



EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LÍNEAS DE FRIJOL COMÚN (*Phaseolus vulgaris* L.) PROMISORIOS PARA SIEMBRAS TEMPRANAS EN MELENA DEL SUR

Preliminary evaluation of promising lines of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for early sowings in Melena del Sur

Alexis Lamz Piedra^{1✉}, Regla M. Cárdenas Travieso¹,
Rodobaldo Ortiz Pérez¹, Lázaro Eladio Alfonzo²
y Annia Sandrino Himely³

ASBTRACT. Common bean in Cuba is part of the basic food of population but their yields are not sufficient for self-supply due to the varied conditions in which this legume is grown and poor of cultivars adapted to these environments. This study was conducted in areas of the farm “Santovenia”, located in the municipality “Melena del Sur”. The objective of this work was to evaluate the agronomic performance of 15 lines of common bean, introduced in the collection of Local Agricultural Innovation Project (PIAL, according its acronyms in Spanish) that develops at the National Institute of Agricultural Sciences (INCA). Sowing was done in the first half of September 2013, in a randomized block design and including the commercial cultivar Cuba Cueto 25-9N (CC 25-9N) as reference. It was observed that genotypes in general study showed significant differences in the days to flowering, days to harvest maturity, number of pods per plant and yield. The plant height and number of grains per pods do not allow discriminating between the lines. All lines showed a shorter life cycle than the commercial variety, this allows escaping from drought. The comprehensive analysis of the results allowed proposing to the lines MH 43-2, MEN 2202-16, MER PRO 0334-126 and 2222-48 as the best performing of group, so they can be introduced into the productive practice.

RESUMEN. El frijol común en Cuba forma parte de la alimentación básica de la población pero sus rendimientos no son suficientes para el autoabastecimiento debido entre otras cuestiones, a las variadas condiciones en que se cultiva esta leguminosa y la mala distribución de cultivares adaptados a esos ambientes. El presente estudio se realizó en áreas de la finca ‘Santovenia’, ubicada en el municipio ‘Melena del Sur’ con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de 15 líneas de frijol común, introducidas en la colección del Proyecto de Innovación Agropecuaria Local (PIAL) que se desarrolla en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La siembra se realizó en la primera quincena de septiembre de 2013, en un diseño de bloques al azar e incluyendo el cultivar comercial Cuba Cueto 25-9N (CC 25-9N) como referencia. Se observó que los genotipos en estudio mostraron en general diferencias significativas en cuanto a los días a la floración, días a la madures de cosecha, el número de vainas por plantas y rendimiento. La altura de la planta y número de granos por vainas no permiten discriminar entre las líneas. Todas las líneas mostraron un ciclo biológico más corto que el cultivar comercial lo que les permite escapar de la sequía. El análisis integral de los resultados, permitió proponer a las líneas MH 43-2, MEN 2202-16, PRO 0334-126 y MER 2222-48 como las de mejor comportamiento del grupo, por lo que pueden ser introducidas en la práctica productiva.

Key words: season, yield, genotypes, varieties

Palabras clave: época, genotipos, rendimiento, variedades

INTRODUCCIÓN

El fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa alimenticia más importante en el trópico de América Latina y África oriental y meridional; es cultivado generalmente por pequeños agricultores en estas regiones (1).

¹ Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700

² Universidad Agraria de la Habana

³ Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT)

✉ alamz@inca.edu.cu

Esta leguminosa constituye un plato fundamental en la dieta de los cubanos, donde de conjunto con el arroz (*Oryza sativa* L.) forma parte de la alimentación básica, particularmente los frijoles de grano negro que conforman la comida típica de la población. Sin embargo, el país ha estado importando unas 60 mil toneladas del grano por año para poder satisfacer la demanda del mercado, cifra que al precio promedio actual equivale a más de 52 millones de dólares, lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria de la población debido a la erogación de gran cantidad de divisas (2).

Debido al alto costo del frijol en el mercado y la alta demanda de este en la población, en Cuba se siguen estrategias para aumentar el rendimiento y reducir las importaciones, para lo cual, se han destinado grandes extensiones de tierras tanto en el sector estatal como en fincas de agricultores, seguido de la implementación de acciones con el fin de promover la producción de semillas, el mejoramiento de las variedades, entre otras.

A tal efecto, se hace necesario contar con variedades mejoradas o no, que contribuyan al aumento de estos rendimientos por su mejor adaptación a los diversos agroecosistemas en que se cultiva esta leguminosa (3), ya que generalmente este se desarrolla en ambientes con baja disponibilidad de insumos agroquímicos y energéticos, por lo que los frijoles producidos por los agricultores son más vulnerables al estrés causado por factores bióticos y abióticos.

En Cuba, para el cultivo del frijol se ha informado como época de siembra el periodo comprendido entre los meses de septiembre y enero, dentro de este período, se consideran como siembras tempranas las enmarcadas en el mes de septiembre que (4), generalmente es empleada por los agricultores que no tienen sistemas de riego, los que aprovechan la humedad residual proporcionada por las últimas precipitaciones del periodo lluvioso. En estas condiciones de cultivo, frecuentemente, al final del ciclo de vida de algunas variedades, ocurren periodos secos que influyen negativamente en el rendimiento. Ello está dado porque se disponen de variedades adaptadas a los sistemas de cultivo bajo riego pero no se dispone de material genético de frijol que esté identificado por su nivel de tolerancia al estrés hídrico (5).

El municipio Melena del Sur, ubicado en la provincia Mayabeque, constituye un territorio de gran importancia en el país no solo por su historia y desarrollo socioeconómico; en particular, por la producción agropecuaria (6). La diversidad de cultivos que en el municipio se desarrollan apoyan a la alimentación de la población capitalina, lo que hace necesario el fortalecimiento de la producción agrícola con alternativas de fácil acceso a los productores, siendo la introducción de nuevos cultivares de frijol, que reúnan cualidades deseables para las condiciones del territorio, una variante que reviste gran importancia para elevar los rendimientos de esta leguminosa.

Para ello, es indispensable un estudio minucioso del germoplasma disponible, a fin de recomendar para la producción, aquellas que posean, además de una buena respuesta ante las enfermedades, una adecuada respuesta productiva.

Por lo antes expuesto, el objetivo del presente trabajo fue: evaluar la respuesta agronómica de diferentes líneas avanzadas de frijol en condiciones de siembra temprana en el municipio Melena del Sur.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL VEGETAL

El material vegetal de la investigación consistió en 15 líneas avanzadas de color de grano negro, procedentes de la Escuela Agrícola de Zamorano, además, se utilizó e cultivar comercial Cuba Cueto 25-9N (CC 25-9N) que empleaba el productor propietario de la finca donde se desarrollaron los experimentos (Tabla I).

Tabla I. Líneas avanzadas pertenecientes a un Ecológico de Adaptación y Rendimiento (ECAR) de color de grano negro empleadas en el estudio

No	Línea o cultivar	Procedencia
1	PRO 0334- 126	PIF
2	MH 43- 2	PIF
3	MEN 2202- 16	PIF
4	MER 2222- 48	PIF
5	BCN 20- 05- 73	PIF
6	MH 59- 3	PIF
7	XRAV 68- 1	PIF
8	RBF 14- 54	PIF
9	RBF 14- 34	PIF
10	XRAV 187- 3	PIF
11	X02 33- 153	PIF
12	RBF 11- 60	PIF
13	X02 33- 147- 2	PIF
14	X02 33- 159- 2	PIF
15	DOR 390 (TU)	PIF
16	Cuba Cueto 25-9N	IIGranos

PIF (Programa de investigación del frijol en Honduras), IIGranos, Instituto de investigaciones de granos

Estas líneas entraron a Cuba a través del Proyecto de Innovación Agropecuaria Local (PIAL) liderado por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), para ser evaluadas en condiciones locales y posteriormente liberadas para contribuir al fortalecimiento de los sistemas de producción agrícola del contexto cubano actual.

UBICACIÓN Y PERÍODO DE EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se desarrolló en el período comprendido de septiembre a diciembre de 2013, en la finca 'Santovenia', ubicada en el municipio Melena del Sur, de la provincia Mayabeque. El suelo de la finca se clasificó como un Ferralítico Rojo típico, según la Versión de Clasificación de los Suelos de Cuba (7).

DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO Y MANEJO AGRONÓMICO

La preparación del suelo se hizo con tracción animal, la fertilización y demás labores culturales del área se realizó según lo establecido en la guía técnica para la producción del cultivo del frijol (4).

La siembra se hizo en parcelas de 7,2 m² con cuatro hileras (surcos) separadas a una distancia de 0,60 m y una distancia entre plantas de 0,10 m para una densidad de siembra de 16666 plantas por hectárea. Antes de la siembra, a la semilla se les aplicó Azofert® y fueron peletizadas con Ecomic® a razón de 200 mL ha⁻¹ y 5 kg ha⁻¹ respectivamente. La distribución de ambos productos fue manualmente.

Durante el desarrollo del experimento no se aplicó riego y se aprovechó la humedad que dejó la precipitación de un día anterior para la siembra. Se tuvo en cuenta el comportamiento histórico de las variables climáticas temperatura media, máxima y mínima y las precipitaciones en el municipio en el territorio (8) (Figura).

VARIABLES EXPERIMENTALES

Las variables evaluadas en el campo fueron, morfológicas y fenológicas: altura de la planta (AP), los días a la floración (DF), días para la madurez de cosecha (DMC). En el momento de la cosecha, las variables del rendimiento y sus componentes: número de vainas por plantas (NVP), número de granos por vaina (NGV) y rendimiento (Rend.) en kg ha⁻¹ al 14 % de humedad, según lo establecido por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) para el cultivo del frijol (9).

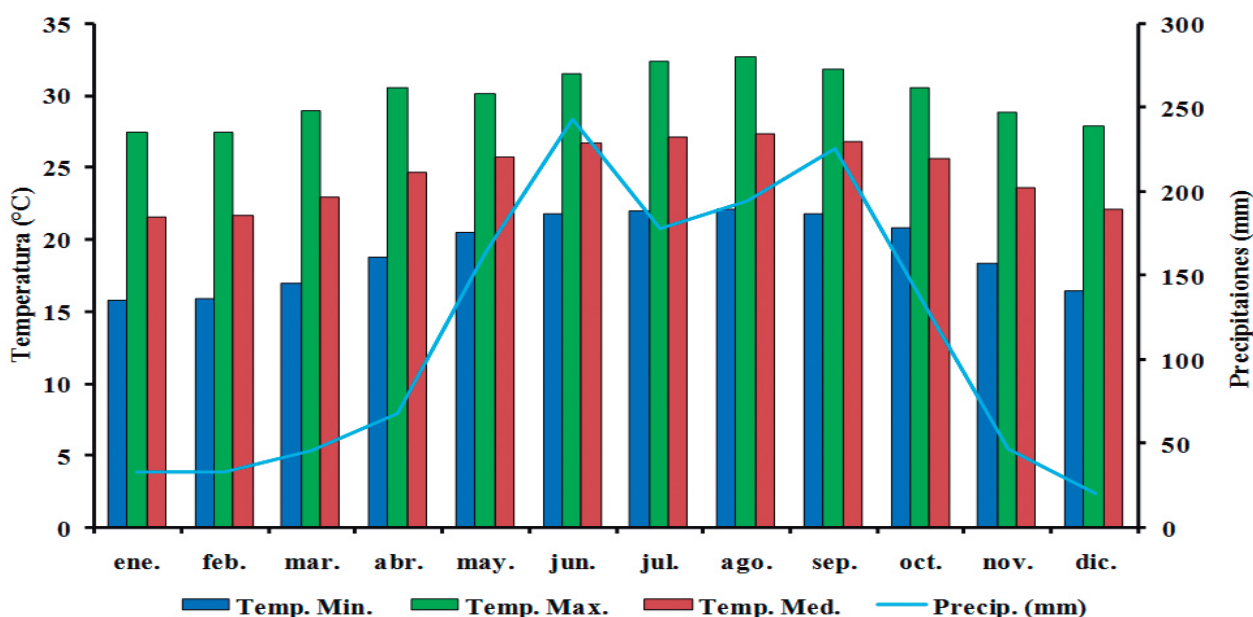
ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres réplicas. Para el análisis estadísticos, luego de comprobar los supuestos teóricos de normalidad y homogeneidad de la varianza, se utilizó el software SPSS/PC + ver. 19.0 (10), con análisis de varianza de clasificación doble para cada variable evaluada y para verificar las diferencias significativas entre tratamientos (líneas) una prueba de rangos múltiples de Tukey para $p \leq 0,05$ (11).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESPUESTA DE LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS Y FENOLÓGICAS

En la Tabla II se muestra el comportamiento de las variables evaluadas durante el desarrollo del cultivo de las 15 líneas así como el cultivar comercial CC 25-9 N en condiciones de época temprana bajo humedad residual.



Fuente: climate-data.org

Figura. Comportamiento histórico de las variables climáticas (temperatura y precipitaciones) en el municipio Melena del Sur, Mayabeque

Tabla II. Variables evaluadas durante el desarrollo del cultivo

Líneas	DF	DMC	AP (cm)
PRO 0334- 126	35,33 c	78,00 a	42,00
MH 43- 2	35,67 c	76,00 a	28,33
MEN 2202- 16	38,33 bc	79,33 ab	52,67
MER 2222- 48	38,67 bc	77,67 a	32,33
BCN 20- 05- 73	42,0 ab	78,00 a	31,67
MH 59- 3	37,67 bc	76,33 a	35,33
XRAV 68- 1	37,00 c	77,33 a	29,67
RBF 14- 54	35,33 c	78,00 a	29,33
RBF 14- 34	35,00 c	77,00 a	26,00
XRAV 187- 3	35,67 c	77,00 a	26,67
X02 33- 153	38,33 bc	77,33 a	35,33
RBF 11- 60	37,67c	77,00 a	25,67
X02 33- 147- 2	37,00 c	77,33 a	31,00
X02 33- 159- 2	35,33 c	77,33 a	39,00
DOR 390 (TU)	37,33 bc	78,67 ab	42,67
CC-25 - 9N	44,67 a	83,00 b	40,67
DE	2,87	2,02	1,66
CV (%)	7,65	2,6	33,26
P	0,0001***	0,0029**	0,16 ^{ns}

AP (Altura de la planta), DF (Días a la floración), DMC (Días a la madurez de cosecha), DE (Desviación estándar), CV (Coeficiente de variación), p (Probabilidad para $p \leq 0,05$), ^{ns} (No significativo), *** (significativo al $p \leq 0,001$), ** (significativo al $p \leq 0,01$) *** (significativo al $p \leq 0,001$) ***

Los días a la floración en los genotipos evaluados mostraron diferencias significativas en el ANOVA. Esta variable osciló entre 35 y 45 días para alcanzar el 50 % de las plantas observadas con al menos una flor completamente abierta (9). La línea que menos días demoró en llegar a la floración fue RBF14-34 que manifestó 35 DF.

Resulta importante destacar, que excepto la línea BCN 20-05-73, todas las líneas evaluadas, mostraron diferencias altamente significativas ($p = 0,0001$) con el cultivar comercial CC 25-9 N que necesitó, en las condiciones agroclimáticas en que fueron evaluadas, 44,6 días para alcanzar el 50 % de las plantas florecidas.

La floración es un elemento de gran ayuda para el manejo agronómico en los cultivos. Algunos autores refieren que los días a floración es un factor de consideración en el proceso de fitomejoramiento de los cultivares ya que es necesario buscar la sincronía entre los progenitores (12). Por otro lado, otros autores refieren tener en cuenta esta variable en los momentos de realizar aplicaciones de algunos fertilizantes y otros productos para controlar la aparición de plagas (13), ya que estos pueden causar un efecto perjudicial a las flores y afectar consigo el rendimiento, por lo que se hace necesaria su evaluación en los diferentes cultivares que se proponen para los diferentes sistemas agrícolas.

El tiempo a la floración se puede afectar gravemente por el largo del día y la temperatura; aumentando los días a la floración con temperaturas bajas y días cortos, esto puede implicar cambios en el comportamiento de los materiales de acuerdo a zonas y épocas de siembra (14). Así, ha sido informado diferencias en el ciclo biológico de diferentes cultivares al ser sembradas en diferentes épocas de siembra, estando ello relacionado con la tolerancia a altas temperaturas (15).

Al evaluar los días a la cosecha se estableció diferencias altamente significativas ($p = 0,0029$) entre los genotipos evaluados y el cultivar comercial CC 25-9N con la excepción de las líneas MEN 2202-16 y DOR-390 (TU) que no difieren de esta (Tabla II). Los valores variaron entre 76 y 83 días después de la siembra en suelo húmedo.

Se detectó que todas las líneas evaluadas necesitaron menos días (6-7 días) que el cultivar comercial CC 25-9N para llegar al 50 % de las plantas observadas con un 90 % de defoliación según establece el CIAT para la evaluación de este carácter (9), lo que indica que estas líneas pudieran ser útiles por presentar el ciclo más corto como mecanismo de evasión a los estreses medioambientales que pueden persistir en cada ambiente de cultivo (16). Al respecto, ha sido definido el escape a la sequía, como la habilidad de los cultivos para completar su ciclo de vida antes de un déficit grave de agua en el suelo y el desarrollo del cultivo. Este mecanismo involucra desarrollo fenológico rápido (floración y maduración temprana), plasticidad ambiental (variación en la duración del periodo de crecimiento en función del grado de déficit de agua) y movilización de fotosintatos al grano (17).

La precocidad, es una de las características más apreciada por los agricultores cubanos, ya que al utilizar variedades de menos días a la madures de cosecha se puede sembrar en la misma campaña dos ciclos del cultivo y en algunas ocasiones tres ciclos. Además, para la siembra de época temprana, donde se aprovecha la humedad residual proporcionada por las precipitaciones como principal recurso para el riego, es necesario que las variedades no manifiesten un ciclo de maduración tardío, de manera que los momentos más críticos, refiriéndose a la necesidad de agua, estén enmarcados dentro del período lluvioso, lo que les permitirán el aprovechamiento de la humedad proporcionada por las precipitaciones.

Resulta importante destacar que en estas condiciones agroclimáticas el cultivar comercial CC 25-9N presentó un ciclo más corto (83 días después de la siembra en suelo húmedo) que lo informado en la guía técnica para la producción del cultivo del frijol en Cuba (13). Esta respuesta puede estar relacionada con el comportamiento de las variables climáticas que persistieron en el período en que se desarrolló el experimento (8).

Varios autores han informado la incidencia del clima en el desempeño de la fenología de las diferentes variedades (14,18). Al respecto, se ha planteado que el ciclo biológico del frijol común cambia según el genotipo y los factores del clima, pudiendo presentar una duración aproximada de 75-120 días (19).

Ha sido informada la influencia de las bajas temperaturas en la duración de las fases fenológicas, alargándose el ciclo vegetativo del cultivo, donde se ha detectado variaciones entre 66 y los 80 días para alcanzar la madures de cosecha (18). Así mismo, se ha informado que las temperaturas medias por encima del umbral de máxima para el frijol provocan el acortamiento del ciclo biológico de las diferentes variedades (15).

Se consideran que las temperaturas óptimas para el cultivo del frijol son de 18 a 24°C (20); sin embargo, las temperaturas medias y máximas históricas informadas para los meses de septiembre y octubre (medias 27 y 26 °C y máximas y 32 y 31 °C respectivamente) (8), en el territorio donde se desarrolló este experimento, son ligeramente superiores a las óptimas requeridas para el cultivo, lo que pudo haber influido en el acortamiento del ciclo biológico del cultivar CC 25-9N (Figura).

En la Tabla II, se presentan los valores medios obtenidos para cada una de las líneas estudiadas al evaluar la altura de la planta (AP) en cm de una muestra de 20 plantas. En el ANOVA aplicado a esta variable se detectó que no hubo diferencias significativas ($p=0,16$) entre el material genético evaluado. Sin embargo, esta variable osciló entre 25,67 y 52,67 cm para los genotipos RBF 11-60 y MEN 2202-16, respectivamente.

Cabe destacar que la expresión fenotípica de estos caracteres puede estar determinada por las variaciones ambientales donde se desarrolle el cultivo (21).

Las diferencias de altura de la planta o longitud del tallo de cada uno de los genotipos estudiados pueden deberse a las diferencias en la longitud entre los entrenudos de cada cultivar, lo cual puede estar determinado por las características genéticas, así como por el efecto que ejerce el ambiente sobre la expresión de este carácter en cada uno de los cultivares (16).

Por otro lado, el no detectarse diferencias en la altura de las plantas entre las diferentes líneas y el cultivar CC 25-9 N, puede estar dado a la falta de diversidad genética entre ellos para este carácter, por lo que se tendría que seguir investigando las líneas evaluadas a través de otros caracteres morfo-agronómicos, bioquímicos y moleculares para analizar la variabilidad existente, debido a que se hace necesario tener diversidad en las fincas para disminuir la vulnerabilidad biológica (22).

RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

En la Tabla III se puede observar las variables del rendimiento y sus componentes evaluados en las 15 líneas y el cultivar CC-25-9 N. En la variable número de vainas por plantas en los genotipos estudiados, de forma general, hubo variaciones estadísticas en el material genético evaluado. En el ANOVA, se observó que las líneas evaluadas no difieren estadísticamente entre ellas, a su vez, todas las líneas mostraron diferencias estadísticas respecto al cultivar CC 25-9N, indicando una mayor adaptación de estas líneas a las condiciones de siembra temprana bajo humedad residual, donde son imperantes las altas temperaturas y la alta pluviometría durante el desarrollo del cultivo (Figura).

Tabla III. Variables evaluadas del rendimiento y sus componentes en genotipos de frijol en condiciones de época temprana

GENOTIPOS	NVP	NGV	Rend. (kg ha ⁻¹)
PRO 0334-126	9,33 abc	5,33	1284 bcd
MH 43-2	9,33 abc	5,33	1302 bcd
MEN 2202-16	8,63 abc	5,37	1344 cd
MER 2222-48	8,87 abc	5,33	1491 d
BCN 20-05	8,27 abc	5	521 a
MH 59-3	7,7 abc	4,67	783 abcd
XRAV 68-1	10,63 bc	5	1082 abcd
RBF 14-54	10,77 bc	4,33	536 a
RBF 14-34	10,47 bc	4,33	565 ab
XRAV 187-3	8,23 abc	5,33	864 abcd
X02-33-153	6,63 abc	5	644 abc
RBF 11-60	11,37 c	5	735 abc
X02-33-147-2	6,93 abc	5,67	935 abcd
X02-33-159-2	10,33 abc	5	795 abcd
DOR-390 (TU)	6,90 abc	6	1048 abcd
CC 25-9-N	5,90 a	5,67	763 abcd
DE	2,04	1,08	363
CV (%)	23,25	20,78	40,7
P	0,0008***	0,94ns	0,0005***

NVP (número de vainas por planta), NGV (número de granos por vainas), Rend. (Rendimiento)

DE (Desviación estándar), CV (Coeficiente de variación), p (Probabilidad para $p \leq 0,05$), ns (No significativo), *** (significativo al $p \leq 0,001$), ** (significativo al $p \leq 0,01$)

Los valores del NVP oscilaron entre 5,9 para el cultivar comercial CC 25-9 N, con el menor número de vainas producidas por plantas y 11,37 para la línea RBF 11-60 que obtuvo el mayor valor de esta variable.

Este resultado muestra el mejor comportamiento de estas líneas, que superan el cultivar que tiene el agricultor (CC 25-9N) en las condiciones agroclimáticas de siembra temprana.

Ha sido informado que el número de vainas por planta puede estar determinado en gran medida por las características propias de cada cultivar; sin embargo, el efecto de factores ambientales sobre los mismos es un aspecto importante a tener en cuenta por las variaciones que puede crear en este carácter. Varios autores opinan que el número de vainas por plantas está fuertemente relacionado con las características genéticas de la planta, y que estas pueden sufrir afectaciones motivado por las diferencias climáticas de un ambiente con respecto al otro (21). Estos mismos autores plantean que los patrones del comportamiento de la variable vainas por planta difieren significativamente entre genotipos con distintas arquitecturas de plantas y hábitos de crecimiento en dependencia del efecto del ambiente.

Sobre el NVP influyen varios factores que se catalogan de orden reproductivo y pueden variar según las condiciones ambientales. Se ha informado que las temperaturas altas incrementan la producción de yemas y flores, pero también la abscisión de botones florales, flores y vainas (18), esto puede ser uno de los aspectos que influyeron en que el cultivar CC 25-9N produjera menos vainas en condiciones de siembras tempranas, así, las líneas en estudio, resultaron más adaptadas a las condiciones climáticas para esa época de siembra.

En el comportamiento del número de granos por vainas de los 16 genotipos evaluados bajo condiciones de siembras tempranas, se puede apreciar que no hubo diferencias significativas ($p = 0,94$) para esta variable al igual que en la altura de la planta, lo que puede ser indicativo de poca variabilidad entre los genotipos estudiados para este carácter.

Los valores para esta variable oscilaron entre 4,33 y 6 granos por vainas, valores que correspondieron a las líneas RBF14-54 y DOR-390(TU), respectivamente. Solamente la línea DOR-390(TU) superó numéricamente al cultivar comercial CC 25-9N el que presentó 5,67 granos por vainas.

Los valores obtenidos están acorde a los reportados anteriormente por otros autores. En este sentido, en investigaciones para la caracterización de 24 líneas de frijol común en el Centro Experimental 'La Compañía', Carazo, Nicaragua, obtuvieron valores de entre 4 a 6 granos por vainas (23).

En el cultivo del frijol, desarrollado en condiciones ambientales adversas, se puede afectar el desarrollo de las vainas y por consiguiente provocar malformaciones y afectarse el desarrollo del grano teniendo como consecuencia lo conocido en la literatura como vainas vanas.

Esto puede ser influenciado por la aparición de enfermedades, sobre todo, fungosas y bacterianas que persisten en periodos donde se combinan altas temperaturas, alta humedad relativa y alta pluviometría (24), condiciones que coinciden con los registros históricos de las variables climáticas del periodo en que se desarrolló este experimento (Figura) (8).

En la Tabla III, se presenta el rendimiento medio de las 15 líneas y el cultivar CC 25-9N evaluados en condiciones de siembra temprana. Esta variable mostró diferencias significativas entre los diferentes genotipos evaluados. Los valores oscilaron entre 521 y 1491 kg ha⁻¹. La línea MER 2222-48 manifestó el mejor rendimiento y difirió estadísticamente de las líneas BCN 20-05, RBF 14-54, RBF 14-34, X02-33-153 y RBF 11-60 que no superaron los 750 kg ha⁻¹.

Por otro lado, el cultivar comercial CC 25-9 N manifestó un rendimiento de 763 kg ha⁻¹, inferior a la media nacional, tanto para el sistema agrícola estatal (900 kg ha⁻¹), como para el sistema no estatal (1100 kg ha⁻¹) según informa la Oficina Nacional de Estadísticas (25), lo que indica que no es idóneo su siembra en las condiciones agroclimáticas en que se desarrolló este experimento.

Las líneas MH 43-2, MEN 2202-16, PRO 0334-126 y MER 2222-48 mostraron un rendimiento superior a 1100 kg ha⁻¹, superior la media nacional para los sistemas agrícolas no estatales (25), esto puede estar determinado por la capacidad de adaptación a las condiciones de alta pluviometría y temperaturas superiores a la óptima requerida por el desarrollo del frijol (20). Estas deben ser evaluadas en otros sistemas agrícolas para determinar la estabilidad de su rendimiento, así como validarlas en los diferentes ambientes del territorio nacional.

Una de las limitantes del rendimiento en las leguminosas de grano es la pérdida de las flores de alrededor de 70 a 80 % como botones cerrados y frutos que caen prematuramente y solo una pequeña parte llega a fruto maduro. Según estos resultados, la variabilidad del rendimiento nos sugiere que este carácter estaría muy influenciado por el ambiente, reportándose rendimientos que varían en promedio de 0,3 a 3 t ha⁻¹. Esto sería por la pérdida de flores, que es un rasgo general de los frijoles (26), lo que puede estar influenciado por las altas temperaturas, siendo esta una condición imperante en las siembras tempranas en Cuba.

Las diferencias en el rendimiento también están determinadas por el comportamiento de los componentes que lo conforman. En este caso, se detectó diferencias significativas en el número de vainas que es uno de los principales componentes del rendimiento (27).

Así mismo, a pesar que fue objeto de estudio en esta investigación, las diferencias en el rendimiento también pueden ser el resultado de las diferentes combinaciones de las características del grano ya que ha sido informado variación biológica entre variedades en cuanto a características morfológicas relacionadas con el tamaño y el peso de los mismos. En algunas investigaciones estos caracteres han corroborado la variabilidad entre variedades criollas intra e inter especies de frijol. Generalmente, los caracteres morfológicos de la semilla corresponden a amplias zonas geográficas siendo de gran importancia ya proporcionan información acerca del acervo genético existente (28).

Estas variables son ampliamente empleadas para la caracterización de genotipos de frijol y tienen suma importancia por estar relacionados con el rendimiento y los gustos culinarios (27).

CONCLUSIONES

Las líneas MH 43-2, MEN 2202-16, PRO 0334-126 y MER 2222-48 se pueden incorporar a la práctica productiva, sobre todo en aquellas fincas que no tengan sistemas para el riego de los cultivos, que tengan que aprovechar la humedad que dejan las precipitaciones al final del período lluvioso. Estas líneas se caracterizan por presentar DF entre 35 y 38 días después de la siembra en suelo húmedo (intermedios a tardíos); días a la madures de cosecha entre 76 y 79 DDS, menores que los del cultivar CC 25-9N que siembra el agricultor dueño de la finca donde se desarrolló el experimento, lo que les permite escapar de los períodos secos y del ataque de enfermedades. Además, expresaron rendimientos superiores a la media nacional para el sector agrícola no estatal (1100 kg ha⁻¹).

BIBLIOGRAFÍA

1. Beebe SE, Rao IM, Cajiao C, Grajales M. Selection for Drought Resistance in Common Bean Also Improves Yield in Phosphorus Limited and Favorable Environments. *Crop Science*. 2008;48(2):582–92. doi:10.2135/cropsci2007.07.0404
2. BCC (Banco Central de Cuba). Alimentos. Información Económica [Internet]. 2014 [cited 2014 Aug 4];9(34). Available from: <http://www.bc.gob.cu/Anteriores/InfoBCC/2014/Informacion%20Economica%20No.%2034%20del%20010814.doc>
3. Pedroza-Sandoval A, Trejo-Calzada R, Sánchez-Cohen I, Samaniego-Gaxiola JA, Yáñez-Chávez LG. Evaluación de tres variedades de frijol pinto bajo riego y sequía en Durango, México. *Agronomía Mesoamericana*. 2016;27(1):167–76. doi:10.15517/am.v27i1.21896
4. Faure ÁB, Benítez R, León N, Chaveco O, Rodríguez O. Guía técnica para el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). 1st ed. La Habana, Cuba: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales; 2013.
5. Pedroza-Sandoval A, Trejo-Calzada R, Chávez-Rivero JA, Samaniego-Gaxiola JA. Tolerancia al Estrés Hídrico y Fitosanitario Mediante Indicadores Agronómicos y Fisiológicos en Diferentes Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 2013;31(2):91–104.
6. John M, Vantour A, Tamayo A, de la O M, Pino N. Diagnóstico para el análisis de riegos de la degradación de los suelos. La Habana, Cuba: MINFAR; 2013. 51 p.
7. Hernández JA, Pérez JM, Bosch D, Rivero L, Camacho E, Ruíz J, et al. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana, Cuba: AGROINFOR; 1999. 64 p.
8. Climate-data.org. Clima Melena del Sur: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Melena del Sur [Internet]. [cited 2017 Mar 29]. Available from: <https://es.climate-data.org/location/46422/>
9. van Schoonhoven A. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. 2nd ed. Palmira, Colombia: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical); 1991. 56 p.
10. IBM Corporation. IBM SPSS Statistics [Internet]. Version 19.0. U.S: IBM Corporation; 2010. Available from: <http://www.ibm.com>
11. Tukey JW. Bias and confidence in not quite large samples. *The Annals of Mathematical Statistics*. 1958;29(2):614–23. doi:10.1214/aoms/1177706647
12. Chaves-Barrantes NF, Araya-Villalobos R, Debouck DG. Cruzamiento natural en frijol común en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 2014;25(1):23–33.
13. Faure AB, Benítez GR, Rodríguez AE, Grande MO, Torres MM, Pérez RP. Guía técnica para la producción de frijol común y maíz. 1st ed. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical; 2014. 22 p.
14. Omae H, Kumar A, Shono M. Adaptation to High Temperature and Water Deficit in the Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the Reproductive Period. *Journal of Botany*. 2012;2012:1–6. doi:10.1155/2012/803413
15. Lara L. Efecto de la temperatura sobre la fenología y productividad de variedades de frijol común, factor esencial del cambio climático [Internet] [Tesis de Maestría]. [Guadalajara, México]: Universidad de Guadalajara; 2015 [cited 2017 Mar 28]. Available from: http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5920/Lara_Bejines_Liliana.pdf?sequence=1
16. Polanía JA. Identificación de características morfofisiológicas asociadas a la adaptación a sequía para ser usadas como criterios de selección en mejoramiento de frijol común *Phaseolus vulgaris* L [Internet] [Tesis de Maestría]. [Colombia]: Universidad Nacional de Colombia; 2011 [cited 2016 Mar 8]. Available from: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6663/1/josearnulfopolaniaperdomo.2011.pdf>
17. Beebe SE, Rao IM, Blair MW, Acosta-Gallegos JA. Phenotyping common beans for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology* [Internet]. 2013 [cited 2017 Jul 7];4. doi:10.3389/fphys.2013.00035

18. Barrios-Gómez EJ, López-Castañeda C, Kohashi-Shibata J, Acosta-Gallegos JA, Miranda-Colín S, Mayek-Pérez N. Avances en el mejoramiento genético del frijol en México por tolerancia a temperatura alta y a sequía. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2011;34(4):247–55.
19. Gepts P. The Use of Molecular and Biochemical Markers in Crop Evolution Studies. In: *Evolutionary Biology* [Internet]. Boston, MA: Springer; 1993 [cited 2017 Jul 7]. p. 51–94. (*Evolutionary Biology*). doi:10.1007/978-1-4615-2878-4_3
20. Barrios-Gómez EJ, López-Castañeda C. Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencia*. 2009;43(1):29–35.
21. Delgado H, Pinzón EH, Blair M, Izquierdo PC. Evaluation of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines result of an advanced backcross between a wild accession and radical cerinza. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 2013;16(1):79–86.
22. Ortiz R. Sistema formal e informal de semillas: Nuevos horizontes. In: *La Biodiversidad Agrícola en manos del campesinado cubano*. 1st ed. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas; 2013. p. 10.
23. Suárez EC, Solís EJ. Caracterización y evaluación preliminar de 24 líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en el centro experimental “La compañía”, Carazo [Internet] [Tesis de Diploma]. [Nicaragua]: Universidad Nacional Agraria; 2006 [cited 2016 Mar 8]. Available from: <http://repositorio.una.edu.ni/1985/1/tnf30s939.pdf>
24. Araya CM, Hernández JC. Guía para identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. Costa Rica: UPILAV Revolución; 2006 p. 1–36.
25. ONEI (Oficina Nacional de Estadística e Información). Anuario Estadístico de Cuba 2013 [Internet]. La Habana, Cuba: ONEI; 2014 [cited 2017 Feb 13]. Available from: <http://www.onei.cu/aec2013.htm>
26. Cruz J, Camarena F, Pierre J, Huaranga A, Blas R. Evaluación agromorfológica y caracterización molecular de la ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.). *Idesia (Arica)*. 2009;27(1):29–40. doi:10.4067/S0718-34292009000100005
27. Lamz PA, Cárdenas RM, Ortiz R, Montero V, Martínez B, de la Fé CF, et al. Evaluación del comportamiento agro-morfológico a partir de la caracterización de la variabilidad en líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sembradas en época tardía. *Cultivos Tropicales*. 2016;37(2):108–14.
28. Pliego-Marín L, López-Baltazar J, Aragón-Robles E. Características físicas, nutricionales y capacidad germinativa de frijol criollo bajo estrés hídrico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2013;4(Suppl. 6): 1197–209.

Recibido: 29 de junio de 2016

Aceptado: 7 de abril de 2017

