

# Evaluación de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) en generaciones tempranas para resistencia a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) dye<sup>1,2</sup>

Oswaldo Varela<sup>3</sup>, James Beaver<sup>4</sup>, Mildred Zapata<sup>5</sup>,  
Phillip Miklas<sup>6</sup> y Silvia Cianzio<sup>7</sup>

J. Agric. Univ. P.R. 80(1-2):55-63 (1996)

## RESUMEN

Se evaluaron las generaciones  $F_3$  y  $F_4$  en ensayos de campo, y la  $F_5$  a nivel de invernadero, de dos poblaciones provenientes de los cruces DOR 364  $\times$  XAN 176 y DOR 364  $\times$  WBB-20-1. Los objetivos fueron evaluar la utilidad de seleccionar en generaciones tempranas líneas resistentes a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (*Xcp*) y determinar la heredabilidad ( $h^2$ ) de la resistencia del follaje a *Xcp*. El estudio se realizó en 1991 en la Subestación de Isabela, de la Universidad de Puerto Rico. Los progenitores XAN 176 y WBB-20-1 mostraron más resistencia a *Xcp* que DOR 364. En las tres generaciones evaluadas y en ambas poblaciones se observaron diferencias significativas en resistencia entre las líneas. El valor de heredabilidad de la resistencia del follaje en la población DOR 364  $\times$  XAN 176 fue de intermedia a alta ( $> 0.60$ ). En la población DOR 364  $\times$  WBB-20-1, la  $h^2$  fue baja (0.30) en la generación  $F_3$  y de intermedia a alta ( $> 0.60$ ) en las generaciones  $F_4$  y  $F_5$ . Las evaluaciones en la generación  $F_3$  requieren por lo menos tres repeticiones para obtener un nivel adecuado de precisión para detectar diferencias entre líneas. La selección en la generación  $F_4$  fue más efectiva debido a que en dicha generación existe un mayor grado de heredabilidad. La evaluación de la enfermedad mediante una escala de 1 a 9 fue mejor que mediante el porcentaje de área foliar afectada, ya que con el primer criterio se obtuvo menos variación entre generaciones. Además, las varianzas también fueron homogéneas entre grupos de líneas.

<sup>1</sup>Manuscrito sometido a la junta editorial el 21 de diciembre de 1994.

<sup>2</sup>Este trabajo fue conducido con el apoyo del Programa del Título XII Bean/Cowpea CRSP (USAID No. DAN-1310-G-SS-6008-00) y el Departamento de Agronomía y Suelos, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico.

<sup>3</sup>Graduado del Programa de Maestría (actualmente Asociado de Investigación del Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras).

<sup>4</sup>Investigador, Departamento de Agronomía y Suelos, Recinto Universitario de Mayagüez, P.O. Box 5000, Mayagüez, PR 00681.

<sup>5</sup>Investigadora Asociada, Departamento de Protección de Cultivos, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico.

<sup>6</sup>USDA/ARS Research Geneticist, Tropical Agriculture Research Station, Mayagüez, Puerto Rico.

<sup>7</sup>Catedrática Asociada, Iowa State University, Ames, Iowa.

## ABSTRACT

Evaluation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in early generations for resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith) dye

Two populations from the crosses DOR 364 × XAN 176 and DOR 364 × WBB-20-1 were tested in the field in the F<sub>3</sub> and F<sub>4</sub> generations and under greenhouse conditions in the F<sub>5</sub> generation to determine the effectiveness of selection for resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (*Xcp*) in early generations and to estimate the heritability (h<sup>2</sup>) of foliage resistance to *Xcp*. The study was conducted at the Isabela Substation of the University of Puerto Rico in 1991. Significant differences among lines for *Xcp* reaction were observed in the three generations evaluated. The parents, XAN 176 and WBB-20-1, showed more resistance to *Xcp* than DOR 364. The h<sup>2</sup> of the resistance to *Xcp* in the leaves was intermediate to high (> 0.60) for the DOR 364 × XAN 176 population. In the DOR 364 × WBB-20-1 population, however, the h<sup>2</sup> was low (0.30) in the F<sub>3</sub> generation, and intermediate to high (≥ 0.60) in the F<sub>4</sub> and F<sub>5</sub> generations. Evaluation in the F<sub>3</sub> generation requires at least three replications to have adequate precision to detect differences among lines. Selection in the F<sub>4</sub> generation was more effective because of higher heritabilities. The evaluation of the disease on the basis of a 1 to 9 scale was better than estimates of the percentage of leaf area infected because there was less variation among generations. In addition, variances among groups of lines were more homogeneous.

**Key words:** plant breeding, dry bean, heritability, disease resistance, common bacterial blight

## INTRODUCCION

La bacteriosis común de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) es causada por *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (*Xcp*) (Smith) Dye. Esta enfermedad se considera de gran importancia económica y de amplia distribución mundial (Schwartz y Gálvez, 1981; CIAT, 1989). El daño principal causado por la enfermedad es la reducción en rendimiento y en la calidad de la semilla. En América Latina se han determinado pérdidas en rendimiento de hasta un 45% (Saettler, 1989). La bacteriosis común es difícil de controlar debido a que el patógeno se transmite por la semilla y posee alta capacidad de sobrevivencia (Cafati y Saettler, 1980; Saettler, 1989).

Mediante evaluaciones en generaciones tempranas se podrían eliminar las líneas susceptibles, reduciéndose el costo y tiempo necesario para identificar líneas con resistencia. La heredabilidad (h<sup>2</sup>) de la resistencia a *Xcp* ha sido determinada en ciertas poblaciones como de intermedia a alta (Aggour y Coyne, 1989; Beebe, 1989). Singh (1985) señala que la h<sup>2</sup> para resistencia a la bacteriosis común se considera moderadamente alta y con el uso de técnicas de selección confiables, se pueden hacer selecciones desde generaciones tempranas.

Uno de los objetivos de este estudio fue determinar si es posible la selección, en generaciones tempranas, de líneas de grano rojo pequeño y blanco resistentes a la bacteriosis. Otro objetivo fue determinar la heredabilidad para la resistencia del follaje a *Xcp*.

### MATERIALES Y MÉTODO

Se evaluaron dos poblaciones. Una se obtuvo de la cruce entre DOR 364  $\times$  XAN 176, la cual se dividió, para la evaluación, en tres grupos (I, II y III) con 40 líneas cada grupo. La segunda población se obtuvo de DOR 364  $\times$  WBB-20-1 y consistió en un sólo grupo de 40 líneas. El progenitor DOR 364 es susceptible a *Xcp*, tiene buen potencial de rendimiento, está adaptado a condiciones tropicales y posee resistencia al virus del mosaico dorado. Los progenitores XAN 176 y WBB-20-1 se seleccionaron por su resistencia a *Xcp* (Zapata et al., 1991). A nivel de campo se evaluaron las generaciones  $F_3$  y  $F_4$  utilizando un diseño de bloques completos al azar (BCA) con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de un área de 0.6 m<sup>2</sup>, formada por un surco de 1 m de largo por 0.6 m de ancho. Se sembraron 10 semillas por metro lineal para obtener una población de 166,666 plantas por hectárea. La generación  $F_5$  se evaluó en el invernadero utilizando un diseño BCA con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de un tiesto de 15 cm de diámetro. Se sembraron tres semillas por tiesto y a los 10 días se hizo un raleo dejando una planta por tiesto.

Las plantas sembradas en el campo se inocularon a las cinco semanas después de la siembra, cuando la mayoría de las líneas en cada población estaban en la etapa de floración R6 (CIAT, 1985). Para la inoculación artificial se utilizó el método de aspersión foliar con bomba de presión manual usando una concentración de  $3 \times 10^7$  cfu/ml de *Xcp* (Coyne y Schuster, 1973; Schuster y Coyne, 1981). La severidad de la enfermedad se evaluó utilizando dos escalas, una de 1 a 9 desarrollada por el CIAT y basada en el tamaño de las lesiones (CIAT, 1987). La otra está basada en el porcentaje de área foliar afectada (James, 1971). Las plantas sembradas en el invernadero se inocularon a los 14 días después de la siembra usando el método de agujas múltiples a una concentración de  $10^7$  cfu/ml de *Xcp*. La severidad de la enfermedad se evaluó a los 14 días después de la inoculación utilizando una escala de 1 a 9 basada en el porcentaje de área foliar inoculada afectada (Aggour y Coyne, 1989).

Se realizó un análisis combinado de los grupos en las distintas generaciones. Los efectos de líneas se consideraron como aleatorios y los efectos de generaciones (experimentos) como fijos (McIntosh, 1983). Los promedios se compararon por medio de la prueba de diferencia mínima significativa protegida, utilizando un nivel de confianza de 5%. La  $h^2$  de la resistencia a *Xcp* se calculó por el método de componentes de varianza. La varianza aditiva ( $\sigma_A^2$ ) fue estimada de la varianza entre las líneas ( $\sigma_L^2$ ), asumiendo que la varianza dominante y epistática eran mínimas. Los estimados de  $h^2$  fueron corregidos considerando la

respectiva generación de autofecundación (Hallauer y Miranda, 1981). Se hicieron cálculos de correlación entre las generaciones estudiadas.

En la población del cruce DOR 364  $\times$  XAN 176 se realizaron pruebas de  $X^2$  para determinar la homogeneidad de las varianzas  $\sigma_A^2$  y  $\sigma_e^2$  entre los grupos (Steel y Torrie, 1980). Cuando  $X^2$  no fue significativa, se consideró las varianzas como homogéneas y se presentó un valor de  $h^2$  por población de cada generación.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las dos poblaciones se observaron diferencias significativas en la reacción a *Xcp* entre las líneas en las generaciones  $F_3$ ,  $F_4$  y  $F_5$ , utilizando ambas escalas de evaluación (Cuadros 1, 2 y 3). El rango de reacciones fue amplio, observándose algunas líneas con altos niveles de resistencia a *Xcp* (Cuadro 4). Los progenitores XAN 176 y WBB-20-1 mostraron mayor resistencia a *Xcp* que DOR 364 (Cuadro 4). En general, en ambas poblaciones se observó que en la generación  $F_5$  la presión de la enfermedad en el invernadero fue mayor (Cuadro 4). Esto podría deberse al método de inoculación utilizado. El uso de las agujas múltiples en la inoculación permite un contacto directo de las bacterias con el tejido interno de la hoja, reduciendo la posibilidad de un escape de infección. En el invernadero las condiciones de temperatura eran más favorables (30° C) para el desarrollo de la bacteria. Esto concuerda con lo reportado por Coyne y Schuster (1978) y Zapata et al. (1985), quienes mencionan la eficacia de dicho método en ambientes controlados. La fuerte presión de la enfermedad a nivel de invernadero no tuvo ningún

CUADRO 1.—Análisis de varianza combinado de la reacción a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*, basada en la escala de 1 a 9, de tres generaciones ( $F_3$ ,  $F_4$  y  $F_5$ ) de los grupos I, II y III de la población DOR 364  $\times$  XAN 176.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios		
		I	II	III
Generación (g)	2	42.50*	50.84*	28.10*
Rep./g	6	1.43	2.76	3.60
Genotipo (G)	41	16.08	17.60	21.86
Entre Progenitores	1	98.00*	102.72*	72.00*
Entre Líneas	39	14.01*	15.82*	21.09*
g $\times$ G	82	4.14*	7.27*	4.12*
Error	246	1.57	1.87	1.38
C.V. (%)		36.4	33.9	29.7

\*Significante a la  $P < 0.05$ .

CUADRO 2.—Análisis de varianza combinado de la reacción a *Xanthomonas campestris* pv. phaseoli, basada en el porcentaje de área afectada, de dos generaciones ( $F_3$  y  $F_4$ ) de los grupos I, II y III de la población DOR 364 × XAN 176.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios		
		I	II	III
Generación (g)	1	280.78*	250.00	1.59
Rep./g	4	10.26	346.73	314.49
Genotipo (G)	41	296.27	264.23	469.69
Entre Progenitores	1	1496.33*	1026.75*	1140.75*
Entre Líneas	39	262.28*	251.22*	460.25*
g × G	41	102.82*	79.55	73.41
Error	164	38.58	74.25	98.56
C.V. (%)		97.3	80.1	85.5

\*Significante a la  $P < 0.05$ .

impacto negativo en la diferenciación de las líneas con resistencia. El rango observado en el invernadero fue amplio permitiendo la identificación de líneas resistentes.

En la población DOR 364 × XAN 176, usando la escala 1-9, la severidad de la enfermedad varió entre los experimentos o generaciones (Cuadro 1). Dicho resultado se debe mayormente a que en las evaluaciones de invernadero ( $F_5$ ), la presión de la enfermedad fue mayor que en el campo. La significancia de la interacción entre generación y geno-

CUADRO 3.—Análisis de varianza combinado de la reacción a *Xanthomonas campestris* pv. phaseoli, basada en la escala de 1 a 9 y el porcentaje de área afectada, de tres generaciones ( $F_3$ ,  $F_4$  y  $F_5$ ) de la población DOR 364 × WBB-20-1.

Fuente variación	Grados de Libertad		Cuadrados Medios	
	Escala 1-9	Area afectada (%)	Escala 1-9	Area afectada (%)
Generación (g)	2	1	54.72*	10440.02*
Rep./g	6	4	3.58	481.15
Genotipo (G)	41	41	15.40	453.82
Entre Progenitores	1	1	128.00*	3072.00*
Entre Líneas (L)	39	39	12.90*	398.07*
g × G	82	41	5.91*	190.72
Error	246	164	2.34	162.41
C.V. (%)			36.0	81.6

\*Significante a la  $P < 0.05$ .



CUADRO 4.—Valores promedios de la reacción a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* de las líneas más resistentes en las generaciones  $F_3$ ,  $F_4$  y  $F_5$  de las dos poblaciones y los progenitores de acuerdo a dos escalas de evaluación.

Genotipos	Escala 1-9 <sup>1</sup>			Area foliar afectada	
	$F_3$ <sup>2</sup>	$F_4$	$F_5$	$F_3$	$F_4$
DOR 364 × XAN 176 (Grupo I)					
9177-212-35	1.0	2.3	3.0	0.0	2.7
212-15	1.3	1.7	3.0	0.3	0.7
212-17	1.3	1.7	2.3	0.3	1.3
DOR 364	5.7	5.3	9.0	26.7	20.0
XAN 176	2.3	1.7	2.0	1.0	1.0
Promedio <sup>3</sup>	3.1	3.1	4.1	7.1	5.1
D.M.S. (0.05)	1.7	1.2	2.5	13.0	5.9
DOR 364 × XAN 176 (Grupo II)					
9177-213-40	1.7	3.0	2.5	0.7	7.7
213-27	2.0	2.7	1.5	6.7	7.0
213-24	2.3	2.7	2.3	7.0	7.7
DOR 364	4.7	5.3	8.5	20.0	18.3
XAN 176	1.7	1.0	1.5	1.3	0.0
Promedio	3.7	3.7	5.0	11.8	9.8
D.M.S. (0.05)	2.3	1.0	2.4	17.9	8.5
DOR 364 × XAN 176 (Grupo III)					
9177-214-20	1.3	2.0	2.5	0.3	2.7
214-17	1.7	1.7	1.8	0.7	1.3
214-28	2.0	2.0	1.3	1.3	2.3
DOR 364	5.3	5.0	8.3	30.0	20.0
XAN 176	2.7	1.7	2.5	8.3	2.7
Promedio	3.7	3.7	4.6	11.3	11.5
D.M.S. (0.05)	2.1	1.2	2.0	19.1	12.5
DOR 364 × WBB-20-1					
9177-208-20	1.3	1.3	2.5	0.3	1.7
208-17	2.3	2.7	2.5	3.3	2.3
208-28	3.0	2.0	1.8	13.7	1.7
DOR 364	6.7	5.3	9.0	43.3	21.7
WBB-20-1	2.0	1.0	1.8	1.0	0.0
Promedio	4.5	3.5	4.8	22.0	9.1
D.M.S. (0.05)	3.2	1.5	2.2	27.9	8.8

<sup>1</sup>Escala 1-9 donde 1 = ausencia de síntomas y 9 = presencia de lesiones severas.

<sup>2</sup>Las generaciones  $F_3$  y  $F_4$  fueron evaluadas en el campo y la  $F_5$  en el invernadero.

<sup>3</sup>No se incluyen los progenitores.

tipos indica que el comportamiento de los genotipos varió en cada experimento (generación). Sin embargo, las correlaciones de las evaluaciones de las líneas entre las generaciones fueron en general de intermedias a altas (0.32-0.89) y la mayoría de las líneas resistentes mantuvieron su resistencia en las tres generaciones.

La severidad de la enfermedad, expresada en porcentaje de área foliar afectada, varió entre experimentos solamente en el grupo I de la población DOR 364 × XAN 176. Además, en este grupo se observó una interacción significativa de experimento por genotipo (Cuadro 2). Las líneas resistentes mantuvieron un bajo porcentaje de área foliar afectada en ambas generaciones evaluadas. Las correlaciones entre las generaciones de los tres grupos estuvieron en un rango de 0.63 a 0.74.

Las evaluaciones de la población DOR 364 × WBB-20-1, usando ambas escalas, indicaron que la severidad de la enfermedad varió entre experimentos (Cuadro 3). Nuevamente, la presión a nivel de invernadero fue mayor que en el campo. En cuanto a la interacción de generaciones por genotipo solamente fue significativa usando la escala 1-9, observándose que el comportamiento de los genotipos varió en cada generación. Sin embargo, la mayoría de las líneas resistentes mantuvieron su resistencia en las tres generaciones.

En la población del cruce DOR 364 × XAN 176 y de acuerdo a la escala de 1 a 9, se presenta un solo valor de  $h^2$  por cada generación debido a que las varianzas de los tres grupos que forman dicha población eran homogéneas (Cuadro 5). En base al porcentaje de área afectada en dicha población, se encontró que las varianzas no eran homogéneas, por lo que se presentan valores separados por generación en cada grupo (Cuadro 6).

En la población del cruce DOR 364 × XAN 176 los valores de  $h^2$  basado en la escala de 1 a 9 fueron altos a partir de la generación  $F_3$  (Cuadro 5). Por otro lado, los valores de  $h^2$  de acuerdo al porcentaje de

CUADRO 5.—Valores de heredabilidad de la reacción a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* basados en la escala de 1 a 9.

Población	Generación	Heredabilidad
DOR 364 × XAN 176	$F_3$	0.60 (0.13) <sup>1</sup>
	$F_4$	0.78 (0.13)
	$F_5$	0.79 (0.13)
DOR 364 × WBB-20-1	$F_3$	0.30 (0.22)
	$F_4$	0.63 (0.22)
	$F_5$	0.78 (0.22)

<sup>1</sup>Error estándar.

CUADRO 6.—Valores de heredabilidad de la reacción a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*, basado en el porcentaje de área afectada.

Población	Grupo	Generación	Heredabilidad
DOR 364 × XAN 176	I	F <sub>3</sub>	0.73 (0.22) <sup>1</sup>
		F <sub>4</sub>	0.70 (0.22)
	II	F <sub>3</sub>	0.44 (0.22)
		F <sub>4</sub>	0.39 (0.22)
	III	F <sub>3</sub>	0.44 (0.22)
		F <sub>4</sub>	0.62 (0.22)
DOR 364 × WBB-20-1	I	F <sub>3</sub>	0.29 (0.22)
		F <sub>4</sub>	0.57 (0.22)
		F <sub>5</sub>	

<sup>1</sup>Error estándar.

área afectada variaron entre grupos, siendo alta para el grupo I e intermedia para los grupos II y III (Cuadro 6). Este resultado es indicativo de que en esta fuente de resistencia se puede iniciar selección por resistencia a bacteriosis desde la generación F<sub>3</sub>. Resultados similares han sido mencionados por Beebe (1989) en estudios de heredabilidad utilizando otras poblaciones. En la población del cruce DOR 364 × WBB-20-1 los valores de h<sup>2</sup> usando ambas escalas de evaluación, fueron bajos en la F<sub>3</sub> y más altos en la F<sub>4</sub> y F<sub>5</sub> (Cuadros 5 y 6).

El mejor método para la selección para resistencia a bacteriosis es diferente en las poblaciones bajo estudio. En la población DOR 364 × XAN 176 se puede seleccionar en generaciones tempranas como es la F<sub>3</sub> ya que los valores de h<sup>2</sup> fueron altos a partir de dicha generación. Para la población DOR 364 × WBB-20-1 se debe posponer la selección hasta la generación F<sub>4</sub> ya que los valores de h<sup>2</sup> en la generación F<sub>3</sub> fueron bajos. Por lo anterior se concluye que la selección en generaciones tempranas funciona solamente para ciertas poblaciones.

En el proceso de evaluación utilizando la escala de 1 a 9 se observó, que con excepción de un valor de h<sup>2</sup> de 0.30 en la población DOR 364 × WBB-20-1, hubo menos variación entre generaciones (Cuadro 5). Además, las varianzas fueron homogéneas. Esto es indicativo de que en el proceso de selección para resistencia a *Xcp* en generaciones tempranas, la escala de 1 a 9 es más confiable que la escala a base del porcentaje de área foliar afectada.

La selección en generaciones tempranas depende de los progenitores envueltos. En poblaciones derivadas de cruces con XAN 176 este proceso se podría iniciar en la generación F<sub>3</sub>. Sin embargo, las evaluaciones en la generación F<sub>3</sub> podrían requerir un mayor número de repeticiones para lograr una precisión adecuada para detectar diferencias entre líneas. De ambas poblaciones evaluadas se seleccionaron 14



líneas con altos niveles de resistencia ( $\leq$  de 3 en la escala de 1 a 9) y color de grano deseables. De la población DOR 364  $\times$  XAN 176, la línea 9177-212-20 de grano rojo, y de la población DOR 364  $\times$  WBB-20-1, las líneas 9177-208-28 y 9177-208-29 de color blanco fueron sobresalientes.

#### LITERATURA CITADA

- Aggour, A. R. y D. P. Coyne, 1989. Heritability, phenotypic correlations, and associations of the common blight disease reactions in beans. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(5):828-833.
- Beebe, S., 1989. La genética cuantitativa en *Phaseolus vulgaris*: el ejemplo de la resistencia a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*. En: S. Beebe, (ed.). Temas Actuales en Mejoramiento Genético del Frijol Común. Documento de trabajo No. 47. Programa de Frijol, CIAT. Cali, Colombia. pp. 222-239.
- Cafati, C. R. y A. W. Saettler, 1980. Transmission of *Xanthomonas phaseoli* in seed of resistant and susceptible *Phaseolus* genotypes. *Phytopathology* 70(7):638-640.
- CIAT, 1985. Frijol: Investigación y Producción. M. Lopez, F. Fernandez y A. V. Schoonhoven (eds.). Cali, Colombia. 417 p.
- CIAT, 1987. Standard system for the evaluation of bean germplasm. A. V. Schoonhoven and M. A. Pastor-Corrales (eds.). Cali, Colombia. 54 p.
- CIAT, 1989. Bean production problems in the tropics. 2nd ed. Schwartz, H. F. y M. A. Pastor-Corrales (eds.). Cali, Colombia. 726 p.
- Coyne, D. P. y M. L. Schuster, 1973. *Phaseolus* germplasm tolerant to common blight bacterium (*Xanthomonas phaseoli*). *Plant Dis. Rep.* 57(2):111-114.
- Coyne, D. P. y M. L. Schuster, 1978. Bacterial diseases of legumes: breeding and resistance. En: R. J. Summerfield and A. H. Bunting (eds.). *Advances in Legume Science*. University of Reading, England. pp. 225-233.
- Hallauer, A. R. y J. B. Miranda, 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press, Ames. Iowa. 468 p.
- James, C., 1971. A manual of assessment keys for plant diseases. Canada Dept. of Agriculture Publication No. 1458.
- McIntosh, M. S., 1983. Analysis of combined experiments. *Agron. J.* 75:153-155.
- Saettler A. W., 1989. Common bacterial blight. En: H. F. Schwartz y M. A. Pastor-Corrales (eds.). *Bean Production Problems in the Tropics*. 2nd ed. CIAT. Cali, Colombia. pp. 261-283.
- Schuster, M. L. y D. P. Coyne, 1981. Biology, epidemiology, genetics, and breeding for resistance to bacterial pathogens of *Phaseolus vulgaris* L. *Hortic. Rev.* 3:28-58.
- Schwartz, H. F. y G. E. Galvez, 1981. Bean production and pest constraints in Latin America. En: Schwartz, H. F. y G. E. Galvez (eds.). *Bean production problems in the tropics*. CIAT. Cali, Colombia. 3-4 pp.
- Singh, S. P., 1985. Conceptos básicos para el mejoramiento del frijol por hibridación. En: M. López, F. Fernández y A. V. Schoonhoven (eds.). CIAT. Cali, Colombia. pp. 109-126.
- Steel, R. G., y J. H. Torrie, 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach (2nd ed.). McGraw-Hill Book Company, Inc., NY. 633 p.
- Zapata, M., G. F. Freytag, y R. E. Wilkinson, 1985. Evaluation for bacterial blight resistance in beans. *Phytopathology* 75(9):1032-1039.
- Zapata, M., R. Wilkinson, G. F. Freytag, H. Vélez, F. H. Ortiz, y J. H. López-Rosa, 1991. Incorporating resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* into bean using the latent period as a resistance marker. *J. Agric. Univ. P.R.* 75(4):345-352.