

COMUNICACIÓN CORTA

ENFERMEDADES Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LÍNEAS DE FRÉJOL BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA¹

Felipe Rafael Garcés-Fiallos², Álvaro Mauricio Vera-Alcívar²

RESUMEN

Enfermedades y componentes de rendimiento en líneas de fréjol bajo tres densidades de siembra. El objetivo fue evaluar las enfermedades, el rendimiento y sus componentes en líneas de fréjol bajo tres distanciamientos de siembra. El trabajo se realizó durante la época seca del año 2011, en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, Ecuador. Se determinó la incidencia y severidad de la roya (*Uromyces appendiculatus*) y mustia hilachosa (*Rizoctonia solani*) en los estadíos R7 (formación en legumbres) y R8 (llenado de legumbres), y después de la cosecha la incidencia de las pudriciones radiculares (*Macrophomina phaseolina* y *R. solani*). Los componentes de rendimiento (número de nudos, legumbres, granos, granos por legumbre, legumbres estériles y granos por planta) y peso de granos. Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con doce tratamientos y tres repeticiones, con arreglo factorial de 4 (líneas promisorias) x 3 (planta/m). Para la comparación entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad del error. Las líneas promisorias de fréjol EVG 06-103 y SER-03 presentaron menor intensidad de enfermedades. Un aumento en la densidad poblacional causó un acrecentamiento en la intensidad de la roya. Las líneas SER-08 y SER-03 obtuvieron la mayor productividad según la mayoría de componentes de rendimiento y peso de granos. Finalmente, el incremento de la densidad de plantas promovió reducción significativa en el número de legumbres, granos y granos por legumbre por planta, contrario al aumento observado en el peso de granos.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., *Uromyces appendiculatus*, *Rizoctonia solani*.

ABSTRACT

Diseases and production of promising germplasm of beans under different seeding density. The aim was to evaluate diseases and yield components in four promising bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) in three planting spacing. The work was carried out during the dry season of 2011, in the UTEQ, Quevedo, Ecuador. Intensity of rust (*Uromyces appendiculatus*) and web blight (*Thanatephorus cucumeris*) were evaluated in R7 (pod formation) and R8 (pod filling) growth stages; likewise, root rot (*Macrophomina phaseolina* and *R. solani*) incidence was evaluated after harvest. Some yield components were also quantified (number of nodes, pods, grains, grains per pod and sterile pods) and grain weight. A randomized complete block (RCBD) experimental design with twelve treatments and three replications in a factorial arrangement of 4 (lines promising) x 3 (plant/m) was used. Tukey test at 5% probability of error was used for comparison between treatments means. The bean promising lines EVG 06-103 and SER-03 showed lower disease intensity. An increase in density plant population caused a higher rust intensity. Bean lines SER-08 and SER-03 showed the highest productivity, according to most yield components and grain weight. Finally, the increase in plant density promoted a significant reduction in the number of pods, grains and grains per pod per plant, contrary to the observed increase in the weight of grains.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., *Uromyces appendiculatus*, *Rizoctonia solani*.

¹ Recibido: 14 de mayo, 2013. Aceptado: 18 de marzo, 2014. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación “Desarrollo y manejo de variedades e híbridos en cultivos de interés estratégico para el Ecuador”.

² Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación del Ecuador (SENESCYT) – Dirección de Investigación Científica y Tecnológica, y Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). Quevedo, Los Ríos, Ecuador. felipegarces23@yahoo.com (autor para correspondencia), alvaro_vera_alcivar@hotmail.com



INTRODUCCIÓN

El fréjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) fue originalmente el cultivo del nuevo mundo, siendo posteriormente extendido en todas las áreas productoras a nivel mundial (Graham y Renalli, 1997). En el Ecuador, esta leguminosa es consumida en todo el país por su valor nutritivo y accesible, formando parte de la dieta básica de la población. Según el INEC, MAG y SICA (2002), el promedio de la superficie total cosechada de esta leguminosa, en los cinco últimos años, es de 22 186 ha, correspondientes a 3410 ha para fréjol determinado y 18 776 ha para indeterminado, siendo su rendimiento promedio para fréjol seco de 350 kg/ha y para legumbre verde de 1340 kg/ha.

La zona central del Litoral Ecuatoriano, también denominada como cuenca alta del Río Guayas, es uno de los lugares agrícolas más importantes a nivel nacional, debido a que siembran cultivos de ciclo corto y sus suelos son muy productivos; siendo esta actividad fuente de ingresos para muchas personas (Garcés-Fiallos et al., 2012). Esta parte del Ecuador es una de las zonas más representativas de la siembra de esta leguminosa, excluyendo al Valle del Chota ubicado en la sierra norte del país.

Uno de los factores bióticos más importantes que limitan la producción de esta leguminosa son las enfermedades, debido a que no se realiza un diagnóstico correcto que permita un control oportuno, lo que puede causar daños en el rendimiento y pérdidas significativas para el productor (Garcés-Fiallos, 2011). El ambiente cálido y húmedo de los trópicos y subtrópicos, favorece el desarrollo de patógenos, teniendo entre otras limitaciones, la pequeña área de tierra disponible para los pequeños agricultores, provocando bajas posibilidades de rotación del cultivo, así como la escasez de semilla libre de enfermedades (Graham y Renalli, 1997). En la zona central del Litoral Ecuatoriano se han reportado diferentes enfermedades en esta leguminosa, tales como: roya (*Uromyces appendiculatus* Pers.:Pers.), mustia hilachosa [*Rhizoctonia solani* (Kuhn)] y virosis, así como las pudriciones radiculares [*Fusarium solani* (Mart.) Appel & Wollenv. f.sp. *phaseoli* (Burk.) Snyd. & Hans, *Fusarium oxysporum* Schlecht f.sp. *phaseoli* Kendrick & Snyder, *R. solani*, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. y *Sclerotium rolfsii* Sacc. (Garcés-Fiallos, 2011; Garcés-Fiallos y Gamarra, 2012a; Garcés-Fiallos et al., 2012). Muchas

de estas enfermedades inciden directamente en la producción, como es el caso de la mustia hilachosa, pudiendo afectar el rendimiento (Garcés-Fiallos, 2011) y varios de sus componentes (número de nudos, legumbres y semillas por planta) (Garcés-Fiallos y Gamarra, 2012b).

El material genético utilizado en la zona central del Litoral Ecuatoriano es originario de otras regiones del país con diferentes condiciones agroclimáticas, a lo que posiblemente se deba la baja producción obtenida por el pequeño y mediano productor que se dedican a la siembra de esta leguminosa. Por estas razones, la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) a través de la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica (DICYT) ha venido trabajando en la obtención de una variedad con características agronómicas y sanitarias ideales para esta zona del Ecuador, obteniendo hasta la actualidad algunos materiales promisorios que son estudiados en este trabajo.

En los sistemas tradicionales, y principalmente en los tecnificados, son esenciales los conocimientos sobre las alteraciones morfológicas y las modificaciones en los componentes de producción y en el rendimiento de granos de los cultivares modernos, cuando son sometidas a diferentes densidades poblacionales (Bezerra et al., 2009). Inclusive la densidad es una de las primeras prácticas a ser estudiadas en la adaptación de una especie, por la alteración que proporciona en el microclima, disponibilidad de luz, nutrientes, agua, temperatura, etc (Jauer et al., 2003).

Por las razones detalladas anteriormente y al no poseer ninguna información sobre el distanciamiento ideal de los materiales promisorios de la UTEQ, el objetivo de esta investigación fue evaluar las enfermedades, el rendimiento y sus componentes en líneas de fréjol bajo tres distanciamientos de siembra, en Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El presente trabajo se realizó durante la época seca (verano), de julio a diciembre de 2011, en la Finca Experimental La María, propiedad de la UTEQ, localizada en el km 7,5 vía Quevedo - El Empalme, cuyas coordenadas geográficas son 79° 30' 08" de longitud

oeste y 01° 00' 35'' latitud sur. Las condiciones del lugar son las siguientes: zona climática [bosque húmedo – tropical (bh-T)], temperatura promedio 24,2°C, humedad relativa de 77,4%, heliofanía total de 823 horas/luz/año, precipitación anual 1,537 mm, la topografía del terreno es plano, de textura del suelo franco arcilloso y pH 5,7.

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la División de Meteorología, Departamento de Sinóptica del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Quevedo (INIAP, comunicación personal, 2011).

Manejo del experimento

El área experimental en la que anteriormente se estableció el cultivo de arroz, fue de 494,5 m² constituidos por 36 parcelas de 7,5 m², divididas en cuatro hileras. La preparación de terreno se realizó mediante un pase de arado y dos de rastra, tres días antes de la siembra. Se utilizaron semillas de las líneas promisorias de fréjol desarrolladas por la UTEQ, de hábito de crecimiento determinado tipo Ia Cf6 0-0-4-9 (obtenidas del cruzamiento Cf6: INIAP-473 x EVG-6-248) y EVG 06-103 (obtenida a partir de la variedad EVG-06 de la empresa Ecuavegetal), y de crecimiento indeterminado tipo IIb, SER-03 y SER-08 (proyecto de la UTEQ: UICYT-DAGA-4c-1) 2009-11) de flor blanca, obtenidas por el método genealógico. Las semillas fueron previamente desinfectadas con carbendazim (ingrediente activo) en dosis de 3 ml por cada kilogramo de semillas. Se sembró el 13 de julio de forma manual utilizando un espeque y colocando dos semillas por agujero (raleado posteriormente en función de cada distanciamiento). El distanciamiento utilizado entre la hilera fue de 0,50 m, mientras que la separación entre plantas fue de 0,10 (10 plantas/metro lineal o 200 000 plantas/ha), 0,20 (5 plantas/metro lineal o 100 000 plantas/ha) y 0,30 m (3,6 plantas/metro lineal o 72 000 plantas/ha) para cada una de las líneas promisorias.

Se fertilizó utilizando un espeque a los 19 y 31 días después de la siembra (DDS), colocando en la primera fecha una fuente de N, P y K, en una relación de 30-60-30, en dosis de 150 kg/ha, y en la segunda una fuente de N al 46% en dosis de 100 kg/ha, a una distancia de 5 cm de la planta. Para el control de malezas se realizaron aplicaciones preemergentes de los herbicidas pendimetalina y glifosato, con dosis de 1,5 l/ha cada uno. Además, se recurrió a tres deshierbas

manuales durante el desarrollo del cultivo. Para el control de plagas se utilizaron los insecticidas lambdahalotrina (0,2 l/ha), metomil (0,5 kg/ha) y pyriclor (0,5 l/ha). Se realizaron tres riegos por aspersión para compensar la necesidad hídrica del cultivo. La cosecha se efectuó el 05 de noviembre (115 DDS).

Intensidad de enfermedades foliares

Se removieron tres trifolios, uno en cada estrato (inferior, medio y superior) de cuatro plantas escogidas al azar, ubicadas en las dos hileras exteriores a la parcela útil (dos en cada hilera) de cada uno de los tratamientos. Este material vegetal fue acondicionado en fundas plásticas y trasladado hasta el Laboratorio de Microbiología Ambiental y Vegetal de la UTEQ. Para el análisis foliar se utilizó el foliolo central de cada trifolio. En un microscopio estereoscopio (lente binocular óptica de 2X de ampliación visual) se cuantificó la incidencia (%), severidad (%) y número de pústulas/cm² de la roya (*U. appendiculatus*) y severidad (%) de la mustia hilachosa (*R. solani*). En este caso, la incidencia (%) se definió por el porcentaje de folíolos enfermos, la severidad (%) en función del daño ocasionado por la enfermedad, y finalmente el número de pústulas/cm² mediante la cuantificación total de pústulas/cm² en cada foliolo central destacado. Esta actividad se desarrolló en los estadios fenológicos R7 (primera legumbre visible con la corola de la flor colgada o desprendida) y R8 (inicio del llenado de legumbres e incremento del tamaño de la semilla, comenzando la senescencia), según Hall (1994).

Incidencia de enfermedades radiculares

Esta actividad se llevó a cabo después de la cosecha, cuantificando la presencia de síntomas ocasionados por las pudriciones radiculares de *M. phaseolina* y *R. solani* (cada una por separado), presentes entre la raíz y la parte inicial del tallo, en diez plantas tomadas al azar de la parcela útil.

Rendimiento y sus componentes

Después de la cosecha, se tomaron diez plantas al azar en cada parcela útil y se cuantificó el número de nudos en el tallo principal, el número de legumbres, legumbres estériles (vacías), granos por legumbre y por planta.

Luego se pesaron en una balanza digital 1000 granos obtenidos al azar de plantas de fréjol. Finalmente, para determinar el peso de grano por parcela, se extrajeron estos de todas las plantas de la parcela útil y se pesaron en una balanza digital, manteniendo la humedad de campo. Para la obtención del rendimiento de grano (kg/ha), se transformó el valor anterior a kilogramos por hectárea, ajustados al 13% de humedad (obtenido a partir de un determinador de humedad digital).

Análisis estadístico

Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con doce tratamientos (Cuadro 1) y tres repeticiones, con arreglo factorial de 4 (líneas promisorias) x 3 (planta/metro lineal). Se realizaron los testes de Bartlett y de Shapiro-Wilk, para verificar la homocedasticidad (variancias) y normalidad (residuos) de los datos, para cumplir los presupuestos (datos deben ser homogéneos y normales). Para la comparación entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad del error. Para realizar estos análisis, se utilizó el programa estadístico ASSISTAT 7,6 beta (2012) desarrollado por Silva y Azevedo (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones climáticas durante los 115 días que duró el experimento, fueron normales para el crecimiento habitual del cultivo e intensidad de las enfermedades evaluadas (Figura 1), una temperatura promedio de 24,11°C, humedad promedio de 85,26%, heliofanía total de 237,60 horas e precipitación pluvial total de 54,70 mm. Estas condiciones climáticas son similares a las del año 2010 en la misma localidad, comparadas con los trabajos de Garcés-Fiallos et al. (2012) y Garcés-Fiallos (2013), quienes reportan una temperatura promedio de 23,88°C, heliofanía total de 116,30 horas y precipitación pluvial de 55 mm.

Intensidad de enfermedades

No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, para los factores A (líneas promisorias) y B (distanciamientos), y en la interacción entre estos factores, para la mustia hilachosa y las pudriciones radiculares (datos no mostrados).

Para el caso de la roya, solamente se evidenciaron diferencias estadísticas en todas las variables evaluadas en el estadio fenológico reproductivo R8, en

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos establecidos en el experimento de fréjol realizado durante la época seca. Finca La María, UTEQ, Quevedo, Ecuador. 2011.

Tratamientos	Cultivar	Hábito de crecimiento	Plantas/metro lineal	Distanciamiento entre planta (cm)/plantas/hectárea
1			3,6	30/72 000
2	Cf ₆ 0-0-4-9		5	20/100 000
3		determinado	10	10/200 000
4		tipo Ia	3,6	30/72 000
5	EVG 06-103		5	20/100 000
6			10	10/200 000
7			3,6	30/72 000
8	SER-03		5	20/100 000
9		indeterminado	10	10/200 000
10		tipo IIb	3,6	30/72 000
11	SER-08		5	20/100 000
12			10	10/200 000

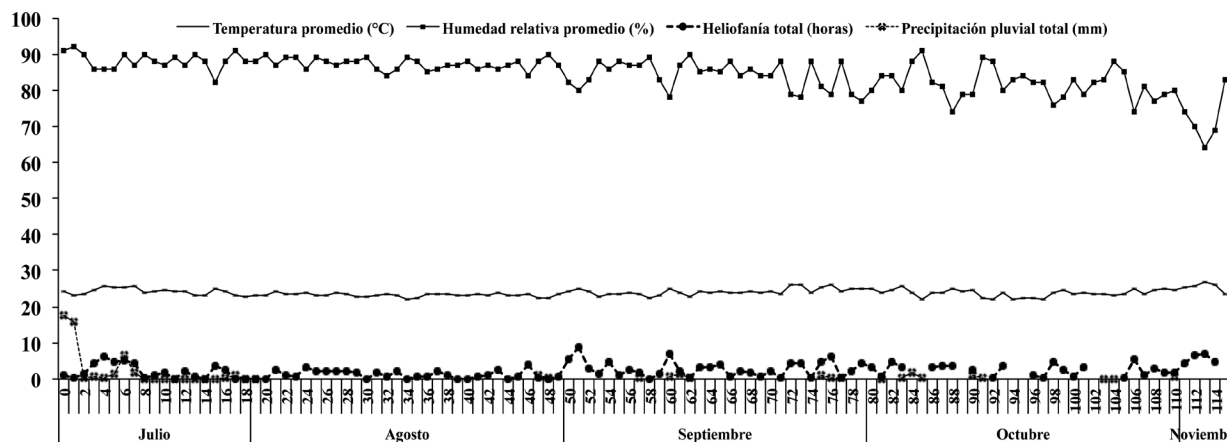


Figura 1. Condiciones climáticas durante los 115 días que el experimento fue establecido en el campo: temperatura promedio (°C), humedad relativa promedio (%), heliofanía total (h) e precipitación pluvial total (mm). Fuente: División de Meteorología. Departamento de Sinóptica del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quevedo, Ecuador. Época seca (verano), 2011.

los tratamientos, factores A (líneas promisorias) y B (distanciamientos), no existiendo interacción entre los dos factores.

Con relación a la incidencia (%) de la roya, en el estadio fenológico R8, la línea EVG 06-103 presentó el menor valor con 69,4%, mientras que el genotipo SER-08 obtuvo un 91,7% (Figura 2a1). El comportamiento diferenciado entre cultivares es también confirmado por Rios et al. (2001) en Brasil, en este caso, se analizó la reacción de la roya en 21 cultivares de fréjol común, utilizando una fitopatometría subjetiva (notas) con reacciones de 1 (inmune) a 6 (pústulas con diámetros mayores que 0,8 mm) encontrando cultivares con reacciones extremas de 1 a 6.

Se observó que con menor distanciamiento (10 cm) o mayor densidad poblacional (200 000 plantas/ha), se obtuvo mayor incidencia de la roya (91,6%), lo que a la vez produce una disminución de esta en función del aumento del distanciamiento (30 cm) o menor densidad poblacional (72 000 plantas/ha) (77,1%) (Figura 2a2). Esta circunstancia pudo deberse a la competencia de las uredósporas en el dosel del cultivo, al tener menos espacio entre plantas, pudiendo ocasionar inclusive una reducción en la dispersión temporal del patógeno por el viento (principal fuente de diseminación de las royas), así como por la menor cantidad de área foliar (cm²) en distanciamientos de 30 cm (Mureithi et al., 2012).

Para el caso de la severidad (%) (Figura 2b) y el número de lesiones/cm² de la roya (Figura 2c), estas dos variables tuvieron comportamiento diferencial similar entre los cuatro genotipos y los tres distanciamientos, en el estadio fenológico R8. La línea EVG 06-103 con 4,8% (Figura 2b1) y 4,4 lesiones/cm² (Figura 2c1) se comportó como el genotipo superior en comparación a los demás materiales. El material con mayor cantidad de roya fue la línea SER-08, con 10,1% y 10,2 lesiones/cm².

Comportamiento diferenciado entre cultivares con valores entre 2,0 y 7,6, y entre 1,67 y 9,00 utilizando la escala 1-2: resistente y 9: susceptible, fueron encontradas en México (López et al., 2001; 2003). Inclusive Garcés-Fiallos et al. (2012) analizando el comportamiento de la roya en 21 materiales de fréjol en condiciones agroclimáticas similares a las del presente experimento, mencionan valores de severidad entre 0,08 y 4,97%. Las diferencias encontradas (menor cantidad de enfermedad) por estos últimos autores, se dieron eventualmente por la utilización de la escala de Godoy et al. (1997). Igualmente, el número de uredías/cm² encontradas en el presente experimento (4,4 y 10,2 uredías), son bajas en comparación con los valores obtenidos por Garcés-Fiallos (2013) (0,5 y 41,4 uredías) en condiciones agroclimáticas y de cultivo similares, y por Iriti y Faoro (2003) (23,3 y 41,6 uredías) en condiciones controladas, utilizando

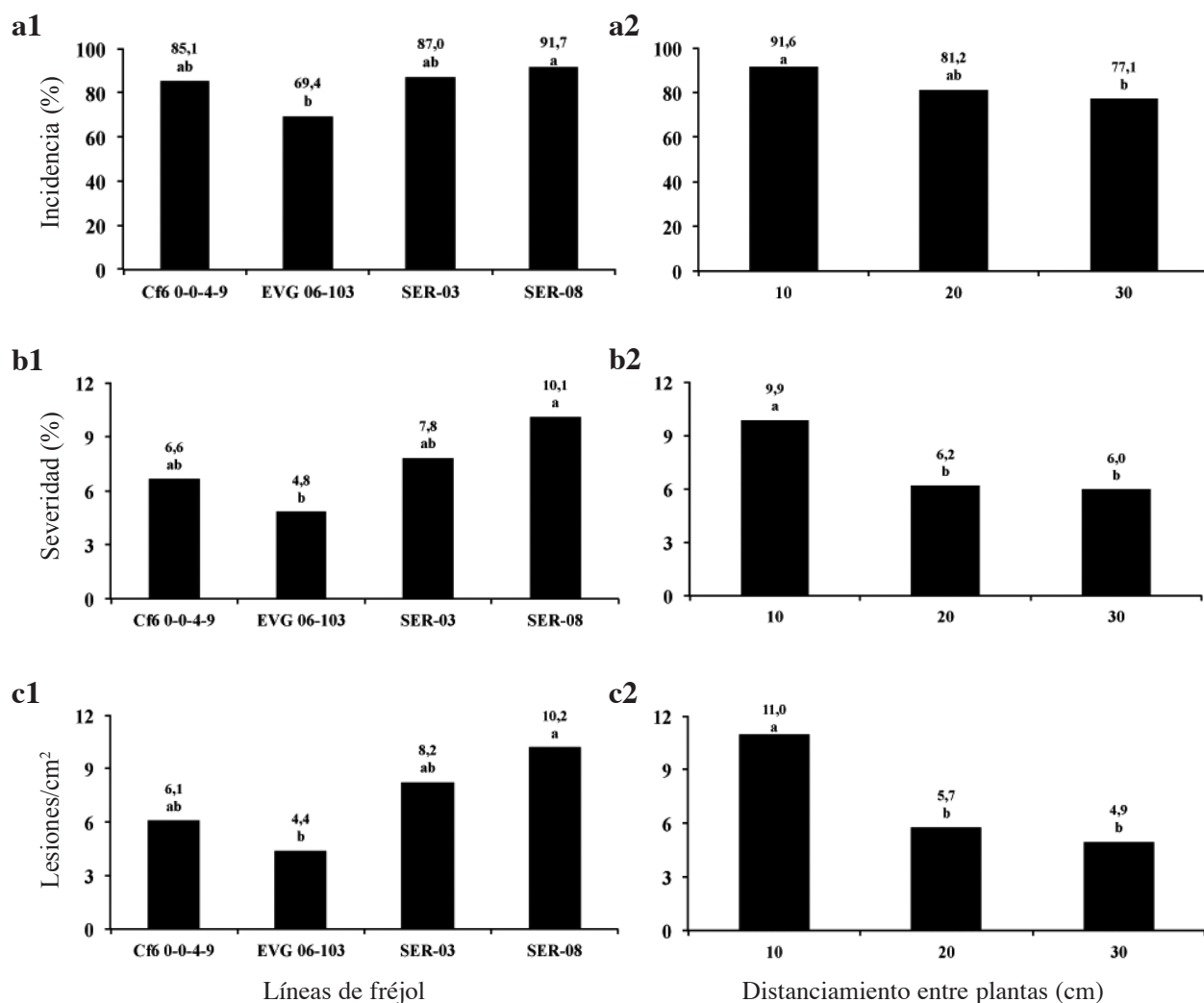


Figura 2. Incidencia (%) (a), severidad (%) (b) y número de lesiones/cm² (c) de la roya (*Uromyces appendiculatus*) en el estadio R8 en cuatro líneas promisorias de fréjol (a1, b1 y c1) bajo tres distanciamientos de siembra (a2, b2 y c2). Promedios seguidos por la misma letra entre tratamientos no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad del error. Quevedo. Ecuador. Época seca (verano), 2011.

una suspensión de 10^5 urediosporas/ml. Esto denota aún más, la baja intensidad de la roya obtenida en el presente experimento, en la búsqueda de genotipos sanitariamente superiores.

Se encontró una mayor severidad (2b2) y número de lesiones cm² (2b3) de la roya, en los distanciamientos 20 y 30 plantas/metro lineal. Similar comportamiento, fue encontrado por Gardner y Auma (1989) en el cultivo

de maní, obteniendo en el espaciamento de 0,30 m una mayor oferta de tejido foliar dada por la tasa de crecimiento foliar (estadísticamente superior) con 3,1 g/m²/día, en comparación con los espaciamentos de 0,15 y 0,10 m, con 2,5 y 2,1 g/m²/día, respectivamente.

Finalmente, los valores de severidad para la mustia hilachosa fluctuaron entre 2,5 (EVG 06-103 y SER-03) y 4,0% (SER-08), y para las pudriciones radiculares

causadas por *R. solani* y *M. phaseolina*, los promedios se ubicaron entre 5,3 (EVG 06-103) y 7,0% (SER-08) y entre 1,8 (SER-08) y 3,6% (EVG-06-103), respectivamente (datos no presentados). En función de estos resultados, se observó que el comportamiento de los genotipos fue similar para *R. solani* cuando se evaluó en los foliolos y la raíz, mientras que para *M. phaseolina* la respuesta de los materiales fue contrario a los datos obtenidos en la pudrición causada por *R. solani*.

Hasta la actualidad no se conoce la variabilidad patogénica de cada uno de los patógenos en Ecuador.

Rendimiento y sus componentes

Los cuadrados medios del análisis de variancia (ANOVA), evidenciaron significancia estadística en los tratamientos en casi todas las variables (excepto número de legumbres estériles). Así también, se evidenciaron diferencias estadísticas en el factor A (líneas promisorias) al 1% en las variables número de nudos, de granos y granos por legumbre, peso de mil granos, peso de granos por parcela y rendimiento, y al 5% para el número de legumbres y de legumbres estériles, mostrando comportamiento diferenciado de cada genotipo estudiado. Entre tanto, también se encontraron diferencias estadísticas en el factor B (distanciamiento) al 1% en las variables número de granos, peso de granos por parcela y rendimiento de granos, y al 5% solamente en el número de legumbres y de granos por legumbre, mostrando un efecto directo de los componentes de rendimiento: número de legumbres, de granos y de granos por legumbre por planta, en el peso de granos por parcela y rendimiento de granos. Finalmente, se encontró interacción significativa al 1% entre los factores A y B, solamente en las variables peso de granos por parcela y rendimiento de granos. Este último hecho demuestra que los factores (líneas y distanciamientos) son influenciados y/o son dependientes entre sí.

En lo referente al número de nudos por planta las líneas SER-08 y SER-03 con valores entre 10,3 y 11,0 nudos, fueron los genotipos estadísticamente superiores, en comparación con los promedios de 5,2 nudos encontrados en los demás genotipos (Figura 3a1). Este hecho posiblemente se debió al hábito de crecimiento del germoplasma estudiado (determinado e indeterminado), ya que en la literatura también se pueden encontrar valores entre 6,4 y 7,1 nudos en el cultivar Iraí

de fréjol de hábito de crecimiento determinado (Jauer et al., 2003) y entre 11,0 y 17,8 nudos en fréjol chino de hábito de crecimiento indeterminado (Matos-Filho et al., 2009).

Posteriormente, para el número de legumbres por planta, los valores encontrados estuvieron entre 18,6 y 19,6, obtenidos en los genotipos superiores SER-03 y SER-08, respectivamente (Figura 3b1). Estas cifras con superiores a los encontrados por Godoy et al. (2011) quienes encontraron valores entre 13,6 (EVG-2) y 16,0 legumbres (Pata de paloma) en genotipos de tipo indeterminado, en la misma localidad de cultivo. Las discrepancias observadas entre estas dos investigaciones, posiblemente sería por los distintos objetivos (evaluación de dos cultivares en asociación con maíz) propuestos por esos autores, y también por la posible superioridad genética. Además, se observó un mayor número de legumbres (19,8) en el distanciamiento de 30 cm, siendo inferior en los distanciamientos entre plantas menores (10 y 20 cm) (Figura 3b2). El número de legumbres por planta fue el componente de rendimiento más afectado por la densidad de plantas, y se obtienen efectos más intensos cuando se incrementa la densidad poblacional de plantas de 148 000 a 444 000 plantas/ha (Brathwaite, 1982). El efecto de la competencia suscitada en las poblaciones más densas, tuvo efectos directos en la capacidad productiva de plantas, con disminución de 69% en el número de legumbres por planta (Bezerra et al., 2009). Esta variable inclusive puede ser un criterio importante para la selección útil en ensayos de multi-localización, dirigidos a seleccionar estabilidad de rendimiento en materiales de fréjol (Umaharan et al., 1997).

Los valores para el número de granos por planta estuvieron entre 95,1 (SER-08) y 47,9 granos (CF6 0-0-4-9) (Figura 3c1). Estos son mayores a los obtenidos por Shimada et al. (2000) (35,2 a 39,2 granos) y por Abrantes et al. (2011) (43,0 a 49,4), lo que denota más todavía la superioridad de los genotipos estudiados en el presente trabajo. En función del distanciamiento, se observó un mayor número de granos por planta (86,6) a 30 cm, en comparación a los 10 (64,2 granos) y 20 cm (67,3 granos) entre planta (Figura 3c2), donde se observa que con la menor densidad (72 000 plantas/ha), se obtuvo un mayor número de granos por planta. Shimada et al. (2000), encontraron

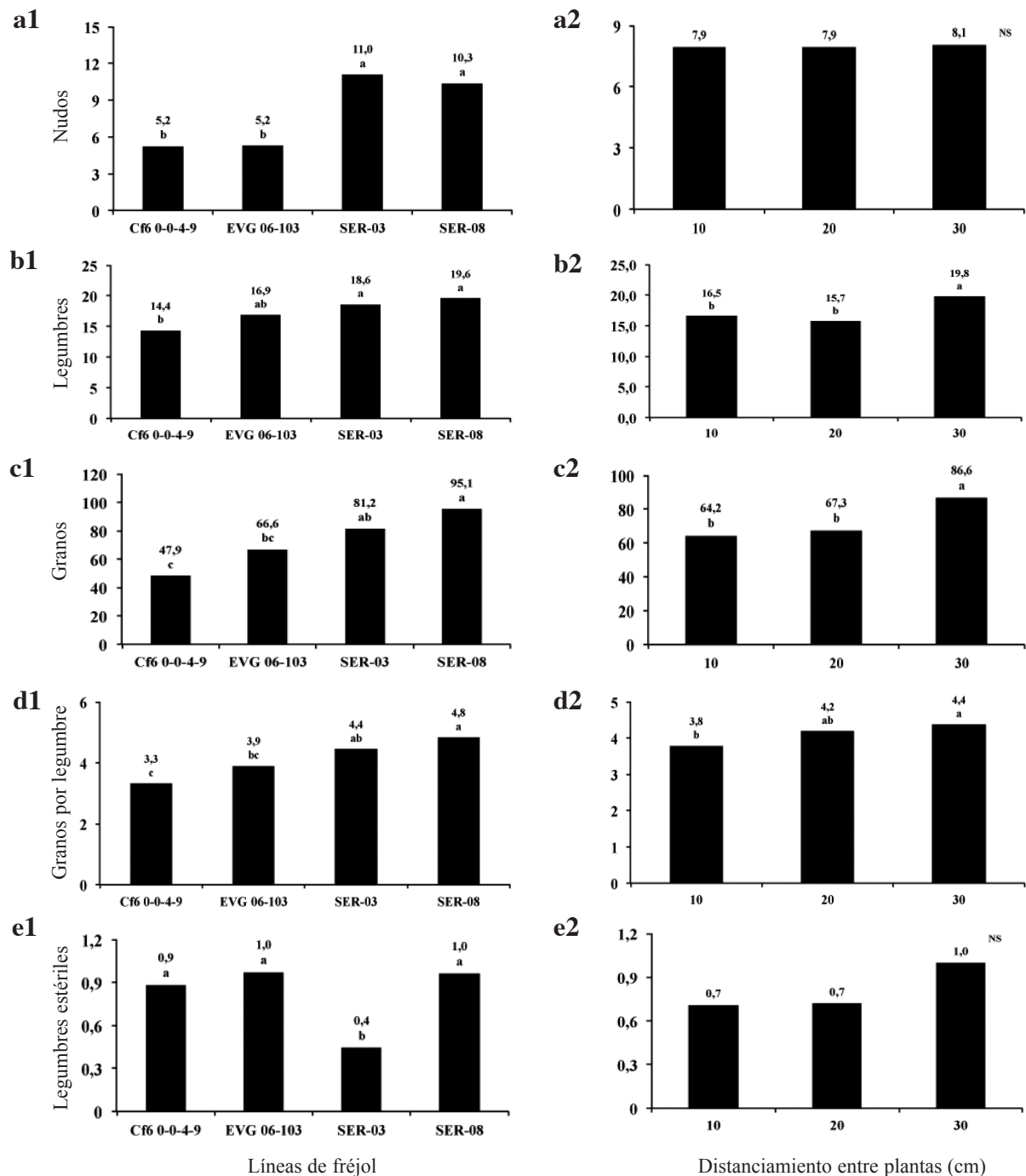


Figura 3. Componentes de rendimiento: número de nudos por planta (a1 y a2), número de legumbres por planta (b1 y b2), número de granos por planta (c1 y c2), número de granos por legumbre (D1 y D2) y número de legumbres estériles (e1 y e2) en cuatro líneas promisorias de fréjol bajo tres distanciamientos de siembra. Promedios seguidos por la misma letra entre tratamientos no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad del error. Quevedo, Ecuador. Época de verano, 2011.

en densidades de plantas (número plantas/m) de 8, 12 y 16, valores de 44,6; 35,0 y 32,0 granos por planta.

En relación al número de granos por legumbre, se encontraron valores de 3,30 y 3,88 granos en los materiales de crecimiento determinado Cf6 0-0-4-9 y EVG 06-103, respectivamente, y de 4,43 y 4,82 en los genotipos de crecimiento indeterminado SER-03 y SER-08, mostrando una superioridad de los materiales de crecimiento indeterminado (Figura 3d1), coincidiendo con Alves et al. (2009) quienes después de analizar cuatro materiales de fréjol de crecimiento determinado (BRS Radiante y Novo Jalo) e indeterminado (Bolinha y Ouro Vermelho), obtuvieron superioridad del segundo grupo en esta variable.

Posteriormente, fue encontrado un aumento progresivo del número de granos por legumbre a medida que es aumentado el distanciamiento entre plantas, de 10 (3,8 granos), 20 (4,2 granos) y 30 cm (4,4 granos) (Figura 3d2). El aumento de esta variable en una mayor densidad poblacional (200 000 planta/ha), fue también observada por Jauer et al. (2003) y Alves et al. (2009), quienes al relacionar la densidad de siembra (plantas/ha) con el número de granos por legumbre en cultivares de fréjol, encontraron coeficientes de determinación (R^2) significativos de 0,95 y 0,90%, y asociación lineal negativa.

En relación con el último componente de rendimiento, la línea SER-03 con un promedio de 0,4 legumbres estériles, fue el genotipo estadísticamente superior en comparación con los demás (Figura 3e1). A su vez, esta variable no fue influenciada por el distanciamiento entre plantas (Figura 3e2).

Entre tanto, el efecto directo encontrado de los componentes de rendimiento: número de legumbres, granos y de granos por legumbre por planta, peso de granos por parcela y rendimiento de granos en el factor B (distanciamiento entre plantas), es mencionado también por Souza et al. (2004), quienes indican que densidades poblacionales entre 100 000 y 400 000 plantas/ha, influyen el número de legumbres por planta y el de granos por legumbre, resultando en efecto significativo también sobre la productividad.

Se encontraron también valores de 328,5 y 348,0 g en los genotipos de crecimiento indeterminado SER-08 y SER-03, los cuales fueron inferiores a los obtenidos en los materiales de crecimiento determinado, siendo estos 512,5 en EVG 06-103 y 530,8 g en el genotipo Cf6 0-0-4-9 (Figura 4a1). Este hecho sin dudas se debió al tamaño del grano, ya que estos

materiales son clasificados por poseer tamaño de grano grande (EVG 06-103) y mediano (SER-03 y SER-08) (Garcés-Fiallos, 2011). A su vez, la masa de mil granos no fue influenciado por los tres distanciamientos entre plantas estudiados (Figura 4a2), lo que concuerda con Bezerra et al. (2012) y Shimada et al. (2000).

Finalmente, en el peso de granos dado por el peso de campo (g) y rendimiento (kg/ha), el comportamiento de las dos variables fue similar, siendo la línea SER-08 la más productiva (estadísticamente superior) con valores de 1309,1 g y 2721,2 kg, seguida de la línea SER-03 con promedios de 1138,2 g y 2369,1 kg, y finalmente las líneas Cf6 0-0-4-9 y EVG 06-103 con medias de 1001,6 g y 975,2 kg, y de 2171,3 g y 2045,2 kg (Figuras 4b1 y 4c1). Todos estos valores son mayores a los de 435,3 y 462,3 kg en las cultivares EVG-2 y Pata de paloma, obtenidos por Godoy et al. (2011), y al promedio máximo de 1401,5 kg obtenido en la variedad comercial INIAP-473 (Garcés-Fiallos et al., 2012), en condiciones agroclimáticas y de cultivo similares. Así también, el potencial productivo de las líneas SER-08 y SER-03 ha sido demostrado por Garcés-Fiallos (2011), de las cuales se obtuvo una producción de 3350 y 3720 kg/ha, las mismas que inclusive fueron estadísticamente superiores a los demás cultivares estudiados. Por otro lado, el distanciamiento de 10 cm entre plantas (mayor densidad poblacional), es donde se obtuvo el mayor peso de campo (1319,9 g) (Figura 4b2) y rendimiento (2771,2 kg) (Figura 4c2), presentando inclusive superioridad estadística en comparación a los otros distanciamientos de siembra. Esta conducta fue confirmada también por Shimada et al. (2000), Jauer et al. (2003), Souza et al. (2004) y Bezerra et al. (2009), quienes después de estudiar varias densidades poblacionales encontraron un aumento lineal y/o cuadrático a medida que se incrementa el número de plantas/ha.

En las condiciones que se realizó el presente experimento, la línea promisorio de fréjol EVG 06-103 presentó la menor incidencia de roya, constatándose también que una mayor densidad poblacional (menor distancia entre plantas en la hilera) causó un aumento en la intensidad de esta enfermedad. Así también, la línea SER-08 obtuvo mayor productividad según la mayoría de componentes de rendimiento y peso de granos (excepto número de legumbres estériles y masa de 1000 granos, respectivamente), seguida de la SER-03. Finalmente, el incremento de la densidad de plantas promovió reducción significativa en el número de legumbres, granos y granos por legumbre por planta,

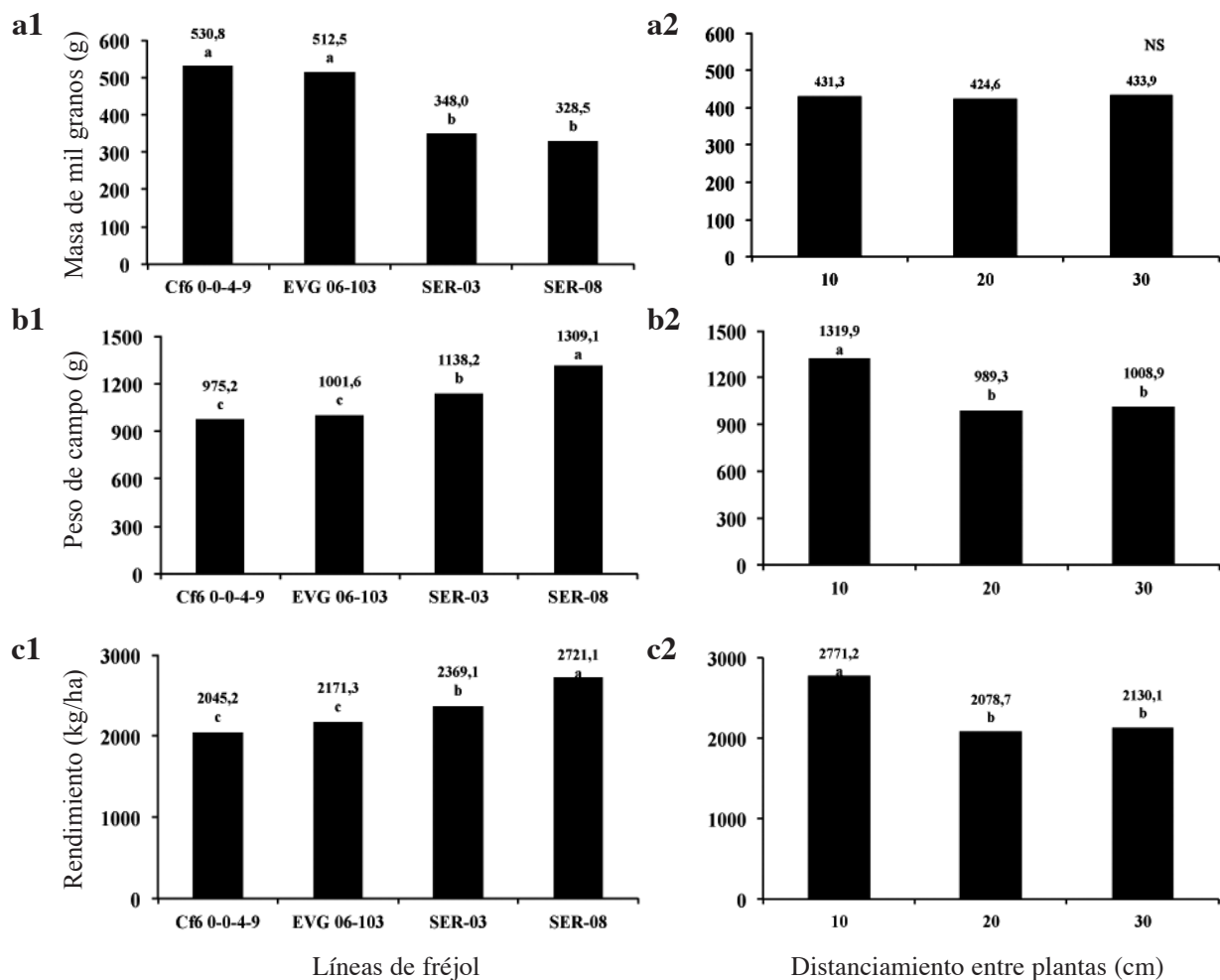


Figura 4. Masa de mil granos (g) (a1 y a2), peso de campo (g) (b1 y b2) y rendimiento de granos (c1 y c2) en cuatro líneas promisorias de fréjol bajo tres distanciamientos de siembra. Quevedo, Ecuador. Época de verano, 2011. Promedios seguidos por la misma letra entre tratamientos no difieren estadísticamente por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad del error.

contrario al aumento observado en el peso de campo por parcela (g) y rendimiento (kg/ha).

LITERATURA CITADA

Abrantes, F.L., M. Eustáquio de Sá, L.C. Domingues de Souza, M. Pina da Silva, H.M. Simidu, M. Andreotti,

S. Buzetti, W.V. Velério-Filho, y N. Arruda. 2011. Uso de regulador de crecimiento em cultivares de feijão de inverno. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 41(2): 148-154.

Alves, A.F., M.J.B. de Andrade, J.R. de M. Rodrigues, y N.M.B. Vieira. 2009. Densidades populacionais para cultivares alternativas de feijoeiro no norte de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia* 33(6):1495-1502.

- Bezerra, A.A. de C., F.J.A. Fernandes-Távora, F.R. Freire-Filho, y V.Q. Ribeiro. 2009. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais Pesquisa Agropecuária Brasileira 44(10):1239-1245.
- Bezerra, A.A. de C., F. de A. Neto, A. Cabral das Neves, y K. Maggion. 2012. Comportamento morfoagronômico de feijão caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. Amazonian Journal of Agricultural Sciences 55(3):184-189.
- Brathwaite, R.A.I. 1982. Bodie bean responses to changes in plant density. Agronomy Journal 74(4):593-596.
- Garcés-Fiallos, F.R. 2011. Modelo de ponto crítico para estimar danos causados pela mela na cultura do feijoeiro. Ciencia y Tecnología 4(1):1-4.
- Garcés-Fiallos, F.G., y Y.H.V. Gamarra. 2012a. Intensidade de doenças foliares e radiculares e componentes de rendimento de sete genótipos de feijão em Quevedo, Equador. Tropical Plant Pathology 37(Suplemento):449.
- Garcés-Fiallos, F.G., y Y.H.V. Gamarra. 2012b. Relação entre mela e componentes de rendimento de sete genótipos de feijão em Quevedo, Equador. Tropical Plant Pathology 37(Suplemento):450.
- Garcés-Fiallos, F.R., R.G. Zabala-Palacios, T.G. Díaz-Coronel, y D.F. Vera-Avilés. 2012. Evaluación agronómica y fitosanitaria de germoplasma de fréjol en el trópico húmedo Ecuatoriano. Revista Científica UDO Agrícola 12(2):230-240.
- Garcés-Fiallos, F.R. 2013. Cuantificación de enfermedades en líneas promisorias y variedades de fréjol en Quevedo, Ecuador. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 11(1):196-207.
- Gardner, F.P., y E.O. Auma. 1989. Canopy structure, light interception, and yield and market quality of peanut genotypes as influenced by planting pattern and planting date. Field Crops Research 20:13-29.
- Godoy, C.V., S.M.T.P.G. Carneiro, M.T. Iamauti, M.D. Pria, L. Amorim, R.D. Berger, y A. Bergamin Filho. 1997. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. Zeitschrift Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 104(4):336-345.
- Godoy, M.L., C.G. Díaz, M.G. Vásconez, D.E. Defaz, y O.B. González. 2011. Evaluación de dos variedades de fréjol durante tres épocas de siembra bajo sistema de cultivo asociado con maíz. Ciencia y Tecnología 4(1):5-11.
- Graham, P.H., y P. Ranalli. 1997. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Research 53:131-146.
- Hall, R. 1994. Compendium of bean diseases. 2 ed. APS Press, Minnesota, USA.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos); MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería); SICA (Servicio de Información y Censo Agropecuario). 2002. III Censo Nacional Agropecuario. Resultados Nacionales y Provinciales. INEC, MAG, SICA, Quito, Ecuador.
- Iriti, M., y F. Faoro. 2003. Benzothiadiazole (BTH) induces cell-death independent resistance in *Phaseolus vulgaris* against *Uromyces appendiculatus*. Journal of Phytopathology 151:171-180.
- Jauer, A., L.M. Costa-Dutra, O.A. Lucca-Filho, A.L. Santi, L. Zobot, D. Uhry, R. Bonadimam, G.L. Bellé, y A. Dal'col-Lúcio. 2003. Rendimentos de grãos, seus componentes e características morfológicas do feijoeiro comum cultivado em quatro densidades de semeadura na safrinha. Ciência Rural 33(1):21-26.
- López, E., O. Cano, B. Villar, J. Cumpian, J.F. Ugalde, y O.V. López. 2001. Evaluación de líneas de frijol negro en Veracruz y Chiapas, México. Agronomía Mesoamericana 12(2):129-133.
- López, E., O.H. Tosquy, B. Villar, E.N. Becerra, y J.F. Ugalde. 2003. Adaptación, resistencia múltiple a enfermedades y tolerancia a suelos ácidos en genotipos de frijol. Agronomía Mesoamericana 14(2):151-155.
- Matos-Filho, C.H.A., R.L. Ferreira-Gomes, M. Moura-Rocha, F.R. Freire-Filho, y A.C. D.E. Almeida-Lopes. 2009. Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta. Ciência Rural 39(2):348-354.
- Mureithi, D.M., M.O.A. Onyango, P. Jeruto, y B.M. Gichimu. 2012. Response of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to intra-row spacing in Maseno Division, Kenya. Journal of Applied Sciences 12(1):96-100.
- Rios, G.P., E.M. Andrade, y J.L.S. Costa. 2001. Avaliação da resistência de cultivares e linhagens do feijoeiro comum a diferentes populações de *Uromyces appendiculatus*. Fitopatologia Brasileira 26(2):128-133.
- Shimada, M.M., O. Arf, y M.E. de Sá. 2000. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. Bragantia 59(2):181-187.
- Silva, F. de A.S., y C.A.V. de Azevedo. 2002. Versão do programa computacional Assistat para o sistema

operacional Windows. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais 4(1):71-78.

Souza, A.B. de, M.J. Bastos de Andrade, y V.G.V. Alves. 2004. Populações de plantas, adubação e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em um Gleissolo de

Ponta Grossa, Estado do Paraná. Acta Scientiarum: Agronomy 26(3):347-352.

Umaharan, P., R.P. Ariyanayagam, y S.Q. Haque. 1997. Genetic analysis of yield and its components in vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). Euphytica 96(2):207-213.