales S. R., Navarrete M. R. y López S. E. 2000b. Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. Agric. Téc. Méx. 26: 79-98.
- Acosta G. J. A. y White, J. W. 1995. Phenological plasticity as an adaptation by common bean to rainfed environments. *Crop Sci.* 35:199–204.
- Ayala G. A. V., Schwentesius R. R., Gómez C. M. A. y Almaguer V. G. 2008. Competitividad del frijol mexicano frente al de Estados Unidos en un contexto de liberación comercial. Región y Sociedad. Vol. XX. No. 42.
- Castellanos R. J. Z., Guzmán M. S. H., Jiménez C., Mejía A., Muñoz R. J. J., Acosta G. J. A., Hoyos G., López S. E., González D., Salinas P. R. A., González A. J., Muñoz V. J. A. Fernández P. y Cázares B. 1997. Hábitos preferenciales de los consumidores de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. E Arch. Latinoamer. Nutr. 47:163–168.
- Fernández H., P., Ávila M., M.R. y R. Gutiérrez G. 2007. Tecnología para producir frijol en el estado de Chihuahua. Publicación Técnica Núm. 1. CESICH, CIRNOC, INIFAP, SAGARPA. Cd. Cuauhtémoc, Chih. 39 p.
- Figueroa, G. J. J., Guzmán, M. S. H., Herrera, H. M. G., García, C. M. A., Sánchez, T. B. I., Juárez, G. M., García, M. F. 2011. Producción de dos alimentos de la panificación preparados con harina compuesta de frijol, trigo y avena. Folleto Técnico No. 34. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, 36p.
- Galindo G.G y Zandate R. H. 2004. Caracterización de productores del noroeste de Zacatecas y el uso de variedades de frijol. INIFAP-CEZAC. Folleto técnico No. 13.
- García S. J. A., Rodríguez L. G., Borja B. M. y Guzmán S. E. 2012. Distribución espacial de la producción de frijol en función de las variedades demandadas por el consumidor. Año 4. No. 2. 85-99 p.
- González, M., Rodríguez, R., Zavala, M.E., Jacobo, J.L., Hernández, J.A., Martinez, O. y Simpson, J. 1998. Characterization of Mexican isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* by using differential cultivars and molecular markers. *Phytopathology* 88:292-299. 1998.

Guzmán, S., J. Acosta., M. Alvares., S. García y G. Loarca. 2002. Calidad alimentaria y potencial nutracéutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultura técnica en México, Julio- Diciembre, vol. 28, N°.002 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Texcoco, México, pp.159-173.

Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). 2007. Synthesis report of Climate Change. Valencia Spain. 52p.

López S.E., A.F.J. Ugalde, C.R. Contreras, y Barradas L.A. 2001. Producción artesanal de semilla de frijol en Veracruz, México. Agron. Mesoamericana 12(1):9-13

Masaya, P., y White J. W. 1991. Adaptation to photoperiod and temperature. In: Common Beans. Research for Crop Improvement. Van Schoonhoven A. and O. Voystest (eds.), CAB Int. CIAT, Colombia. pp: 445-500.

Medina G.G., Cabañas C. B., Ruiz C. A. J., Rubio D. S., Rumayor R. A., Luna F. M., Gallegos V. C., Gutiérrez S. R. y Bravo L. A. G. 2003. Potencial productivo de especies agrícolas en el estado de Zacatecas. INIFAP. CIRNOC- CEZAC. Libro técnico No. 2.

Mena C. J., y Velásquez V.R. 2010. Manejo integrado de plagas y enfermedades de frijol en Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico. No. 24.

Osuna C. E. S., Acosta G. J. A., Reyes M. L., Martínez G. M. A., Padilla R. S., Ventura R. E., González G. E. Cortés C. M. A., Garibaldi M. F. y Hernández R. I. 2011. Tecnología para incrementar la producción de frijol de temporal en el Altiplano Semiárido de México. Folleto para productores No. 44. CIRNOC-CEPAB. 42p.

Padilla V. I., Castillo T. N., Ramírez A. J. A., Armenta C. I., Cabrera C. F., Madrid M. C. y Ortiz E. J. E. 2009. Manual para la producción de frijol en el sur de Sonora. Folleto Técnico No. 69. Campo Experimental Valle del Yaqui-INIFAP. 122 p.

Pérez T. H. y Galindo G. G. 2003. Situación socioeconómica de los productores de frijol de temporal en Zacatecas. *TERRA Latinoamericana*. Vol. 21, Núm. 1. 137-147.

Rodríguez L. G., García S. J. A., Rebollar R. S y Cruz C. A. C. 2010. Preferencias del consumidor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México: factores y características que influyen en la decisión de compra diferenciada por tipo y variedad. Paradigma económico. Año 2, Núm. 1. 121-145 p.

Rosales S. R. 1997. Rendimiento de grano y adaptación del frijol común en condiciones variables de disponibilidad hídrica. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Mex., Mexico. 185 p.

Rosales S.R., Ochoa M. R. y Acosta G. J. A. 2001. Fenología y rendimiento de frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperíodo. Agrociencia. 35: 513-523.

Sánchez R.G., Martínez M. F. A. y López I. L. A. 2001. El frijol en México competitividad y oportunidades de desarrollo. FIRA. Boletín informativo. Núm. 316 Volumen XXXIII 9a. Época.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2012. Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://www.siap.gob.mx>.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://www.siap.gob.mx>.

SPFZ. Sin fecha. Estudio de caracterización de productores de frijol en Zacatecas. Sistema Producto Frijol en Zacatecas. 43 p. Consultado en línea: <http://sistemaproductofrijol.org/publicaciones/caracterizacion.pdf>. Julio 2012.

Van Schoonhoven, A. y Pastor-Corrales M.A. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Calí, Colombia.

White, J.W. e Izquierdo J. 1991. Physiology of yield potential and stress tolerance. Common beans. Research for crop improvement. C.A.B. Intl. U.K. and CIAT, Cali, Colombia. pp. 287-382.

Zandate H. R. y Galindo G. G. 2006. Guía para la producción artesanal de semilla de frijol. Folleto para productores No. 33. INIFAP-CEZAC. 30 p.

Anexo 1. Genotipos utilizados en la evaluación



PT08013



RioGde/N Altiplano 4.3



NGO07012



NGO07020



NGO07022



FJ07011



FJ07013



FJ07012



FMB08030



FMB08007



Pinto Saltillo



Pinto Bayacora



Negro San Luis



Frijozac



Flor de Junio Marcela



Flor de Mayo Sol



Flor de Mayo Anita



AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Zacatecas A.C.
Por el apoyo financiero al proyecto

“EVALUACIÓN DE MATERIALES PROMESA DE FRIJOLES NEGROS,
CLAROS Y PINTOS”

Del cual se desprende esta publicación

A todos los técnicos que apoyaron en la toma de datos
de las parcelas establecidas: Arturo Enríquez Carrera,
Daniel Enríquez Carrera, Iván Enríquez Carrera, Jesús
Barrera y Jorge Sandoval.

REVISIÓN TÉCNICA Y EDICIÓN

Manuel Reveles Hernández
Mayra Denise Herrera
INIFAP Zacatecas

Grupo Colegiado del CEZAC

Presidente: Dr. Jaime Mena Covarrubias
Secretario: Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez
Comisión Editorial y Vocal: Dr. Manuel de J. Flores Nájera
Vocal: Dr. Guillermo Medina García
Vocal: Dr. Luis Roberto Reveles Torres
Vocal: Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez
Vocal: M.C. Mayra Denise Herrera

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de noviembre de 2015 en la Imprenta Texere,
Calle Miguel Hidalgo No. 326-4,
C.P. 98000, Zacatecas, Zacatecas, México.
Tel. 01 (492) 899 65 35

Su tiraje constó de 300 ejemplares

DIRECTORIO

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez Director de Coord. y Vinculación

PERSONAL INVESTIGADOR

Dr.	Guillermo Medina García	Agrometeorología y Modelaje
MC.	Nadiezhda Ramírez Cabral*	Agrometeorología y Modelaje
Dr.	Manuel de Jesús Flores Nájera	Carne de Rumiantes
Dr.	Alfonso Serna Pérez	Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
Ing.	José Ángel Cid Ríos	Fríjol y Garbanzo
MC	Juan José Figueroa González	Fríjol y Garbanzo
MC.	Mayra Denise Herrera	Fríjol y Garbanzo
Dr.	Jorge A. Zegbe Domínguez	Frutales
MC	Valentín Melero Meraz	Frutales
Ing.	Manuel Reveles Hernández	Hortalizas
MC.	Miguel Servin Palestina	Ingeniería de Riego
Dra.	Raquel Cruz Bravo	Inocuidad de Alimentos
MC	Enrique Medina Martínez	Maíz
MC.	Francisco A. Rubio Aguirre	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr.	Ramón Gutiérrez Luna	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Ing.	Ricardo A. Sánchez Gutiérrez *	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr.	Luis Roberto Reveles Torres	Recursos Genéticos: Forestales, Agrícolas, Pecuarios y Microbianos
Dr.	Jaime Mena Covarrubias	Sanidad Forestal y Agrícola
Dr.	Rodolfo Velásquez Valle	Sanidad Forestal y Agrícola
MC.	Blanca I. Sánchez Toledano*	Socioeconomía

*Becados

WWW.INIFAP.GOB.MX

