

Características agronómicas y contenido de Fe y Zn en el grano de frijol tipo Rosa de Castilla (*Phaseolus vulgaris* L.)*

Agronomic traits and Fe and Zn content in the grain of common Rosa de Castilla type bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Yanet Jiménez-Hernández¹, Jorge Alberto Acosta-Gallegos^{1§}, Bertha María Sánchez-García¹ y Miguel Ángel Martínez Gamiño²

¹Campo Experimental Bajío, INIFAP. Carretera Celaya a San Miguel de Allende km 6.5, C. P. 38110, Celaya, Guanajuato. México. Tel. 01 461 16115323 Ext. 200. (yajijer_1013@yahoo.com.mx), (bmsgma@yahoo.com.mx). ²Campo Experimental San Luis, INIFAP. Domicilio conocido Ejido Palma de la cruz en Soledad de Graciano Sánchez. C. P. 78431. Tel. 01 444 8524303. (martinez.miguelangel@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: acosta.jorge@inifap.gob.mx.

Resumen

El frijol de tipo Rosa de Castilla (RC) es popular en áreas de Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas, donde se produce bajo temporal. El objetivo fue comparar características agronómicas de 22 colectas de tipo RC con dos variedades mejoradas de tipo Flor de Mayo (FM) bajo condiciones de temporal. El experimento se estableció en 2008 en dos localidades de Guanajuato, Celaya (1 785 msnm) y Ocampo (2 200 msnm) y una de San Luis Potosí, Villa de Arriaga (2 200 msnm). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar. En las localidades de Guanajuato se determinaron características fenológicas y la reacción a enfermedades y en las tres se determinó el rendimiento y peso de 100 semillas y a una muestra de semilla de cada material se le determinó el contenido de hierro y Zinc. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.01$) para rendimiento, peso de 100 semillas y contenido de hierro y zinc en el grano entre localidades, genotipos y para la interacción genotipo x localidad. A través de localidades, el mayor rendimiento, $> 1\ 300\ \text{kg ha}^{-1}$, lo obtuvieron las colectas RCG08001, RCA06001 y RCZ06001. El promedio del peso de 100 semillas más alto lo obtuvo la colecta RCSLP 08001 con 40.2 g. Las colectas sobresalientes por contenido de minerales fueron RCG 08011 y RCZ06001 con más de 65 y 40 ppm para Fe

Abstract

The 'Rosa de Castilla' type bean is popular in areas of Guanajuato, San Luis Potosí and Zacatecas, where it is produced under rainfed conditions. The aim of this research was to compare the agronomic characteristics of 22 RC accessions with two bred cultivars of the Flor de Mayo type beans grown under rainfed conditions. The trial was established during 2008 under rainfall conditions in two locations in the state of Guanajuato: Celaya (1 785 masl) and Ocampo (2 200 masl), as well as one in San Luis Potosí, in Villa de Arriaga (2 200 masl). A complete random block design was used. At the locations in Guanajuato, phenological characteristics and reactions to diseases were established, and in all three locations, seed yield and the weight of 100 seeds were determined; also, the iron and zinc contents were established in one seed sample for each material. Significant differences ($p < 0.01$) were observed for seed yield, weight of 100 seeds, and iron and zinc seed content for the effects of location, genotype and the interaction of both. Throughout locations, the greatest yield, $> 1\ 300\ \text{kg ha}^{-1}$ was obtained by accessions RCG08001, RCA06001 and RCZ06001. The highest weight for 100 seeds was found in RCSLP 08001, with 40.2 g. For mineral content, outstanding accessions were RCG 08011 and RCZ06001 with > 65 and 40 ppm

* Recibido: septiembre de 2011
Aceptado: enero de 2012

y Zn, respectivamente. En comparación con los testigos, las colectas mostraron ciclo largo y susceptibilidad a la roya y al tizón de halo.

Palabras clave: cultivo de temporal, reacción a enfermedades, rendimiento, variedades nativas.

Introducción

El frijol criollo del tipo RC pertenece a la raza Jalisco (Singh *et al.*, 1991), misma que se caracteriza por poseer variedades de hábito de crecimiento indeterminado trepador tipo IV e indeterminado postrado tipo III (Singh, 1982); en la forma trepadora la altura es superior a 3 m, el tallo y las ramas son débiles y presentan entrenudos largos, y las vainas se pueden distribuir en toda la planta; las semillas son de tamaño mediano, con frecuencia de forma redonda, oval o ligeramente alargadas (Singh *et al.*, 1991). Éstas variedades se cultivan principalmente bajo temporal en el eje neovolcánico y la porción sur del altiplano semiárido en el norte de Guanajuato, Suroeste de San Luis Potosí y Sureste de Zacatecas.

Las actuales variedades nativas de frijol tipo Rosa de Castilla por lo general son de ciclo largo, y susceptibles a enfermedades causadas por hongos, virus y bacterias. En la porción sur de su rango de distribución las formas trepadoras son comunes, mientras que en el área semiárida son las de hábito indeterminado postrado tipo III; las primeras adaptadas a sitios de mayor precipitación y las segundas a áreas relativamente secas, en las que deben sembrarse a fines de junio. Este tipo de frijol tiene demanda en ciudades como Querétaro, Irapuato, León, Aguascalientes y Guadalajara y entre los mexicanos que viven en los EE.UU. por ser de grano atractivo por su forma, tamaño y color.

Además de sus propiedades nutritivas relacionadas con su contenido de proteínas, el grano de frijol contiene otros compuestos importantes, como son los minerales hierro y zinc, compuestos relacionados con la salud.

A la fecha no existen variedades mejoradas del tipo RC y como primer paso para ser desarrolladas, en 2008 se colectaron materiales de este tipo en Guanajuato, Zacatecas y SLP. Se reporta la caracterización un grupo de 22 colectas de frijol tipo RC con la finalidad de identificar materiales sobresalientes en rendimiento y contenido de minerales en el grano. Estas se compararon con dos variedades mejoradas del tipo FM, Anita y M38.

for Fe and Zn, respectively. In comparison to the checks, accessions displayed a long growth cycle and susceptibility to rust and halo blight

Key words: rainfed crop, reaction to diseases, seed yield, landraces.

Introduction

The RC type bean belongs to the Jalisco breed (Singh *et al.*, 1991), a feature of which are its cultivars of indeterminate climbing growth habit, type IV, and indeterminate prostrate growth habit, type III (Singh, 1982); in the climbing type, height is over 3 m, the stalk and branches are weak and have long internodes, and pods can be distributed throughout the plant; seeds are medium-sized, frequently round, oval-shaped or slightly elongated (Singh *et al.*, 1991). These cultivars are grown mainly in rainfed conditions in the neovolcanic axis and the southern part of the semiarid highlands in northern Guanajuato, southwestern San Luis Potosí, and southeast of Zacatecas.

The current native cultivars of Rosa de Castilla type beans are generally of long cycles and susceptible to diseases caused by fungi, viruses and bacteria. In the southern portion of its distribution range, the climbing forms are common, whereas in the semiarid areas, the indeterminate prostrate growth habit, type III is more common; the former, adapted to regions of more rainfall, and the latter, to relatively dry areas, in which beans must be planted towards late June. This type of bean is demanded in cities such as Querétaro, Irapuato, León, Aguascalientes, and Guadalajara, as well as with Mexicans who live in the U.S., since it is attractive because of its shape, size and color.

Not only does the bean grain have nutritional properties related to its protein content, but it also contains other important compounds, such as iron and zinc, which are related to an adequate human health.

To date there are no improved cultivars of the RC type, and as a first step towards their development, in 2008 materials of this type were gathered in Guanajuato, Zacatecas y SLP. The characterization was reported of a group of 22 RC type bean gatherings to identify materials that stand out in yield and mineral content in the grain. They were then compared to two cultivars of the types FM, Anita and M38.

Materiales y métodos

Germoplasma. Las colectas estudiadas provienen de diversos municipios de Guanajuato y una de cada uno de los estados de Zacatecas, Aguascalientes y SLP (Cuadro 1). Para comparación se incluyeron como testigos a las variedades mejoradas Flor de Mayo Anita (Castellanos-Ramos *et al.*, 2003) y Flor de Mayo M38 (Acosta *et al.*, 1995).

Materials and methods

Germplasm. The collections studied were taken from several municipal areas in Guanajuato, and one from each of the states of Zacatecas, Aguascalientes and SLP (Table 1). In order to compare, the improved cultivars Flor de Mayo Anita (Castellanos-Ramos *et al.*, 2003) and Flor de Mayo M38 (Acosta *et al.*, 1995) were taken as controls.

Cuadro 1. Materiales de frijol tipo Rosa de Castilla y testigos incluidos en el estudio.

Table 1. Materials of Rosa de Castilla type beans and controls included in the study.

Código	Origen	Código	Origen
RCA 06001	El Tildio, El Llano, Ags.	RCG 08010	Laguna de Gpe. San Felipe, Gto.
RCG 08001	Jaral del Progreso, Gto. 1	RCG 08011	Silao, Gto. 2006
RCG 08002	Romita, Gto. 1	RCG 08012	Ocampo, Gto.
RCG 08003	El Colorado, Ocampo, Gto. 1	RCG 08013	Villagrán, Gto.
RCG 08004	San Miguel, Celaya, Gto.	RCG 08014	Romita, Gto. 2
RCG 08005	El Colorado, Ocampo, Gto. 2	RCZ 06002	Calera, Zac.
RCG 08006	El Colorado, Ocampo, Gto. 3	RCG 08015	Dolores Hidalgo, Gto.
RCG 08007	El Jitomatal, Silao, Gto.	RCG 08016	Abel Romo, Ocampo, Gto.
RCSLP 08001	El Tepetate, Villa de Arriaga, SLP	RCG 08017	Romita, Gto. 3
RCG 08008	Jaral del Progreso, Gto. 2	RCG 08018	Integradora Ocampo, Gto.
RCZ 06001	Calera, Zacatecas	T 1	Flor de mayo Anita
RCG 08009	Manuel Doblado, Gto.	T 2	Flor de mayo M38

Localidades de prueba. Durante el ciclo de temporal de 2008 se estableció un ensayo en Celaya y Ocampo, Guanajuato y en Villa de Arriaga, San Luis Potosí (Cuadro 1). En Celaya el suelo es de tipo Vertisol, mientras que en Ocampo, Guanajuato y Villa de Arriaga el suelo es típico de la región semiárida de altura del tipo Xerosol, superficial y de bajo contenido de materia orgánica.

El ensayo se estableció en julio después de haberse humedecido el perfil del suelo con las lluvias. En Villa de Arriaga se establecieron dos repeticiones por limitantes de terreno, en Ocampo seis repeticiones y tres en Celaya; en todos los casos se utilizó un diseño de bloques completos al azar y una parcela de un surco de 6 m de longitud separados a 76 cm. Antes de la siembra, la semilla se trató con los productos Lorsban® y Vitavax 200®, con la dosis sugerida en la etiqueta del producto. La siembra se efectuó en forma manual en surcos previamente abiertos con tractor y cultivadora. Se sembraron 15 semillas por metro lineal. El manejo agronómico del cultivo fue el convencional para frijol de temporal en la región e incluyó dos deshierbes mecánicos y uno manual; no se controlaron plagas y enfermedades.

Test locations. During the 2008 rain cycle, a trial was carried out in Celaya and Ocampo, Guanajuato, and in Villa de Arriaga, San Luis Potosí (Table 1). In Celaya the soil is Vertisol, whereas in Ocampo, Guanajuato and Villa de Arriaga, the soil is typical of the high semiarid region of the Xerosol type, superficial and low content of organic matter.

The trial was performed in July, after the rains had moistened the soils. In Villa de Arriaga, two repetitions were established for every terrain limitants; in Ocampo, there were six repetitions and in Celaya there were three. In all cases, we used a randomized complete block design and a field with six-meter long furrows, separated at 76 cm. Before planting, seed were treated with Lorsban® and Vitavax 200®, with the dosage suggested in the labels of these products. Plantation was carried out by hand in furrows previously opened using a tractor and a harvester. Fifteen seeds were planted per meter. The agronomic handling of the crop was conventional for beans in the rainy season and included two mechanical weedings and one manual one; pests and diseases were not controlled.

Datos determinados. En los ensayos establecidos en Guanajuato, se determinaron días a floración y madurez después de la fecha de siembra, así como la incidencia de las enfermedades que se presentaron durante el desarrollo del cultivo. La floración se determinó cuando 50% de las plantas de una parcela presentaban al menos una flor abierta y la madurez cuando 90% de las plantas presentaban vainas maduras, color paja. Para la reacción a enfermedades se utilizó una escala de 1 a 9, donde 1= sin síntomas y 9= planta muerta o máxima severidad (Shoonhoven y Pastor-Corrales, 1987). La reacción de las colectas a las enfermedades se determinó en la fase inicial de la etapa reproductiva, entre el inicio de la floración y el inicio del llenado de vainas (R6 a R7). Después de la cosecha se determinó el rendimiento en kg por parcela y se transformó a kg ha^{-1} y de cada parcela se contabilizaron y pesaron 100 semillas.

Análisis de grano. Durante la cosecha se tomaron 10 vainas por parcela de cada colecta y testigos; se seleccionaron vainas que no tocaran el suelo y se utilizaron guantes para no modificar el contenido de minerales en el grano por contacto manual. Posteriormente las semillas fueron extraídas de las vainas, también con guantes, y enviadas al laboratorio de suelos del Campo Experimental Bajío para el análisis del contenido de Hierro y Zinc. A la harina de frijol previamente desecada, se le adicionaron 5 mL de H_2NO_3 y se pre-digirieron por una noche. Se le adicionaron 2 mL de ácido perclórico y se digirieron por una hora a 120 °C, posteriormente, se incrementó la temperatura a 210 °C, durante una hora más hasta obtener un líquido transparente verdoso. Enseguida se dejaron enfriar las muestras a temperatura ambiente y se aforaron con agua desionizada a 100 mL. La cuantificación se realizó mediante espectrofotometría solar M5 (Thermo Elemental), equipado con lámparas de cátodo hueco codificadas para cada elemento analizado.

Análisis estadísticos. Los datos determinados se analizaron con el paquete SAS versión 9.1 (SAS Institute, 2002) siguiendo el diseño experimental utilizado por sitio. Se realizó también un análisis combinado bajo un diseño completamente al azar que permite diferente número de repeticiones. Los análisis combinados, uno fue con información de rendimiento y peso de 100 semillas, así como contenido de minerales en las tres localidades. Para la comparación de medias y al haber testigos designados, se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad.

Data determined. In the trials in Guanajuato, we determined days until flowering and maturity after the date of planting, as well as the incidence of diseases that appeared during the crop's growth. Flowering was determined the moment in which 50% of the plants in a field had at least one flower open, and maturity was when 90% of the plants showed mature, hay-colored pods. For reactions to diseases, we used a scale of 1 to 9, where 1= no symptoms and 9= dead plant or maximum severity (Shoonhoven and Pastor-Corrales, 1987). The reaction of the collections to diseases was determined in the initial phase of the reproductive stage, between the start of flowering and the start of the filling of pods (R6 to R7). After the harvest we determined the yield in kg per field and it was converted to kg ha^{-1} , and 100 seeds of each field were counted and weighed.

Grain analysis. During the planting, 10 pods and controls were taken from each collection; we chose pods that did not touch the ground and we used gloves in order to not modify the content of minerals in the grain due to contact with our hands. Later, the seeds taken from the pods, also using gloves, and sent to the soil laboratory in the Campo Experimental Bajío for iron and zinc content analysis. Previously dried bean flour was added 5 mL of H_2NO_3 and they were predigested for one night. It was then added 2 mL of perchloric acid and digested for an hour at 120 °C. Next, the temperature was raised to 210 °C for an hour until a greenish transparent liquid was obtained. The samples were then left to cool down at room temperature and measured with 100 mL deionized water. Quantification was carried out using M5 solar spectrophotometry (Thermo Elemental), equipped with empty cathode lamps codified for each element analyzed.

Statistical analysis. The data obtained were analyzed using the package SAS version 9.1 (SAS Institute, 2002) following the experimental design used per site. A combined analysis was also performed under a complete random design that allows for a different number of repetitions. One of the combined analyses was carried out with information of yield and weight of 100 seeds, as well as the mineral content in the three locations. For the comparison of averaged and having designated controls, we used the minimal significant difference test (DMS) a 0.05 probability.

Resultados y discusión

Características agronómicas. La fenología de los genotipos evaluados resultó significativamente diferente a través de localidades, respuesta relacionada con la temperatura media de cada localidad; así, en Ocampo y Villa de Arriaga el ciclo del cultivo resultó similar y de mayor duración al observado en Celaya, sitio de menor altura y mayor temperatura media durante el ciclo del cultivo.

El rendimiento promedio obtenido en Villa de Arriaga y Ocampo resultó similar y superior al obtenido en Celaya (Cuadro 2). En términos de rendimiento, las colectas RC mostraron mayor adaptación en Ocampo y Villa de Arriaga. Asimismo, la presión por enfermedades fue mayor en Celaya y los afectaron en mayor grado que a los testigos (Cuadro 5). En cuanto al peso de 100 semillas, el de Celaya resultó ligeramente inferior al de Ocampo y Villa de Arriaga (Cuadro 2), lo que indica mayor estabilidad para ésta característica en comparación con el rendimiento que fue altamente influenciado por el ambiente de producción, como corresponde a una característica cuantitativa (Singh, 1992).

Cuadro 2. Características agronómicas promedio de 24 genotipos de frijol establecidos bajo condiciones de temporal en tres localidades de prueba. Ciclo primavera-verano 2008.

Table 2. Average agronomic characteristics of 24 bean genotypes established under rainy conditions in three test locations. Spring-summer 2008 cycle.

Localidad	Fecha de siembra	Días a floración	Días a madurez	Rendimiento kg ha ⁻¹	Peso de 100 semillas (g)
Villa de Arriaga, SLP.	8 de julio	Nd ¹	105 ²	1121	35.5
Ocampo, Gto.	11 de julio	55	116	1040	36.1
Celaya, Gto.	22 de julio	63	93	646	34.4

¹Nd= no determinado; ²a 105 días después de la siembra el cultivo fue dañado por baja temperatura.

Villa de Arriaga. En esta localidad la precipitación fue favorable durante el ciclo del cultivo pero por su largo ciclo de cultivo los materiales RC fueron parcialmente dañados por una helada el 2 octubre. A pesar de lo anterior, y debido a que el cultivo tenía 105 días de establecido, varias colectas RC obtuvieron un rendimiento superior a los testigos (Cuadro 3), entre ellas RCG08010, RCG08008 y RCG08018 y dos de ellas tuvieron un peso de 100 semillas superior a los 40 g. Esta última característica es importante en la comercialización de este tipo de grano, cuyo mayor valor en comparación con el tipo FM tradicional se debe al color, forma y tamaño del mismo. Las colectas de San Felipe y Ocampo, Guanajuato provienen de una área muy similar a

Results and discussion

Agronomic characteristics. The phenology of the genotypes evaluated resulted to be significantly different depending on the locations, a response related to the average temperature of each location. Hence, in Ocampo and Villa de Arriaga, the planting cycle resulted similar and longer-lasting to the one in Celaya, which is higher above sea level and a higher average temperature during the planting cycle.

The average yield obtained in Villa de Arriaga and Ocampo was similar and higher than that obtained in (Table 2). In terms of yield, the RC collections showed better adaptation in Ocampo y Villa de Arriaga. Likewise, pressure from disease was greater in Celaya and these were affected to a higher degree than the controls (Table 5). As for the weight of 100 seeds, in Celaya it turned out slightly below that for Ocampo and Villa de Arriaga (Table 2), which indicates a greater stability for this trait, as opposed to yield, which was highly influenced by the production environment, as it should be for a quantitative trait (Singh, 1992).

Villa de Arriaga. In this location, rainfall was favorable during the planting cycle, but because of its long cycle, RC materials were partly damaged by frost on 2 October. Despite this, and due to the plantation being 105 days old, several RC collections had a higher yield than the controls (Table 3), including RCG08010, RCG08008, and RCG08018 and two of them had a weight of 100 seeds higher than 40 g. This feature is important when commercializing this grain, whose higher value in comparison to the traditional FM is due to its color, shape, and size. The collections from San Felipe and Ocampo, Guanajuato come from a similar area to Villa de Arriaga, which partly explains its high yield

Villa de Arriaga, lo que en parte explica su alto rendimiento en esta localidad. La colecta RCSLP08001 (El Tepetate, Villa de Arriaga, SLP), que pudiera considerarse como el testigo local, fue superada por las colectas mencionadas.

in this area. The collection RCSLP08001 (El Tepetate, Villa de Arriaga, SLP), which could be considered the local control was surpassed by the collections mentioned above.

Cuadro 3. Características agronómicas de 22 genotipos de frijol del tipo de Rosa de Castilla y testigos establecidos bajo temporal en Villa de Arriaga, SLP. 2008.

Table 3. Agronomic characteristics of 22 Rosa de Castilla bean genotypes and controls established under rainfalls in Villa de Arriaga, SLP. 2008.

Núm.	Colecta	Grano (kg ha ⁻¹)	Peso 100 semillas (g)	Paja (kg ha ⁻¹)	I.C. ¹
1	RCA 06001	1 149	32.4	442	0.72
2	RCG 08001	1 239	37.6	1 567	0.44
3	RCG 08002	1 337	41.0	1 133	0.54
4	RCG 08003	1 013	39.5	1 017	0.49
5	RCG 08004	1 059	38.8	1 008	0.51
6	RCG 08005	905	30.3	1 583	0.36
7	RCG 08006	1 155	36.7	1 233	0.48
8	RCG 08007	929	36.5	400	0.69
9	RCSLP 08001	912	38.7	450	0.66
10	RCG 08008	1 406	45.2	1 100	0.65
11	RCZ 06001	751	34.6	1 350	0.35
12	RCG 08009	920	32.6	1 350	0.40
13	RCG 08010	1 588	40.9	1 062	0.59
14	RCG 08011	1 170	32.3	1 750	0.40
15	RCG 08012	1 300	41.6	2 700	0.32
16	RCG 08013	894	38.0	950	0.48
17	RCG 08014	887	41.3	1 175	0.43
18	RCZ 06002	1 133	33.6	2 225	0.33
19	RCG 08015	1 252	33.5	1 700	0.42
20	RCG 08016	1 227	28.0	1 700	0.41
21	RCG 08017	1 305	35.4	1 750	0.42
22	RCG 08018	1 413	35.5	1 800	0.43
Media de colectas		1 134	36.5	1 338	0.47
23	FMA	1 036	23.7	950	0.52
24	FM M38	922	24.8	875	0.51
Media de testigos		979	24.2	912.5	0.51
Media general		1 121	35.5	1 303	0.46

IC= índice de cosecha (grano/grano + paja) (Donald y Hamblin, 1976).

La variación en el peso de 100 semillas es amplia dentro del tipo RC, en este caso fue de 28 g a 45.2; el peso más bajo se observó en los materiales colectados en la parte semiárida de Guanajuato y SLP (hábito tipo IIIb) y el mayor en las colectas del centro de Guanajuato (tipo IV). A pesar de que todos los productores clasificaron a sus variedades como RC, es probable que las de menor tamaño de semilla, pertenezcan al tipo FM. En las de mayor peso de semilla, ésta fue de forma oval (Singh *et al.*, 1991). Sólo en esta localidad se cuantificó la producción de paja, lo cual permitió calcular el índice de cosecha, índice relacionado con la eficiencia de la planta para dirigir su biomasa hacia las estructuras reproductivas (Donald y Hamblin, 1976). Por lo general, un mayor índice de cosecha

The variation in the weight of 100 seeds is wide within RC; in this case, it was 28 to 45.2g. The lowest weight was observed in the materials gathered in the semiarid areas of Guanajuato and SLP (habit type IIIb), and the greatest, in the collections in central Guanajuato (type IV). Although all farmers classified their cultivars as RC, it is probable that those with small seed belong to the type FM. In those with greater seed weight, seed shape was oval (Singh *et al.*, 1991).

In this location alone, hay production was quantified, which helped calculate the harvest index, related to the plant's efficiency, to direct its biomass towards its reproductive

se observa en plantas que guardan una proporción entre sus órganos vegetativos y reproductivos. En este caso los valores más bajos para éste índice se observaron en los materiales con alta capacidad para producir paja, sin ser necesariamente los más tardíos. Dos de los materiales de mayor rendimiento mostraron alto índice de cosecha, 0.54 y 0.65 para RCG08002 y RCG08008, respectivamente.

Ocampo. El rendimiento promedio obtenido en esta localidad (1 040 kg ha⁻¹) resultó superior al obtenido en Celaya (646) y similar al de Villa de Arriaga (1 121) y de manera similar a la localidad anterior, la mayoría de los materiales de tipo RC fueron superiores a los testigos FM, lo que sugiere una adaptación superior de estos materiales al ambiente de ésta y la anterior localidad. Sin embargo, el hecho de que todos los materiales evaluados resultaran más tardíos que en Celaya pudo también haber influido en el mayor rendimiento medio. Comparado con Celaya, el ciclo del cultivo se alargó 23 días (116 vs 93), con poca variación entre genotipos, lo que sugiere un fuerte efecto ambiental, probablemente por las temperaturas nocturnas subóptimas de la localidad. Las colectas de mayor precocidad corresponden a las de Tildio, Aguascalientes (RCA06001), con 113 días a madurez seguida de la de Manuel Doblado (RCG08010) y la Laguna de Guadalupe (RCG08011) con 114 días a madurez. Las más tardías fueron las del Jitomatal (RCG08008) y Dolores (RCG08016) con 119 días a madurez, de hábito de crecimiento tipo IV y IIIb, respectivamente.

Las enfermedades que se observaron en este sitio incluyeron a la roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*), y el tizón común (*Xantomonas campestris* pv. *phaseoli*) (no se tomaron datos de reacción a éstas), tizón de halo (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) (Cuadro 4). Es de notar que el tizón de halo fue generalizado entre las colectas, lo que sugiere que el material tipo RC es susceptible al ataque de esta bacteria. Fue notorio que unas colectas como RCG08013 mostraron síntomas de antracnosis aún antes de la floración, lo que sugiere la presencia de la enfermedad en la semilla original colectada; el hongo causante de esta enfermedad es capaz de infectar la semilla, misma que se convierte en su principal medio de disseminación (Rodríguez *et al.*, 2006).

En cuanto a bacteriosis común, la colecta RCG08005 mostró el valor más alto, mientras que para antracnosis lo fue RCG08013. Las colectas con menor incidencia de

structure (Donald and Hamblin, 1976). Generally, a higher harvest index was observed in plants that keep a proportion between its vegetative and reproductive organs. In this case, the lowest values for this index were observed in materials with a high capacity to produce hay, not necessarily being the latest. Two of the materials with the highest yields showed a high harvest index: 0.54 and 0.65 for RCG08002 and RCG08008, respectively.

Ocampo. The average yield for this location (1 040 kg ha⁻¹) turned out higher in Celaya (646), and similar to Villa de Arriaga (1 121) and similar to the previous location. Most RC materials were higher than the FM controls, which suggests a better adaptation of these materials to the latter's environment and the former's location. However, the fact that all materials evaluated were later than in Celaya could have also been influenced in the higher average yield. Compared to Celaya, the planting cycle was extended 23 (116 vs 93), with little variation between genotypes, which suggests a strong environmental effect, probably due to the lower-than-optimum nightly temperatures in the location. The most precocious collections are from Tildio, Aguascalientes (RCA06001), with 113 days to maturity, followed by Manuel Doblado (RCG08010), and the Laguna de Guadalupe (RCG08011) with 114 days to maturity. The latest were from Jitomatal (RCG08008) and Dolores (RCG08016), with 119 days to maturity, with growth habits type IV and IIIb, respectively.

Diseases observed in this site included rust (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*), and common bean blight (*Xantomonas campestris* pv. *phaseoli*) (no data were taken on the reactions to these diseases), halo blight (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) and anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) (Table 4). It is worth to mention that halo blight incidence was generalized amongst the collections, this suggests that the RC material is susceptible to the attack of this bacterium. It was notorious that some collections such as RCG08013 show anthracnose symptoms even before flowering, which suggests the presence of the disease in the original seed gathered from farmers; the fungus that causes this disease can infect the seed, which becomes its most important means of dissemination (Rodríguez *et al.*, 2006).

For common bacteriosis, collection RCG08005 displayed the highest value, whereas for anthracnose, the highest value was for RCG08013. The collections with the lowest

enfermedades fueron RCG08011 y RCG08012 junto con el testigo Flor de Mayo M38 (Cuadro 4). Las colectas de mayor rendimiento fueron: RCZ06001, RCG08006, RCG08015, RCG08002, RCG08017, cuyo rendimiento resultó significativamente superior ($p < 0.05$) al de los testigos. Se observó diversidad en el peso de 100 semillas, y el hecho de que algunos materiales hayan cambiado de posición en esta característica y también en el rendimiento entre Villa de Arriaga y Ocampo, señala un efecto de interacción variedad por localidad y un ejemplo de ello es que al observar los materiales de mayor rendimiento en cada localidad, no fueron los mismos. Por lo general, genotipos de frijol y de otros cultivos similares con resistencia a factores bióticos y abióticos, muestran amplia adaptabilidad y rendimiento estable (López *et al.*, 2003; Acosta-Gallegos *et al.*, 2010).

incidence of diseases were RCG08011 and RCG08012, along with the control Flor de Mayo M38 (Table 4). The collections with the highest yield were: RCZ06001, RCG08006, RCG08015, RCG08002, RCG08017, the yield was significantly higher ($p < 0.05$) than for controls. There was diversity in the weight of 100 seeds, and the fact that some materials changed their position in this feature, as well as in yield between Villa de Arriaga and Ocampo, indicates an effect of the cultivar by location interaction, an example of which is that, observing the materials with the highest yields in this location, they were not the same. Generally, the genotypes of beans and other similar crops with resistance to biotic and abiotic factors, show great adaptability and a stable yield (López *et al.*, 2003; Acosta-Gallegos *et al.*, 2010).

Cuadro 4. Características agronómicas de 24 genotipos de frijol del tipo de Rosa de Castilla y testigos establecidos bajo temporal, localidad Ocampo, Guanajuato, 2008.

Table 4. Agronomic characteristics of 24 Rosa de Castilla and control bean genotypes established under rainy conditions. Ocampo, Guanajuato, 2008.

Núm	Código de colecta	DF ¹	DM	TH	Ant.
1	RCA 06001	53	113	2.2 ¹	1.0
2	RCG 08001	54	115	2.2	1.0
3	RCG 08002	55	118	2.5	1.0
4	RCG 08003	55	117	2.0	1.0
5	RCG 08004	56	116	2.0	1.0
6	RCG 08005	57	117	2.7	1.0
7	RCG 08006	57	117	2.3	1.0
8	RCG 08007	53	119	2.0	1.0
9	RCSLP 08001	52	116	2.3	1.0
10	RCG 08008	53	115	1.7	1.8
11	RCZ 06001	55	118	2.0	1.2
12	RCG 08009	54	114	2.0	1.2
13	RCG 08010	53	114	1.7	1.0
14	RCG 08011	54	118	1.7	1.0
15	RCG 08012	52	115	1.8	2.7
16	RCG 08013	51	117	2.3	1.2
17	RCG 08014	58	116	1.8	1.0
18	RCZ 06002	56	117	1.8	1.0
19	RCG 08015	56	118	1.8	1.0
20	RCG 08016	55	119	2.2	1.3
21	RCG 08017	56	117	2.3	1.0
22	RCG 08018	58	117	2.2	1.3
Media de colectas		55	116	2.0	1.1
23	FMA	55	115	2.0	1.0
24	FM M38	53	114	1.7	1.0
Media de testigos		54	114	1.8	1.0
Media general		55	116	2.0	1.2

¹DF y DM= días a la floración y a madurez; TH= reacción al tizón de halo; Ant= reacción a antracnosis. ¹Escala de 1 a 9, donde 1= sin síntomas y 9= máxima severidad (Shoohoven y Pastor-Corrales, 1987).

Celaya

En esta localidad la colecta RCG08015 fue la más tardía para alcanzar la madurez fisiológica y las más precoces RCG08005 y RCG08001. La mayoría de los materiales fueron tardíos para iniciar la floración, pero la madurez se aceleró por la falta de lluvias al final de la etapa reproductiva, ya que la última lluvia registrada ocurrió el 17 de septiembre.

En cuanto a la incidencia de enfermedades, el tizón común, la Roya y el mildiú veloso (*Phytophthora phaseoli*) fueron las de mayor incidencia y severidad durante el ciclo del cultivo (Cuadro 5). Para Tizón común las colectas RCSLP 08001 y RCG 08011 mostraron menor incidencia, mientras que la más susceptible fue RCG08012. La precipitación durante las primeras etapas del cultivo fue conducente a la presencia de las enfermedades fungosas como la antracnosis y el mildiú veloso, enfermedades que no se presentan sistemáticamente en esta localidad. La colecta con mayor incidencia de antracnosis fue RCG08010, enfermedad que probablemente estaba presente en la semilla de la colecta original, esto lo sugirió la presencia de enfermedad en etapas tempranas del cultivo. Varias colectas y el testigo Flor de Mayo M38 no presentaron síntomas de antracnosis. En cuanto al mildiú veloso, sólo dos colectas, RCG08003 y RCG08005, mostraron tolerancia, el resto fueron susceptibles. Ésta última enfermedad se considera devastadora y no ocurre en forma sistemática en la región (Navarrete *et al.*, 2007). La colecta RCSLP08001 mostró tolerancia a todas las enfermedades, con excepción del mildiú veloso, a la que resultó intermedia.

Celaya

In this location, the collection RCG08015 was the latest in reaching maturity, and RCG08005 and RCG08001 were the most precocious. Most materials were late in reaching the flowering stage, but maturity was accelerated due to lack of rains at the end of the reproductive stage, since the last rainfall was on 17 September.

Regarding disease incidence, common blight, rust and downy mildew (*Phytophthora phaseoli*) had the highest incidences and severities during the planting cycle (Table 5). For common blight, collections RCSLP 08001 and RCG 08011 showed a lower incidence, whereas the most susceptible was RCG08012. Rainfall during the first staged of plantation lead to fungal diseases, such as anthracnose and downy mildew, which do not occur systematically in this location. The collection with the highest anthracnose incidence was RCG08010; this disease may have been present in the seed of the original collection, as suggested by the presence of the disease in the early stages of the crop. Several collections and the control Flor de Mayo M38 showed no symptoms of anthracnose. Regarding downy mildew, only two collections, RCG08003 and RCG08005, showed any tolerance, and the rest were susceptible. This disease is considered devastating and does not occur systematically in the region (Navarrete *et al.*, 2007). Collection RCSLP08001 showed a tolerance to all diseases, except for downy mildew, for which it proved to be intermediate.

Cuadro 5. Características agronómicas de 24 genotipos de frijol del tipo de Rosa de Castilla y testigos establecidos bajo temporal, localidad Celaya, Guanajuato, 2008.

Table 5. Agronomic characteristics of 24 Rosa de Castilla and control bean genotypes and controls established under rainy conditions. Celaya, Guanajuato, 2008.

Trat	Código	DF ¹	DM	TC	TH	Roya	MV	Ant.	kg ha ⁻¹	Peso 100 semillas (g)
1	RCA 06001	65	92	4.0 ¹	1.5	4.0	3.5	2.0	1407	29.5
2	RCG 08001	64	95	3.0	1.0	3.0	3.0	1.0	1221	37.7
3	RCG 08002	66	95	3.5	1.0	3.5	4.0	1.0	589	17.0
4	RCG 08003	64	96	2.5	1.0	3.0	2.5	1.0	786	38.0
5	RCG 08004	61	96	4.0	1.5	3.5	3.5	1.5	648	37.0
6	RCG 08005	65	91	3.5	1.5	4.5	2.0	2.0	878	33.6
7	RCG 08006	ns ²	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
8	RCG 08007	63	98	2.5	2.0	3.0	3.5	2.5	602	32.4
9	RCSLP 08001	64	95	2.0	1.0	2.5	4.0	1.0	771	35.3
10	RCG 08008	66	95	3.5	1.0	4.0	3.5	2.5	787	39.1
11	RCZ 06001	64	95	2.0	1.0	2.5	3.0	1.0	765	37.3

¹DF y DM= días a la floración y a madurez; Tc y Th= tizón común y de halo; Ry= Roya; Mv= Mildiú Velloso; Ant= Antracnosis y P100S= peso de 100 semillas. ¹Escala de 1 a 9, donde 1= sin síntomas y 9= máxima severidad (Shoohoven y Pastor-Corrales, 1987). ²Colecta no establecida por falta de semilla.

Cuadro 5. Características agronómicas de 24 genotipos de frijol del tipo de Rosa de Castilla y testigos establecidos bajo temporal, localidad Celaya, Guanajuato, 2008 (Continuación).**Table 5. Agronomic characteristics of 24 Rosa de Castilla and control bean genotypes and controls established under rainy conditions. Celaya, Guanajuato, 2008 (Continuation).**

Trat	Código	DF ¹	DM	TC	TH	Roya	MV	Ant.	kg ha ⁻¹	Peso 100 semillas (g)
12	RCG 08009	63	95	3.0	1.0	3.5	5.0	5.0	735	35.0
13	RCG 08010	63	93	2.0	1.5	4.0	7.0	2.0	455	37.5
14	RCG 08011	63	96	4.5	3.0	4.0	6.0	2.0	457	33.3
15	RCG 08012	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
16	RCG 08013	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
17	RCG 08014	62	101	2.5	2.5	3.5	4.0	2.5	488	36.4
18	RCZ 06002	63	94	4.5	1.0	3.0	3.5	1.0	416	37.9
19	RCG 08015	58	95	4.0	1.5	4.0	5.0	1.0	330	34.7
20	RCG 08016	60	94	4.5	2.5	4.5	5.5	1.5	491	30.3
21	RCG 08017	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns
22	RCG 08018	63	98	3.0	1.5	4.0	6.0	1.5	451	34.7
	Media de colectas	63	95	3.2	1.5	3.5	4.1	1.8	682	34.2
23	FMA	59	96	3.5	1.0	1.5	2.5	3.0	1742	23.8
24	FMM38	57	93	6.0	4.0	3.5	4.5	1.0	1632	24.5
	Media de testigos	58	94	4.7	2.5	2.5	3.5	2	1687	24.1
	Media general	63	96	3.4	2.0	3.2	4.2	1.4	646	34.4

¹DF y DM= días a la floración y a madurez; Tc y Th= tizón común y de halo; Ry= Roya; Mv= Mildiú Velloso; Ant= Antracnosis y P100S= peso de 100 semillas. ¹Escala de 1 a 9, donde 1= sin síntomas y 9= máxima severidad (Shoonhoven y Pastor-Corrales, 1987). ²Colecta no establecida por falta de semilla.

En cuanto al rendimiento, el mayor se obtuvo de los testigos FMA y FMM38, con 1 742 y 1 632 kg ha⁻¹, respectivamente; seguidos de las colectas RCA06001 con 1 407 y RCG08001 con 1 221. En cuanto al peso de 100 semillas, los testigos mostraron el menor con 23.8 y 24.5 g para FMA y FMM38, respectivamente; las colectas RCG08008, RCG08003, RCG08004 y RCZ06001 casi alcanzaron los 40 g (Cuadro 5).

Análisis combinado

El análisis combinado que incluyó 18 colectas, en Celaya no se sembraron cuatro por falta de semilla. Para ambas características, rendimiento y peso de 100 semillas se observó efecto significativo de localidad, genotipo y la interacción localidad por genotipo (Cuadro 6). Para el rendimiento el mayor efecto en la variación observada fue para la localidad, seguida de la interacción y el genotipo. Por lo general, el rendimiento muestra un gran efecto de interacción genotipo por ambiente (Singh, 1992), efecto incrementado entre ambientes contrastantes (Yadav *et al.*, 2004). Para el peso de 100 semillas el efecto del genotipo fue más importante que el de la localidad. Resultados similares fueron observados con frijol tipo Flor de Mayo (Acosta *et al.*, 2010) y tipo negro opaco (López-Salinas *et al.*, 2010) establecidos en diferentes localidades. Esto último indica

The highest yield was obtained from controls FMA and FM M38, with 1 742 and 1 632 kg ha⁻¹, respectively, followed by collections RCA06001, with 1 407 and RCG08001, with 1 221. The controls showed a lower weight for 100 seeds, with 23.8 and 24.5 g for FMA and FM M38, respectively, whereas collections RCG08008, RCG08003, RCG08004 and RCZ06001 reached almost 40 g (Table 5).

Combined analysis

In the combined analysis that included 18 collections in Celaya, four were not planted due to a lack of seeds. For yield and the weight of 100 seeds, a significant effect was observed for location, genotype and location by genotype interaction (Table 6). For yield, the greatest effect of variation observed was for location, followed by interaction and genotype. Generally, yield displays an important effect of genotype by environment interaction (Singh, 1992), with an increased effect between contrasting environments (Yadav *et al.*, 2004). Or the weight of 100 seeds, the effect of the genotype was more important than location. Similar results were observed with Flor de Mayo (Acosta *et al.*, 2010) and negro opaco type beans (López-Salinas *et al.*, 2010) established in different locations.

que la característica peso de 100 semillas es afectado en menor grado por el ambiente y que el efecto del genotipo es importante; es decir, se sugiere un control genético oligogénico y heredabilidad intermedia (Singh, 1992); por el contrario, el efecto del ambiente sobre el rendimiento es alto.

This indicates that the weight of 100 seeds is affected less by the environment, and that genotype is important; i.e., an oligogenic control and intermediate heritability are suggested (Singh, 1992), whereas on the other hand, the effect of the environment on yield is high.

Cuadro 6. Cuadros medios del análisis de varianza del rendimiento y peso de 100 semillas de colectas de frijol Rosa de Castilla cultivadas en tres localidades de temporal: Celaya y Ocampo, Guanajuato y Villa de Arriaga, San Luis Potosí, 2008.

Table 6. Average squares of the variance analysis of yield and weight of 100 seeds of Rosa de Castilla beans planted in three rainy locations: Celaya and Ocampo, Guanajuato and Villa de Arriaga, San Luis Potosí, 2008.

Fuente de variación	Grados de libertad	Rendimiento	Peso de 100 semillas
Localidad	2	8 813 860.5**	26.2 **
Rep(Loc)	7	1 334 067.1**	5.3 ns
Genotipo	19	206 129.5**	142.7 **
Gen x Loc	38	522 955.0**	9.8 **
Error	126	100 123.5	4.2
Total	192		
CV (%)		24.1	5.8

**Significancia al 1% de probabilidad de error.

El rendimiento promedio más alto a través de localidades, superior a 1 300 kg ha⁻¹, lo obtuvieron las colectas RCG08001, RCA06001 y RCZ06001, éstas tienen en común que están entre las de ciclo corto. De los testigos, el de mayor rendimiento promedio fue Flor de Mayo Anita con 1 122 kg ha⁻¹. El promedio del peso de 100 semillas más alto lo obtuvo la colecta RCSLP 08001 con 40.2 g, seguida de RCG08002, RCG08010 y RCG08003. Estas colectas pueden considerarse sobresalientes ya que el tamaño de la semilla es una característica importante en la comercialización de este tipo de frijol. Como puede observarse, estas colectas no están entre las de mayor rendimiento, a pesar de que el tamaño de la semilla es un componente importante del mismo (Singh, 1992).

Contenido de minerales

En Celaya el mayor contenido de Fe lo obtuvieron las colectas de Guanajuato, entre ellas: RCG08006 y RCG08009; en cuanto a Zn, varias colectas alcanzaron los 40 ppm, sin que se observara alguna sobresaliente. En Ocampo, diferentes colectas de Guanajuato resultaron con alto contenido de Fe, entre ellas: RCG08013, RCG08011 y RCG08010; en Villa de Arriaga la colecta de Zacatecas RCZ06001 mostró el mayor contenido. Estos resultados, con diferentes colectas de mayor contenido de Fe a través de localidades demuestra la importancia de la variación que existe en cuanto al contenido de hierro en el grano del frijol (Ariza-Nieto *et al.*, 2007) y

The highest average yield throughout locations, higher than 1 300 kg ha⁻¹, was obtained from collections RCG08001, RCA06001 and RCZ06001. What these have in common is that they are amongst the short-cycled. Out of the controls, the one with the highest average yield was Flor de Mayo Anita, with 1 122 kg ha⁻¹. The highest average weight of 100 seeds was found in RCSLP 08001 con 40.2 g, and RCG08002, RCG08010 y RCG08003. These collections can be considered outstanding, since the seed size is an important feature for the sale of this type of bean. As we can see, these collections are not amongst the ones with the highest yields, although seed size is an important component (Singh, 1992).

Mineral content

In Celaya, the highest Fe content were found in collections from Guanajuato, including: RCG08006 and RCG08009; regarding Zn, several collections reached 40 ppm, and none were outstanding. In Ocampo, different collections from Guanajuato had a high content to Fe, including: RCG08013, RCG08011 and RCG08010; in Villa de Arriaga the collection from Zacatecas RCZ06001 displayed the highest content. These results, with different collections with higher Fe contents throughout different locations, shows the importance of the variation that exists in terms of iron content in beans (Ariza-Nieto *et al.*, 2007) and of the genotype by location interaction. Ariza-Nieto *et al.* (2007) observed differences in the bioavailability of iron in genotypes of both Andean and Mesoamerican materials.

de la interacción genotipo por localidad. Ariza-Nieto *et al.* (2007) observaron diferencias en biodisponibilidad de hierro en genotipos de ambos acervos, el andino y mesoamericano.

El análisis de varianza del contenido de minerales en el grano, considerando a cada localidad como una repetición (Cuadro 7), indica importancia del efecto ambiental sobre esta característica. En esta investigación el mayor y único efecto significativo fue el de la localidad; quizás el efecto de interacción localidad por genotipo también sea importante pero no pudo incluirse esa fuente de variación en el análisis de varianza por haberse obtenido sólo un valor promedio por localidad. Resultados similares fueron mencionados por Blair *et al.* (2009) para el contenido de minerales en el grano de frijol.

Cuadro 7. Cuadros medios del análisis de varianza del contenido de Hierro y Zinc en el grano de colectas de frijol Rosa de Castilla cultivadas en tres localidades de temporal: Celaya y Ocampo, Guanajuato y Villa de Arriaga, San Luis Potosí, 2008.

Table 7. Average squares of the variance analysis for iron and zinc contents in the grain in collections of Rosa de Castilla beans planted in three rainfed locations: Celaya and Ocampo, Guanajuato and Villa de Arriaga, San Luis Potosí, 2008.

Fuente de variación	Grados de libertad	Hierro	Zinc
Repetición (= a localidad)	2	1138.1**	110.7*
Genotipo	21	51.6 ns	25.6 ns
Error	42	37.0	21.4
Total	65		
CV (%)		10	11.6

En cuanto al contenido de Zn en el grano, este fue ligeramente más alto en Villa de Arriaga, donde los materiales sobresalientes fueron la colecta de Zacatecas RCZ06001 y dos materiales de Guanajuato RCG08007 y RCG080014 (Cuadro 8); este último fue el mejor en Ocampo. En Celaya el contenido de Zn fue relativamente similar a través de materiales. En promedio de localidades los testigos resultaron similares y con valores intermedios en Fe y relativamente menores en Zn en relación a las colectas. En un estudio bajo condiciones controladas con diversas variedades de frijol, Moraghan *et al.* (2002) concluyeron que ambos factores, el genotipo y el suelo influyeron el contenido de Zn en el grano. Así mismo en el estudio de Blair *et al.* (2009) se observó mayor variación en el contenido de Hierro que en el Zinc.

En cuanto al mejoramiento de las características relacionadas con la calidad del grano, se observó variación genética entre las colectas caracterizadas en contenido de Hierro y Zinc; estudios por diversos autores (Graham *et al.*, 1999; Forster *et al.*, 2002a, 2002b; Blair *et al.*, 2010) han

The analysis of variance of the content of minerals in the grain, considering each location as a repetition (Table 7), indicates importance of the environmental effect on this feature. In this investigation, the greatest and only significant effect was location. The location by genotype interaction may also be important, but this variation source could not be included in the variance analysis because only one average value was obtained per location. Blair *et al.* (2009) mentioned similar results for the mineral content in bean grains.

Zinc content in the grain was slightly higher in Villa de Arriaga, where outstanding materials were the Zacatecas collection RCZ06001 and the two materials from Guanajuato RCG08007 and RCG080014 (Table 8); the latter was the

best in Ocampo. In Celaya, Zn content was relatively similar for all materials. In average of locations, controls resulted similar and with intermediate values in Fe, and relatively lower in Zn in relation to the collections. In a study under controlled conditions with diverse bean varieties, Moraghan *et al.* (2002) concluded that both factors, genotype and soil, influenced Zn content in the grain. The same conclusion was reached by Blair *et al.* (2009), who noticed a greater variation in iron content than in zinc content.

In the improvement of features related to grain quality, genetic variation was observed between collections with characteristic iron and zinc contents; studies by several authors (Graham *et al.*, 1999; Forster *et al.*, 2002a, 2002b; Blair *et al.*, 2010) have indicated the availability of sufficient genetic variation for the improvement in the amounts of essential minerals in bean grains. The availability of methods to carry out the selection using conventional chemical analyses, or using molecular markers, has been pointed out (Blair *et al.*, 2009). The combination of quality characteristics with a high yield

indicado la disponibilidad de suficiente variación genética para el mejoramiento en el contenido de minerales esenciales en el grano de frijol. Se ha señalado la disponibilidad de metodologías para realizar la selección a través de análisis químicos convencionales o con el uso de marcadores moleculares (Blair *et al.*, 2009). La combinación de las características de calidad con alto rendimiento, con seguridad incrementara los costos del mejoramiento, pero la relación beneficio/costo también será alta. En ocasiones los cultivares mejorados superiores en características de calidad no son, por alguna razón como el color o el tamaño de la semilla, del agrado de los consumidores (as), lo cual debe ser considerado por los mejoradores (Graham *et al.*, 1999) y su utilización inicial será a través de su industrialización.

will surely increase improvement costs, although the cost/benefit ratio will also be high. Sometimes, consumers may not like the improved cultivars with better quality characteristics, for reasons such as seed size or color, and this shall have to be taken into account by breeders (Graham *et al.*, 1999) and its initial use will be through its industrialization.

Conclusions

The collections with the highest yield and adaptation were different, according to planting location; in Villa de Arriaga: RCG 08008, RCG 08010 and RCG 08018; in

Cuadro 8. Contenido de minerales en ppm en el grano de frijol de materiales del tipo Rosa de Castilla establecidos en tres localidades bajo temporal 2008.

Table 8. Content of minerals in ppm in the Rosa de Castilla type bean materials established in three rainfed locations 2008.

Colecta	Celaya		Ocampo		V. Arriaga		Promedio	
	Fe	Zn	Fe	Zn	Fe	Zn	Fe	Zn
RCA 06001	51.1	37.8	57.2	32.3	55.0	35.8	54.4	35.3
RCG 08001	57.1	38.4	54.4	31.9	56.1	41.7	55.8	37.3
RCG 08002	43.6	37.6	56.4	31.9	57.1	36.8	52.6	35.4
RCG 08003	53.0	40.2	74.0	35.9	61.1	38.3	62.7	38.1
RCG 08004	53.6	37.1	60.0	31.6	61.5	41.3	58.3	36.6
RCG 08005	48.6	38.9	65.3	34.0	59.2	46.7	57.7	39.8
RCSLP 08001	57.8	39.9	68.4	36.8	63.2	48.8	63.1	41.8
RCG 08006	73.3	38.9	73.9	48.9	52.1	31.6	66.4	39.8
RCZ 06001	63.7	40.6	69.4	36.4	67.4	56.5	66.8	44.5
RCG 08007	58.5	39.1	74.6	37.8	58.4	52.1	63.8	43.0
RCG 08008	56.3	37.3	67.4	36.6	57.4	41.5	60.3	38.4
RCG 08009	66.7	40.8	66.6	42.6	62.7	43.8	65.3	42.4
RCG 08010	59.1	35.6	80.6	40.2	51.0	39.2	63.5	38.3
RCG 08011	58.5	36.2	81.0	43.6	61.2	44.4	66.9	41.4
RCG 08012	58.5	36.2	66.4	37.9	61.1	44.4	62.0	39.5
RCZ 06002	52.7	36.8	74.8	38.2	56.5	42.2	61.3	39.0
RCG 08013	54.1	37.9	83.1	43.6	51.4	39.7	62.8	40.4
RCG 08014	55.5	37.7	74.8	50.6	60.4	51.2	63.5	46.5
RCG 08015	50.1	38.4	66.1	38.2	57.9	40.9	58.0	39.1
RCG 08016	47.4	38.8	63.6	46.1	58.2	41.3	56.4	42.0
Media de Colectas	50.8	34.7	62.6	35.2	53.1	39.0	55.5	36.3
FM Anita	53.2	38.2	69.8	36.1	50.1	33.6	57.7	35.9
FM-M38	46.8	34.1	69.6	40.8	57.5	36.9	57.9	37.2
Media Testigos	50.0	36.1	69.7	38.43	53.8	35.2	57.8	36.5
Media General	55.4	38.0	68.9	38.7	58.0	42.2	60.7	39.6

RCG= Rosa de Castilla Guanajuato; RCSLP= Rosa de Castilla San Luis Potosí; RCZ= Rosa de Castilla Zacatecas.

Conclusiones

Las colectas de mayor rendimiento y adaptación, fueron diferentes de acuerdo a la localidad de siembra; así, en Villa de Arriaga: RCG 08008, RCG 08010 y RCG 08018; en Ocampo: RCG 08002, RCG 08006 y RCG 08015; en Celaya el mayor rendimiento lo obtuvieron los testigos de tipo Flor de Mayo seguidos de la colecta RCA 06001.

En promedio de las tres localidades se identificaron colectas sobresalientes en contenido de minerales en el grano, para Fe fueron: RCG 08011, RCZ 06001 y RCG 08006, mientras que para Zn RCG 08014 y RCZ 06002; esta última sobresaliente en el contenido de ambos minerales en el grano.

En comparación con los testigos, las colectas mostraron ciclo largo y susceptibilidad a la roya y al tizón de halo.

Literatura citada

- Acosta-Gallegos, J. A.; Castellanos, J. Z.; Núñez-González, S.; Ochoa-Márquez, R.; Rosales-Serna, R. and Singh, S. P. 1995. Registration of Flor de Mayo M38 Common Bean. *Crop. Sci.* 35:941-942.
- Acosta-Gallegos, J. A.; Jiménez-Hernández, Y.; Sánchez-García, B. M.; Mendoza, H. F. M.; Herrera, H. M. G.; Salinas, P. R. A. y González-Chavira, M. 2010. Flor de Mayo Eugenia, nueva variedad de frijol para riego. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(5):751-757.
- Ariza-Nieto, M.; Blair, M. W.; Welch, R. M. and Glahn, R. P. 2007. Screening of iron bioavailability patterns in eight bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes using the caco-2 cell *in vitro* model. *J. Agric. Food Chem.* 55(19):7950-7956.
- Blair, M. W.; Astudillo, C.; Grusak, M. A.; Graham, R. and Beebe, S. E. 2009. Inheritance of seed iron and zinc concentrations in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Mol. Breed.* 23:197-20.
- Blair, M. W.; Astudillo, C.; Caldas, G.; Sandoval, T.; Beebe, S. E.; Cichyo, K.; Grusak, M. A. and Graham, R. 2010. Inheritance of seed mineral and phytate concentration in common bean. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 53:148-149.
- Ocampo: RCG 08002, RCG 08006 and RCG 08015; the highest yield in Celaya was obtained by the Flor de Mayo controls, followed by collection RCA 06001.
- In averages for the three locations, some collections stood out for amounts of mineral contents in the grain. For Fe, they were: RCG 08011, RCZ 06001 and RCG 08006, whereas for Zn RCG 08014 and RCZ 06002; the later was outstanding in the amounts of both minerals in the grain.
- In comparison to the controls, the collections showed a long cycle and susceptibility to rust and halo blight.

End of the English version



- Castellanos-Ramos, J. Z.; Guzmán-Maldonado, H.; Muñoz-Ramos, J. J. y Acosta-Gallegos, J. A. 2003. Flor de Mayo Anita, nueva variedad de frijol para la región Central de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 26:209-211.
- Donald, C. M. and Hamblin, J. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.* 28:361-405.
- Forster, S. M.; Moraghan, J. T. and Grafton, K. F. 2002a. Inheritance of seed-Zn accumulation in navy bean. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 45:30-31.
- Forster, S. M.; Moraghan, J. T. and Grafton, K. F. 2002b. Evaluation of seed-Zn concentration in navy bean. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 45:82-83.
- Graham, R.; Senadhira, D.; Beebe, S.; Iglesias, C. and Monasterio, I. 1999. Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. *Field Crops Res.* 60(1-2):57-80.
- López, E.; Tosquy, O. H.; Villar, B.; Becerra, E. N. y Ugalde, F. J. 2003. Adaptación, resistencia múltiple a enfermedades y tolerancia suelos ácidos en genotipos de frijol. *Agronomía Mesoamericana* 14(2):151-155.
- Moraghan, J. T.; Padilla, J.; Etchevers, J. D.; Grafton, K. and Acosta-Gallegos, J. A. 2002. Iron accumulation in seed of common bean. *Plant and Soil.* 246(2):175-183.
- Navarrete-Maya, R.; Acosta-Gallegos, J. A.; Cuellar-Robles, E. I.; Ocampo, H. J. A. and Navarrete-Maya, J. 2007. Natural incidence of *Phytophthora phaseoli* in dry bean grown in the highlands of Mexico. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 50:143-144.

- Rodríguez-Guerra, R.; Acosta-Gallegos, J. A.; González-Chavira, M. M. y Simpson, J. 2006. Patotipos de *Colletotrichum lindemuthianum* y su implicación en la generación de cultivares resistentes de frijol. *Agric. Téc. Méx.* 32:99-112.
- Statistical Analysis System (SAS). Versión 9.0 for Windows. 2002. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schoonhoven, A. Van y Pastor-Corrales, M.A. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Cali. CIAT. 1987.
- Singh, S. P. 1982. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris*. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 25:11-12.
- Singh, P.; Gepts, P. and Debouck, D. G. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ. Bot.* 45:379-396.
- Singh, S. P. 1992. Common bean improvement in the tropics. *Plant Breed. Rev.* 10:199-269.
- Yadav, S. S.; Kumar, J.; Turner, N. C.; Berger, J.; Redden, R.; McNeil, D.; Materne, M.; Knights, E. J. and Bahl, N. 2004. Breeding for improved productivity, multiple disease resistance and wide adaptation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant Gen. Res. Charact. & Util.* 2:181-187.