

# Correlación entre enfermedades y rendimiento en nuevos genotipos ecuatorianos de fréjol

## Correlation Between Yield and Diseases in New Ecuatorian Bean Genotypes

Ismael Modesto Olmedo-Zamora,<sup>1</sup> Felipe Rafael Garcés-Fiallos<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. Casilla postal 73.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, Campus La Teodomira, Lodana, Manabí, Ecuador. Código postal: EC130105.

\*Autor de correspondencia: fgarcés@utm.edu.ec

### Resumen

El objetivo fue evaluar las enfermedades foliares y radicales, así como la producción de granos, y correlacionar sus variables en 18 líneas promisorias de fréjol con hábito de crecimiento determinado tipo Ia, tres de crecimiento indeterminado tipo IIb y la variedad INIAP-473 utilizada como testigo. Esto en un único experimento de campo durante la época seca del año 2011, en Quevedo, Ecuador, bajo un diseño experimental de bloques completo al azar y conformado por tres repeticiones. Se evaluó tanto la severidad (%) de enfermedades foliares durante las etapas fenológicas R7 y R8, así como la incidencia (%) de enfermedades radicales. Se cuantificaron tanto el número de granos por planta y granos por vaina, como la longitud de vaina, el peso de mil granos y el rendimiento de grano. Para la comparación entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de Scott-Knott ( $p < 0.05$ ). Los genotipos Cf<sub>6</sub> 0-0-3-1, Cf<sub>6</sub> 0-0-3-7, Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8 e INIAP-473 lograron menor severidad de enfermedades foliares, mientras que las líneas Cf<sub>6</sub> 0-0-1-12, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-4, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-9 y SER-31 consiguieron menor incidencia de enfermedades radicales. Plantas de los genotipos Cf<sub>6</sub> 0-0-7-2, SER-03 y SER-31 obtuvieron el mayor número de gra-

### Abstract

The aim was to evaluate foliar and root diseases and grain production, as well as the grain production, and to correlate their variables in 18 bean promising lines of determinate growth habit Ia, three indeterminate growth habit IIb, and the variety INIAP-473 used as control. This is a single field experiment during the dry season of 2011, in Quevedo, Ecuador, under a randomized complete block design and made up of three repetitions. Both the severity (%) of foliar diseases during the phenological stages R7 and R8 and the incidence (%) of root diseases were assessed. The number of grains per plant, and grains per pod, pod length, 1000 grain weight and grain yield were quantified. For comparison between the means of the treatments was used the test Scott-Knott ( $p < 0.05$ ). The genotypes Cf<sub>6</sub> 0-0-3-1, Cf<sub>6</sub> 0-0-3-7, Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8, and INIAP-473 managed to lower the severity of foliar diseases, while the lines Cf<sub>6</sub> 0-0-1-12, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-4, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-9 and SER-31 got lower incidence of rot root. Plants of Cf<sub>6</sub> 0-0-7-2, SER-03, and SER-31 genotypes obtained a higher number of grains and grains per pod. The number of grains, and pods per plant, were found as important yield components in the bean. Based on the results,

nos y granos por vaina. Se encontraron como componentes importantes de rendimiento en fréjol al número de granos y vainas por planta. En función de los resultados, se destacaron los genotipos Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-2 y SER-03 por mostrar menor intensidad de enfermedades, mayor número de granos y rendimiento superior a los 3,000 kg/ha.

### Palabras clave

*Phaseolus vulgaris*, *Rhizoctonia solani*, *Uromyces appendiculatus*, virosis, patógenos radiculares, producción de granos.

the genotypes Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-2, and SER-03 stood out for showing a less disease intensity, higher number of grains, and grain yield exceeding 3,000 kg/ha.

### Keywords

*Phaseolus vulgaris*, *Rhizoctonia solani*, *Uromyces appendiculatus*, virosis, root pathogens, grain production.

## Introducción

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa más cultivada y consumida en el Ecuador, sea como grano seco o fresco (con alto contenido de humedad cosechado antes de la madurez fisiológica) (Ernest *et al.*, 2008). Esta leguminosa es cultivada en varias provincias de la costa y sierra del país, entre 0 y 2,000 msnm. En la costa, la provincia de Los Ríos es un polo agrícola dedicado a la siembra de esta leguminosa, ubicada en la cuenca del río Guayas, siendo apreciados mayormente los granos de color rojo, seguidos de amarillos (canario) y blancos (caballero). Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2015), el área sembrada y el rendimiento promedio de fréjol seco en esta provincia oscila entre 2,894 ha y 470 kg/ha, respectivamente. Aunque este rendimiento es mayor a la media nacional (470 kg/ha), es bajo cuando se compara con otros países de América Latina. Tal vez, la disminución en el rendimiento de granos de deba a factores bióticos como enfermedades y plagas.

Entre las principales enfermedades de esta leguminosa en el país se encuentran la roya (*Uromyces appendiculatus* Pers.:Pers.), mustia hilachosa [*Rhizoctonia solani* (Kuhn)], virosis y pudriciones radiculares [*Fusarium* spp., *R. solani*, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. y *Sclerotium rolfsii* Sacc. (Garcés-Fiallos *et al.*, 2012; Garcés-Fiallos, 2013). Entre estas, la mustia hilachosa puede causar daños directos a este cultivo, ya que de no controlarse oportunamente puede generar daños en el rendimiento —más de 7% de severidad puede ocasionar reducción de hasta 1,000 kg/ha (Garcés-Fiallos, 2011)— y sus componentes, como el número de nudos por planta, número de vainas por planta y número de semillas por planta (Garcés-Fiallos *et al.*, 2013).

La productividad de granos resulta de la expresión y de la asociación de varios componentes, considerados importantes en el proceso de selección de nuevos genotipos (Amorim *et al.*, 2008). Tanto el rendimiento como sus componentes son independientes uno del otro, no siendo el rendimiento de granos de manera aislada como el mejor criterio de selección en programas de mejoramiento de fréjol, debido a su baja heredabilidad y alta interacción con el medio ambiente (Kuruvadi y Cortinas-Escobar, 1987). De esta

manera se torna importante conocer de la interrelación entre componentes de rendimiento (Barili *et al.*, 2010). La correlación entre dichas variables aportaría en la elección correcta de genotipos de fréjol, aparte de ofrecer conocimientos sobre el tema.

El material genético existente en el país y específicamente en la cuenca alta del río Guayas (lugar de la investigación) no compensan la inversión realizada por los agricultores, los cuales en su mayoría son pequeños y medianos, dedicados a la agricultura de subsistencia (Garcés-Fiallos *et al.*, 2012). Con la finalidad de contar con genotipos adaptados al lugar, la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) trabaja desde hace algunos años en el mejoramiento de esta leguminosa, realiza estudios agronómicos, sanitarios y productivos en germoplasma promisorio, obtenido por la institución.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las enfermedades foliares y producción de granos, y correlacionar sus variables en 22 genotipos de fréjol durante la época seca en el año 2011, en Quevedo, Ecuador. La hipótesis es que por lo menos uno de los materiales muestre bajos índices sanitarios y alta producción de granos.

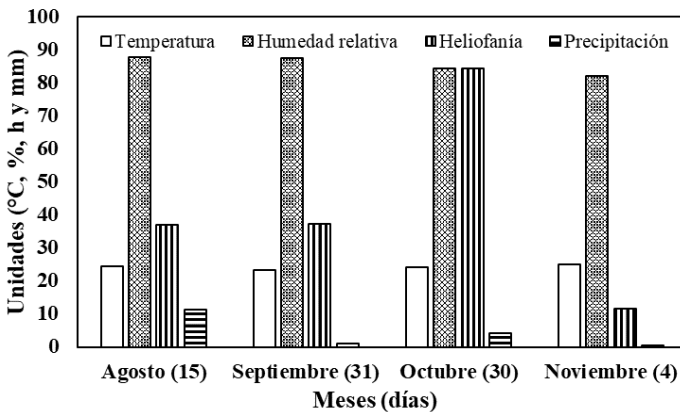
## Materiales y métodos

### Localización del experimento

El presente estudio se realizó durante la época seca (verano), en el período julio a octubre de 2011, en la Finca Experimental “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicada 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, a una altura de 73 msnm. Las condiciones climáticas registradas durante cuatro meses se presentan en la figura 1.

Figura 1

Condiciones climáticas registradas durante agosto (15), septiembre (31), octubre (30) y noviembre (4), del año 2011. Quevedo, Ecuador.



Fuente: División de Meteorología, Departamento de Sinóptica del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-INIAP, Quevedo, Ecuador.

## Genotipos de fréjol

Se utilizaron 21 líneas promisorias de fréjol de color rojizo desarrolladas en la UTEQ, de las cuales 18 líneas provienen de una cruce biparental entre la variedad INIAP-473 y la línea promisoriosa EVG-6-248, mediante un avance generacional por el método genealógico *pedigree*, todas de hábito de crecimiento determinado tipo Ia (Cf<sub>6</sub> 0-0-1-9, Cf<sub>6</sub> 0-0-1-12, Cf<sub>6</sub> 0-0-3-1, Cf<sub>6</sub> 0-0-3-7, Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8, Cf<sub>6</sub> 0-0-4-9, Cf<sub>6</sub> 0-0-4-13, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-2, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-4, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-5, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-7, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-1, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-2, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-3, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-6, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-7, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-8 y Cf<sub>6</sub> 0-0-7-9), y las tres líneas SER-03, SER-08 y SER-31, con hábito de crecimiento indeterminado tipo IIb. La variedad comercial INIAP-473 se utilizó como control.

## Manejo del experimento

Antes de la siembra fueron realizados tres pases de rastra, siendo posteriormente eliminados los residuos de las plantas espontáneas que se encontraban en el lugar y, finalmente, efectuado un riego de dos horas. La siembra se efectuó el 16 de julio de forma convencional, utilizando un espeque, a una profundidad de 3 cm, depositando una semilla por agujero, a un distanciamiento entre hileras de 0.50 m y entre plantas de 0.20 m. Cada parcela constó de cuatro hileras de 6 m cada una, y de 0.50 m entre ellas, conformando parcelas de 9 m<sup>2</sup>, totalizando un área experimental de 924 m<sup>2</sup>. La semilla fue tratada con el fungicida Carbendazin en dosis de 3 cm<sup>3</sup>/kg de semilla. Los insectos plagas fueron controlados con los insecticidas lambdacihalotrina, clorpirifos e imidacloprid con dosis de 0.2, 2.0 y 0.5 L/ha, respectivamente. No fue aplicado fungicida en la parte aérea. Se fertilizó en función de un análisis previo de suelo (cuadro 1), aplicando, al momento de la siembra, una fuente de N (18%) y P (46%), otra de P (22%), Mg (18%) y S (22%), y una última de B (34%), a razón de 100, 50 y 10 kg/ha, respectivamente. Se irrigó en función de la necesidad hídrica del cultivo. Se cosechó el 2 de diciembre —a los 80 días después de la siembra (DDS)—, en la etapa fenológica R9 (vainas totalmente deshidratadas) (Hall, 1994).

### Cuadro 1

#### Análisis de suelo realizado en el año 2010. Finca experimental “La María”, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 2011

Parámetros analizados	pH	ppm		meq 100 mL <sup>-1</sup>				ppm					MO (%)	Textura (%)		
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B		Arena	Limo	Arcilla
Cantidad	5.7	49	16	0.97	11	1.7	42	3.6	8.2	199	11.1	0.16	3.3	36	42	22
Interpretación	MeAc <sup>1</sup>	A <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>	A	A	M	A	M	A	A	M	B <sup>4</sup>	M	Franco		

<sup>1</sup> MeAc: Medio ácido. <sup>2</sup> A: Alto. <sup>3</sup> M: Medio. <sup>4</sup> B: Bajo.

## VARIABLES ESTUDIADAS

### Intensidad de las enfermedades foliares

La severidad (%) de las enfermedades foliares (mustia hilachosa: *Rhizoctonia solani* Kuhn; roya: *Uromyces apendiculatus* Pers.:Pers. y virosis) se evaluó en cuatro plantas (dos en cada hilera lateral de la parcela útil) marcadas con cuerdas de polietileno, considerando el porcentaje de folíolos lesionados, necróticos o muertos, durante los estados fenológicos reproductivos R7 y R8, equivalente a la formación de vainas y llenado de vainas, respectivamente (Hall, 1994).

La incidencia (%) de enfermedades radicales se calculó después de la cosecha, acorde a la metodología de Garcés-Fiallos y Gamarra-Yáñez (2014), con modificaciones. Para esto, diez plantas de fréjol de cada genotipo de la parcela útil (dos hileras centrales) retiradas al azar, fueron arrancadas del suelo. Sus raíces fueron raspadas con un cuchillo para visualizar los síntomas característicos de cada pudrición. Finalmente, se calculó la incidencia de todas las pudriciones radicales (complejo) en la parte inferior del tallo e inicial de la raíz de cada una de las plantas.

### Producción

Después de ser cosechadas todas las plantas de la parcela útil (en las dos hileras centrales), se colectaron al azar 10 plantas, cuantificando en estas el número de granos y número de granos por vaina y longitud de la vaina. Así también, se ponderó el peso de mil granos (kg) y rendimiento de granos por hectárea (kg/ha).

### Diseño experimental y análisis estadísticos

Se utilizó el diseño de bloques completo al azar, debido a la pendiente del terreno y la cercanía de un rodal de pachaco (*Schizolobium parahybum*) con 22 tratamientos (genotipos) y tres repeticiones.

Para verificar la existencia de normalidad (residuos) y homocedasticidad (varianzas), se realizaron las pruebas de Bartlett y de Shapiro-Wilks, respectivamente. Para la comparación entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de Scott-Knott ( $p < 0.05$ ); así también se correlacionaron todas las variables estudiadas mediante la correlación de Pearson ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.01$  y  $p < 0.05$ ). Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa estadístico SAS 9.0 (SAS, 2002).

## Resultados

El porcentaje de la intensidad de las enfermedades foliares y radicales se muestran en el cuadro 2. Entre las enfermedades foliares evaluadas en el presente experimento se observó con más intensidad la mustia hilachosa. En las dos etapas fenológicas evaluadas se observó diferencia entre genotipos. En el estado fenológico R7, la mayoría de los genotipos presentaron una menor severidad, en comparación con los Cf<sub>6</sub> 0-0-7-9 (8.58%), Cf<sub>6</sub> 0-0-7-6 (8.75%), Cf<sub>6</sub> 0-0-1-12 (9.00%), Cf<sub>6</sub> 0-0-5-2 (9.00%), Cf<sub>6</sub> 0-0-7-3 (9.17%)

y Cf<sub>6</sub> 0-0-4-13 (9.50%). Con el aumento temporal de la severidad, durante la etapa R8, solamente las líneas Cf<sub>6</sub> 0-0-3-7 (11.50%), Cf<sub>6</sub> 0-0-3-1 (12.92%) y Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8 (13.17%), así como la variedad control INIAP-473 (13.17%), mostraron una menor severidad de enfermedades foliares en comparación a los demás genotipos (cuadro 2). Las enfermedades radiculares encontradas fueron las pudriciones originadas por *Fusarium* spp., *R. solani*, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. y *Sclerotium rolfsii* Sacc. Las líneas Cf<sub>6</sub> 0-0-7-9 (29.43%), Cf<sub>6</sub> 0-0-5-4 (31.00%), Cf<sub>6</sub> 0-0-1-12 (31.09%) y SER-31 (32.14%), presentaron la menor incidencia de pudriciones radiculares (cuadro 2).

## Cuadro 2

Severidad del complejo de enfermedades foliares durante los estados fenológicos R7 y R8 e incidencia de pudriciones radiculares en 22 genotipos de fréjol establecidos durante la época seca del año 2011. Quevedo, Ecuador

Material genético	Severidad de enfermedades foliares				Incidencia de pudriciones radiculares	
	R7		R8			
Cf <sub>6</sub> 0-0-1-9	7.00	b	14.83	a	40.55	b
Cf <sub>6</sub> 0-0-1-12	9.00	a	17.75	a	31.09	c
Cf <sub>6</sub> 0-0-3-1	5.92	b	12.92	c	39.06	b
Cf <sub>6</sub> 0-0-3-7	6.67	b	11.50	c	50.02	b
Cf <sub>6</sub> 0-0-4-8	6.00	b	13.17	c	48.06	b
Cf <sub>6</sub> 0-0-4-9	6.08	b	13.42	b	54.30	a
Cf <sub>6</sub> 0-0-4-13	9.50	a	16.08	a	43.39	b
Cf <sub>6</sub> 0-0-5-2	9.00	a	13.83	b	60.82	a
Cf <sub>6</sub> 0-0-5-4	6.58	b	14.00	b	31.00	c
Cf <sub>6</sub> 0-0-5-5	6.17	b	14.25	b	54.54	b
Cf <sub>6</sub> 0-0-5-7	7.00	b	13.42	b	49.02	b
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-1	7.08	b	15.50	a	42.69	b
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-2	6.00	b	15.00	a	52.21	b
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-3	9.17	a	18.00	a	53.13	b
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-6	8.75	a	16.67	a	50.81	a
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-7	5.50	b	14.42	b	55.54	a
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-8	7.58	b	15.50	a	49.34	b
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-9	8.58	a	19.42	a	29.43	c
SER-03	6.83	b	14.00	b	49.34	b
SER-08	6.67	b	14.17	b	56.15	a
SER-31	5.33	b	14.58	b	32.14	c
INIAP-473	6.58	b	13.17	c	37.47	b
CV (%)	21.76		16.64		19.18	

Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren estadísticamente por la prueba de Skott-Knott ( $p < 0.05$ ).

En la mayoría de las variables productivas se observó diferencia entre genotipos, excepto el rendimiento de granos (cuadro 3). Las líneas SER-31 (63.67 granos), Cf<sub>6</sub> 0-0-7-2 (65.00 granos) y SER-03 (74.23 granos), obtuvieron el mayor número de granos por planta. El mayor número de granos por vaina lo obtuvieron las líneas Cf<sub>6</sub> 0-0-4-13, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-3, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-2, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-4, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-2, SER-03, SER-31 y SER-08, con valores que oscilan entre 3.73 y 4.48, respectivamente. Las líneas de crecimiento indeterminado SER-08 (11.50 cm), SER-03 (11.58 cm) y SER-31 (12.08 cm), obtuvieron la menor longitud de vaina. Sin embargo, estas mismas líneas mostraron menor peso de mil granos SER-08 (0.33 kg), SER-03 (0.36 kg) y SER-31 (0.36 kg).

### Cuadro 3

Número de granos por planta, número de granos por vaina, peso de mil granos y rendimiento de granos (kg/ha) en 22 genotipos de fréjol establecidos durante la época seca del año 2011. Quevedo, Ecuador

Material genético	Granos por planta		Granos por vaina		Longitud de vaina (cm)		Peso de mil granos (kg)		Rendimiento de granos (kg/ha)	
Cf <sub>6</sub> 0-0-1-9	43.77	b	3.00	b	13.65	b	0.50	a	2,485.19	ns.
Cf <sub>6</sub> 0-0-1-12	56.17	b	3.25	b	13.32	b	0.50	a	2,757.78	
Cf <sub>6</sub> 0-0-3-1	49.20	b	3.59	b	13.58	b	0.48	a	2,913.33	
Cf <sub>6</sub> 0-0-3-7	40.60	b	3.12	b	13.35	b	0.51	a	2,492.59	
Cf <sub>6</sub> 0-0-4-8	50.30	b	3.53	b	13.75	b	0.52	a	3,117.04	
Cf <sub>6</sub> 0-0-4-9	45.13	b	3.24	b	13.47	b	0.53	a	2,596.30	
Cf <sub>6</sub> 0-0-4-13	51.33	b	3.79	a	14.00	a	0.49	a	2,438.52	
Cf <sub>6</sub> 0-0-5-2	52.83	b	4.03	a	14.17	a	0.55	a	3,240.74	
Cf <sub>6</sub> 0-0-5-4	56.83	b	4.00	a	14.03	a	0.52	a	2,797.78	
Cf <sub>6</sub> 0-0-5-5	50.40	b	3.39	b	14.13	a	0.52	a	2,740.00	
Cf <sub>6</sub> 0-0-5-7	56.10	b	3.54	b	14.12	a	0.51	a	2,734.81	
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-1	43.23	b	3.13	b	13.50	b	0.51	a	2,392.59	
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-2	65.00	a	3.91	a	13.87	a	0.49	a	2,978.52	
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-3	51.97	b	3.84	a	13.40	b	0.50	a	2,710.37	
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-6	48.73	b	3.21	b	14.10	a	0.47	a	2,237.78	
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-7	50.13	b	3.60	b	13.60	b	0.49	a	2,880.00	
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-8	49.13	b	3.16	b	13.58	b	0.46	a	2,300.74	
Cf <sub>6</sub> 0-0-7-9	53.40	b	3.43	b	14.30	a	0.50	a	2,812.59	
SER-03	74.23	a	4.12	a	11.58	c	0.36	b	3,171.11	
SER-08	55.67	b	4.48	a	11.50	c	0.33	b	2,640.74	
SER-31	63.67	a	4.42	a	12.08	c	0.36	b	2,906.67	
INIAP-473	57.00	b	3.68	b	14.22	a	0.49	a	2,497.78	
CV (%)	15.31		12.21		3.19		10.63		23.91	

Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren estadísticamente por la prueba de Skott-Knott ( $p < 0.05$ ).

El rendimiento de granos (cuadro 3) varió entre 2,237.78 (Cf<sub>6</sub> 0-0-7-6) y 3,171.11 kg/ha (SER-03); aunque no se encontró diferencia significativa entre genotipos, merecen destaque las líneas Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8 (3,117.04 kg/ha), SER-03 (3,171.11 kg/ha) y Cf<sub>6</sub> 0-0-5-2 (3,240.74 kg/ha), por sobrepasar los 3,000 kg/ha y obtener un aumento de 19, 21 y 22%, respectivamente, en comparación a la variedad testigo INIAP-473 (2,497.78 kg/ha).

Los valores de correlación se muestran en el cuadro 4. Se correlacionaron positivamente la severidad de las enfermedades foliares de R7 con R8 ( $p < 0.0007$  y  $r^2: 0.67$ ), así como el número de granos por planta con número de granos por vaina ( $p < 0.0002$  y  $r^2: 0.72$ ) y rendimiento ( $p < 0.0062$  y  $r^2: 0.56$ ), el número de granos por vaina por planta con rendimiento ( $p < 0.0082$  y  $r^2: 0.55$ ), y la longitud de vaina con peso de mil granos ( $p < 0.0001$  y  $r^2: 0.88$ ). Por otro lado, se correlacionaron negativamente el número de granos por planta con longitud de vaina ( $p < 0.0415$  y  $r^2: -0.44$ ) y peso de mil granos ( $p < 0.0067$  y  $r^2: -0.56$ ); y número de granos por vaina por planta con longitud de vaina ( $p < 0.0117$  y  $r^2: -0.53$ ) y peso de mil granos ( $p < 0.0030$  y  $r^2: -0.60$ ).

#### Cuadro 4

Correlación de Pearson entre todas las variables sanitarias (severidad de enfermedades foliares e incidencia de enfermedades radicales) y productivas (número de granos y número de granos por vaina por planta, longitud de la vaina, peso de mil granos y rendimiento de granos). Los valores corresponden al  $p$ -valor y el coeficiente de Pearson, respectivamente. Quevedo, Ecuador

Variables	Sev. Enf. Fol. R7 <sup>1</sup>	Sev. Enf. Fol. R8 <sup>2</sup>	Inc. Enf. Rad.	Gran. Plant.	Gran. Vái. Plant.	Long. Vái.	Peso 1000	Rend.
Sev. Enf. Fol. R7	1	0.0007 0.67	0.8726 -0.04	0.6215 -0.11	0.5240 -0.14	0.2196 0.27	0.3189 0.22	0.2749 -0.24
Sev. Enf. Fol. R8		1	0.1585 -0.31	0.7519 0.07	0.6423 -0.11	0.5365 0.14	0.9695 0.00	0.4150 -0.18
Inc. Enf. Rad.			1	0.5287 -0.14	0.8002 0.06	0.7357 -0.08	0.8531 0.04	0.7000 0.09
Gran. Plant.				1	0.0002 0.72	0.0415 -0.44	0.0067 -0.56	0.0062 0.56
Gran. Vái. Plant.					1	0.0117 -0.53	0.0030 -0.60	0.0082 0.55
Long. Vái.						1	0.0001 0.88	0.3889 -0.19
Peso 1000							1	0.7814 -0.06
Rend.								1

<sup>1</sup> Sev. Enf. Fol. R7: severidad de enfermedades foliares en la etapa fenológica R7.

<sup>2</sup> Sev. Enf. Fol. R8: severidad de enfermedades foliares en la etapa fenológica R8.



## Discusión

En este estudio, las líneas Cf<sub>6</sub> 0-0-3-7, Cf<sub>6</sub> 0-0-3-1 y Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8, así como la variedad comercial INIAP-473 presentaron la menor severidad final de enfermedades foliares. Este efecto pudo originarse por la respuesta de cada genotipo a cada una de las enfermedades foliares analizadas. Por otro lado, el comportamiento diferenciado entre cultivares también se reporta en México y Ecuador por López *et al.* (2003) y por Garcés-Fiallos y Gamarra-Yáñez (2014), respectivamente.

Los resultados mostraron que varias líneas promisorias presentan menor severidad de enfermedades foliares. La superioridad de una de las líneas, *i.e.* Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8, fue demostrado también por Garcés-Fiallos y Gamarra Yáñez (2014) para mustia hilachosa, roya y pudriciones radiculares (*R. solani* y *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.). Respecto las otras líneas, hasta el momento no existe ningún registro. Por otro lado, los genotipos Cf<sub>6</sub> 0-0-7-9, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-4, Cf<sub>6</sub> 0-0-1-12 y SER-31, mostraron menor incidencia de pudriciones radiculares. Patógenos causantes de pudriciones pueden ocurrir aisladamente o en asociación sinérgica (Pieczarka y Abawi, 1978; Cardoso y Costa, 1988), siendo más común el sinergismo en este lugar del Ecuador (Garcés-Fiallos, 2013; Garcés-Fiallos y Gamarra Yáñez, 2014), así como en otros países como Brasil (Casa *et al.*, 2011). En esta parte del país, donde las condiciones húmedas (más de 80%) influyen el desarrollo de enfermedades necróticas, estos genotipos pueden formar parte de futuros programas de mejoramiento de esta leguminosa.

Cada genotipo obtuvo un comportamiento diferenciado con relación a los componentes de rendimiento. El mayor número de granos por planta lo obtuvieron las líneas SER-31 (63.67 granos), Cf<sub>6</sub> 0-0-7-2 (65.00 granos) y SER-03 (74.23 granos). Estos valores son mayores a los obtenidos por Shimada *et al.* (2000) (35.24 a 39.18 granos) y por Abrantes *et al.* (2011) (43.0 a 49.4), lo que denota la superioridad de los genotipos evaluados en el presente experimento. Con relación al superior número de granos por vaina lo obtuvieron las líneas Cf<sub>6</sub> 0-0-4-13, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-3, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-2, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-4, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-2, SER-03, SER-31 y SER-08, con valores de 3.73, 3.84, 3.91, 4.0, 4.03, 4.12, 4.42 y 4.48, respectivamente. Aunque un menor número de granos por vaina por planta fueron encontrados en cultivares de hábito con crecimiento determinado, en comparación a plantas de hábito tipo indeterminado (Garcés-Fiallos y Gamarra-Yáñez, 2014); existieron también líneas que obtuvieron un mayor número de granos por vaina.

Las líneas de crecimiento indeterminado SER-08, SER-03 y SER-31, con valores de 11.50, 11.58 y 12.08 cm, respectivamente, obtuvieron la menor longitud de vaina en comparación a los demás genotipos. De acuerdo con el trabajo de Infante *et al.* (2003), realizado en Maracay, Venezuela, donde obtuvieron una longitud de vaina de 8.38 cm en fréjol mungo (*Vigna radiata* L.), los valores obtenidos en el presente trabajo son aún mayores; sin embargo, estas divergencias pueden deberse al tipo de genotipo estudiado.

Para la variable peso de mil granos, todos los genotipos fueron separados en dos grupos, donde las líneas SER-08, SER-03 y SER-31, obtuvieron el menor peso (entre 0.33 y 0.36 kg). Al respecto, estos materiales son caracterizados como medianos, donde

incluso la variedad INIAP-473 presenta un grano grande (Garcés-Fiallos, 2011), lo que obviamente influenciaría posteriormente en el peso del grano.

En las condiciones en que se realizó el experimento, el rendimiento de granos obtenido entre 2,237.78 (Cf<sub>6</sub> 0-0-7-6) y 3,171.11 kg/ha (SER-03), es mayor al encontrado por Garcés-Fiallos *et al.* (2012) en la línea Cf<sub>4</sub> 0-0-4-8 (1,363.07 kg/ha) y la variedad comercial INIAP-473 (1,401.54). Esto revela aún más la superioridad de los genotipos evaluados en el presente experimento. Por otro lado, la línea SER-03 (3,171.11 kg/ha) es uno de los genotipos que obtuvieron rendimientos superiores a los 3,000 kg/ha, presentando un aumento de 21% sobre la variedad testigo INIAP-473 (2,497.78 kg) utilizado en este experimento. Este último hecho es corroborado por Garcés-Fiallos (2011), donde la línea SER-03 con 3,720.00 kg/ha, se comportó como genotipo superior en comparación con la variedad INIAP-473 con 1,648.75 kg/ha. Tal vez, el hecho de que este genotipo haya sobrepasado los 3,000 kg/ha, se deba a que el mismo obtuvo una menor severidad de enfermedades foliares en el estado fenológico R7 e incidencia de pudriciones radiculares; sin embargo, los genotipos Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-2 y SER-03, al presentar una menor intensidad de enfermedades y un mayor rendimiento (entre 3,117.04 y 3,240.74 kg/ha), podrían ser tomados en cuenta en futuros programas de mejoramiento en fréjol común.

Muchas de las variables productivas se correlacionaron positivamente. Este hecho puede ser utilizado para el mejoramiento de fréjol con el objetivo de aumentar el rendimiento de granos (Barili *et al.*, 2011). El alto rendimiento puede estar asociado con la producción de la biomasa aérea final, vainas normales m<sup>2</sup>, granos normales m<sup>2</sup>, granos vaina<sup>-1</sup> y peso de 100 granos (Barrios-Gómez *et al.*, 2010). La existencia de correlaciones significativas es un indicativo fuerte de viabilidad de selección indirecta para la obtención de ganancia en las variables denominadas secundarias (espesura del tallo, altura de inserción de la primera vaina en cm, longitud de la vaina, número de ramas con vainas, número de nudos, número de ramas y número de semillas por vaina) (Barili *et al.*, 2010).

## Conclusiones

Las líneas Cf<sub>6</sub> 0-0-3-1, Cf<sub>6</sub> 0-0-3-7 y Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8, así como la variedad comercial INIAP-473 obtuvieron menor severidad de enfermedades foliares. Las líneas Cf<sub>6</sub> 0-0-1-12, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-4, Cf<sub>6</sub> 0-0-7-9 y SER-31 alcanzaron una menor incidencia de enfermedades radiculares.

De forma general, se puede mencionar que las líneas Cf<sub>6</sub> 0-0-4-8, Cf<sub>6</sub> 0-0-5-2 y SER-03 poseen características productivas y un potencial de rendimiento ideal, al haber sobrepasado los 3,000 kg/ha.

Existe una correlación significativa entre el número de granos y de granos por vaina por planta con el rendimiento de granos en el cultivo de fréjol.

## Recomendación

Los resultados de fréjol obtenidos en el presente trabajo son de vital importancia para el Ecuador, dado que pueden ser empleados en futuros programas de mejoramiento genético, con la intención de obtener genotipos con alto potencial sanitario y productivo.

## Literatura citada

- Abrantes, F.L.; Eustáquio de Sá, L.C.; Domingues de Souza, M.; Pina da Silva, H.M.; Simidu, M.S.H.; Andreotti, M.; Buzetti, S.; Velério, F.W.V. y Arruda, N. (2011). Uso de regulador de crecimiento em cultivares de feijão de inverno. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 41(2): 148-154.
- Amorim, E.P., Ramos, N.P.; Goncalves, U.M.R. y Kiihl, T.A.M. (2008). Correlações e análise de trilha em girassol. *Bragantia*. 67(2): 307-316.
- Barili, L.D.; do Vale, N.M.; da Rocha, F.; Rozetto, D.S.; Coan, M.M.D.; Coimbra, J.L.M.; Coelho, C.M.M. y de Souza, C.A. (2010). Componentes do rendimento em acessos de feijão. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 9(2): 125-133.
- Barili, L.D.; N. do Vale, N.M.; Morais, P.P.P.; Baldissera, J.N. da C.; de Almeida, C.B.; da Rocha, F.; Valentini, G.; Bertoldo, J.G.; Coimbra, J.L.M. y Guidolin, A.F. (2011). Correlação fenotípica entre componentes do rendimento de grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Semina: Ciências Agrárias*. 32(4): 1263-1274.
- Barrios-Gómez, E.J.; López-Castañeda, C.; Kohashi-Shibata, J.; Acosta-Gallegos, J.A.; Miranda-Colín, S. y Mayek-Pérez, N. (2010). Rendimiento de semilla, y sus componentes en fréjol flor de mayo en el centro de México. *Agrociencia*. 44(4): 481-489.
- Cardoso, J.E. y Costa, J.L. da S. (1988). Interações entre fungos de solo patógenos do Caupi. *Fitopatologia Brasileira*. 13(2): 143.
- Casa, R.T.; Krieger, I.; Kuhnem, P.R.J.; Bogo, A.; Moreira, E.N. y Rizzi, F.P. (2011). Podridão radicular em feijão no sistema plantio direto. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 10(1): 37-43.
- Ernest, E.G.; Falconí-Castillo, E.; Peralta-Idrovo, E. y Kelly, J. (2008). Encuesta a productores para orientar el fitomejoramiento en fréjol en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 19(1): 7-18.
- Garcés-Fiallos, F.R. (2011). Modelo de ponto crítico para estimar danos causados pela mela na cultura do feijoeiro. *Ciência y Tecnología*. 4(1): 1-4.
- 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.
- Garcés-Fiallos, F.R.; Zabala-Palacios, R.G.; Díaz-Coronel, T.G. y Vera-Avilés, D.F. (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.; Gamarra-Yáñez, H.V.; Sánchez-Mora, F.D. y TayHing-Cajas, C.C. (2013). Modelos integral e de ponto crítico para estimar danos no rendimento e seus componentes pela mela na cultura do feijoeiro. *Ciência y Tecnología*. 6(1): 17-22.
- Garcés-Fiallos, F.G. y Gamarra-Yáñez, H.V. (2014). Intensidade de doenças e produtividade de genótipos promissores de feijão em Quevedo, Equador. *Bioscience Journal*. 30(5): 1291-1303.
- Hall, R. (1994). Compendium of bean diseases. 2ed. APS Press, Minnesota, USA. 109 p.
- Infante, N.; Madriz, P. y González, T. (2003). Fases de desarrollo y componentes del rendimiento de tres cultivares de fréjol mungo (*Vigna radiata* (L) Wilczek) en Maracay, estado Aragua, Venezuela. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 20: 417-429.
- Kuruvadi, S. y Cortinas-Escobar, H.M. (1987). Papel de componentes de rendimento, correlaciones y sus implicaciones en el mejoramiento genético del fréjol (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Agraria*. 3(1): 1-16.
- López, E.; Tosquy, O.H.; Villar, B.; Becerra, E.N. y Ugalde, J.F. (2003). Adaptación, resistencia múltiple a enfermedades y tolerancia a suelos ácidos en genotipos de fréjol. *Agronomía Mesoamericana*. 14(2): 151-155.

- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2015). Boletín situacional del fréjol tierno y seco. Quito, Ecuador: Coordinación General del Sistema de Información Nacional. 7 p.
- Pieczarka, D.J. y Abawi, G.S. (1978). Effect of Interaction Between *Fusarium*, *Pythium*, and *Rhizoctonia* on severity of Bean Root Rot. *Phytopathology*. 68(3): 403-408.
- SAS/STAT® Versão 9.0 do sistema SAS para Windows, copyright 2002 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Shimada, M.M.; Arf, O. y de Sá, E.M. (2000). Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. *Bragantia*. 59(2): 181-187.

Recepción: 02 de diciembre 2019

Arbitraje: 24 de enero 2020

Dictamen: 24 de febrero 2020

Aceptado: 13 de junio 2020