BIOMASA, RENDIMIENTO AGRONOMICO Y SUS COMPONENTES DE DOS VARIEDADES DE *Phaseolus vulgaris L.* EN FUNCION DE LA DENSIDAD DE POBLACION

Luis Enrique Escalante Estrada[1] y J. Alberto S. Escalante Estrada[2].

RESUMEN

Se estudió el efecto de la densidad de población sobre el rendimiento de semilla, sus componentes y la producción de biomasa de *Phaseolus vulgaris*, en Iguala, Estado de Guerrero (México), bajo condiciones de campo con riego. Se utilizaron dos variedades: Michoacán 12-A-3 (M-12) de hábito de crecimiento indeterminado arbustivo, tipo II (ciclo, 101 días) y Canario 107 (C-107) de hábito de crecimiento determinado tipo I (ciclo 87 días). La siembra se realizó el 19 de diciembre de 1980, en surcos a 37 cm de separación, dejando dos plantas cada 10, 15, 20, 25 y 30 cm a lo largo del surco para obtener densidades respectivas de 17.5, 21.3, 26.6, 35.5 y 53.3 plantas por m^2. El diseño del experimento fue parcelas divididas.

El aumento en la densidad de población incrementó la biomasa por m^2 y disminuyó la biomasa y el rendimiento por planta en ambas variedades. La disminución en el rendimiento por planta fue compensado por el incremento en la densidad de población, de manera que el rendimiento por m^2 no fue afectado; en C-107, porque los componentes del rendimiento no mostraron diferencias significativas; en M-12 debido a la operación de un mecanismo de compensación entre sus componentes, pues el incremento en el número de semillas por m^2 debido al aumento de la densidad, se compensó con una disminución en el tamaño de semilla. Es decir, M-12 mostró mayor plasticidad que C-107.

---

[1] Profesor-Investigador. Escuela de Agricultura. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero.SARH. Iguala, Gro.

[2] Investigador-Docente. Centro de Botánica, C.P. Chapingo, México.

SUMMARY

The effect of population density on seed yield, its components and biomass production was studied in *Phaseolus vulgaris*. The study was conducted in Iguala, State of Guerrero (Mexico), under field conditions with irrigation. Two varieties were studied: Michoacán 12-A-3 (M-12), a type II, indeterminate, bush type plant (101 days to maturity) and Canario 107 (C-107), a type I, bush type, determinate plant (87 days to maturity). Planting was done Dec. 19, 1980; in rows 37 cm apart, two plants per hill along the row. The distance between hills was 10, 15, 20, 25 and 30 cm, giving 17.5, 21.3, 26.6, 35.5 and 53.3 plants per square meter. Treatments were allocated in a split-plot design.

As population density increased, there was an increase in biomass per square meter and a decrease in biomass and seed yield per plant in both varieties. The decrease in yield per plant was compensated by the increase in plant density, so seed yield per square meter was not affected: 1) in C-107, because their yield components didn't show significant differences; 2) in M-12, because the increase in the number of seeds per square meter, was offset by a decrease in seed size. It means that M-12 showed higher plasticity than C-107.

INTRODUCCION

El rendimiento de un cultivo es función de la interacción entre la variedad utilizada y los factores ambientales que inciden sobre ella. El hombre normalmente ejerce acción sobre los factores ambientales mediante las prácticas agrícolas, dentro de las cuales destaca la densidad de población (número de plantas por unidad de superficie), cuyo manejo apropiado normalmente permite incrementar el rendimiento por superficie en los cultivos.

En frijol, desde el punto de vista de la fisiología de cultivos, pueden considerarse dos tipos de rendimiento: 1) el biológico o biomasa, que se refiere a la producción total de materia seca y 2) el agronómico,

que se refiere al peso seco de la semilla y que es de interés antropocéntrico. La magnitud del rendimiento biológico es la suma de la cantidad de materia seca asignada a cada órgano de la planta; la del agronómico, depende del comportamiento de sus componentes los que varían de acuerdo a la variedad utilizada y al manejo agronómico a que esté sujeto el cultivo.

El objetivo del presente trabajo fue determinar si los cambios en densidad de población afectan el rendimiento agronómico y biológico por m^2 y por planta, de dos variedades de *Phascolus vulgaris* L.

REVISION DE LITERATURA

Aguilar (1975), Díaz y Aguilar (1984) y Aguilar *et al.* (1984) señalan que en frijol el aumento en la densidad de población normalmente origina incrementos en el rendimiento agronómico y en la biomasa producida por unidad de superficie. Sin embargo, existe una densidad límite, después de la cual el rendimiento y la biomasa se mantienen constantes (Holliday, 1960; Muñiz, 1976) hasta un punto en el cual tienden a disminuir conforme se eleva la densidad de población (Froussios, 1970). Además, Aguilar (1975) y Muñiz (1976) señalan que el rendimiento agronómico y la biomasa por planta, muestran una tendencia a disminuir conforme se incrementa la densidad, dependiendo esta respuesta del hábito de crecimiento (Cárdenas, 1961) y del grado de plasticidad de cada genotipo (Costa *et al.*, 1983). En relación a los componentes del rendimiento, Aguilar (1975), Muñiz (1976) y Aguilar *et al.* (1984) señalan que el número de semillas y vainas son los más afectados por los cambios en densidad, lo que se refleja consecuentemente en cambios en el rendimiento agronómico.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó durante el invierno de 1980- 1981 en Iguala, Gro. (19°25' N, 99°35' O, 731 msnm). En la Figura 1, se consignan

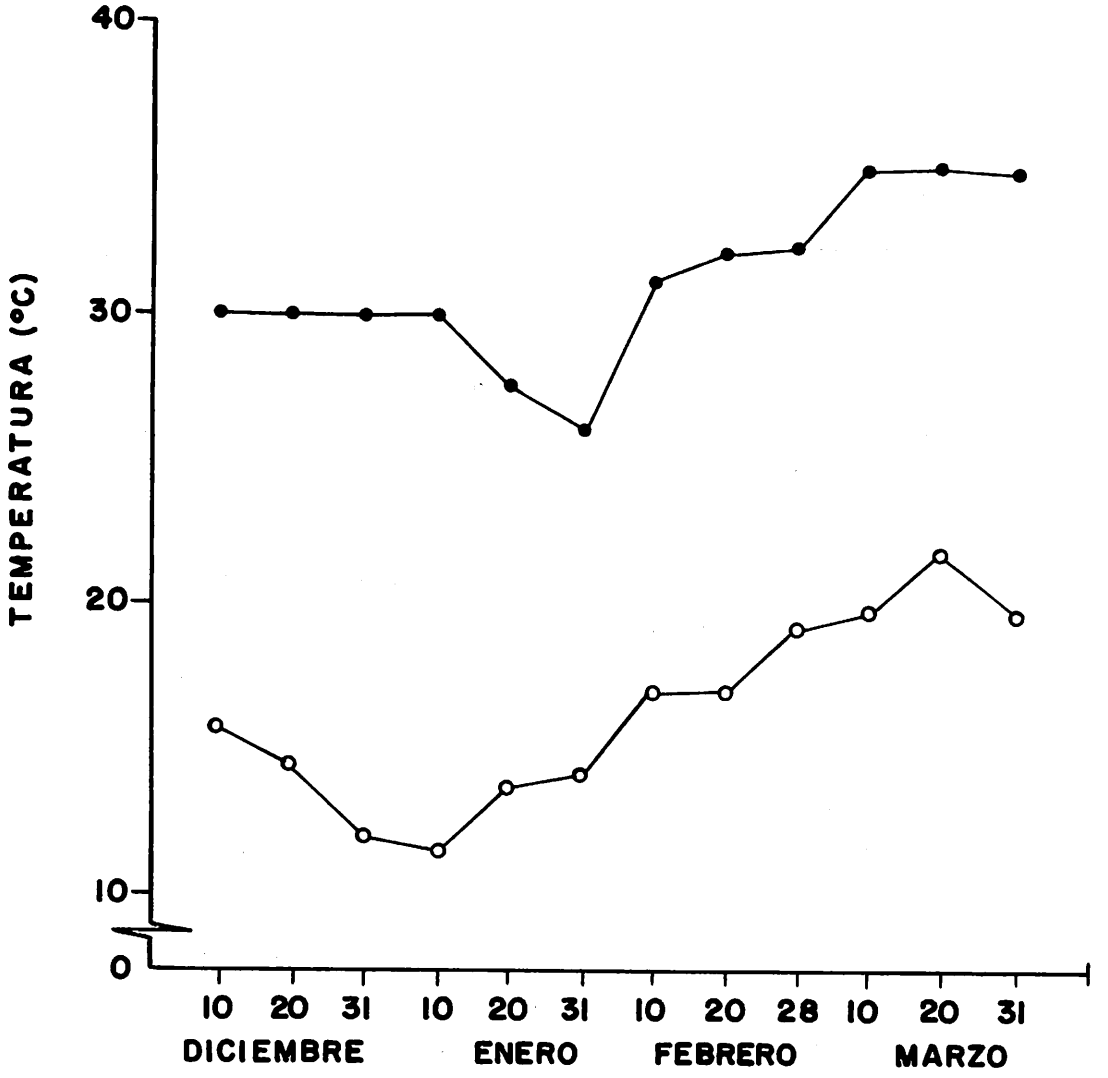

Fig. I. TEMPERATURAS MAXIMAS ●——● Y MINIMAS o——o DURANTE LOS MESES DE DESARROLLO DEL CULTIVO (1980-81). PROMEDIO DE CADA IO DIAS.
FUENTE: ESTACION METEOROLOGICA DE LA S.A.R.H. EN IGUALA, GRO.

las condiciones de temperatura durante los meses de desarrollo de cultivo. Las variedades de *Phaseolus vulgaris* L. utilizadas fueron Michoacán 12-A-3, de hábito de crecimiento indeterminado arbustivo y Canario 107, de hábito de crecimiento determinado. En adelante, se hará referencia a ellas como M-12 y C-107, respectivamente.

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas (Steel y Torrie, 1960) con 10 tratamientos, producto de la combinación de dos genotipos de frijol y cinco densidades de población (17.6, 21.3, 26.6, 35.5 y 53.3 plantas/m^2), con cinco repeticiones. La unidad experimental ocupó un área de 22.52 m^2, la parcela útil 9.0 m^2.

La siembra se realizó el 19 de diciembre de 1980 en surcos con orientación Norte-Sur y con una separación de 0.37 m. Se sembraron 4 semillas cada 10, 15, 20, 25 y 30 cm de distancia para después aclarar a 2 plantas por mata obteniéndose así la densidad deseada. Se fertilizó con 40-40-00 (NPK) antes de la siembra en banda y sobre el talud del surco. Se dieron los riegos necesarios para el buen establecimiento y desarrollo del cultivo.

De cada parcela se tomaron datos de la fecha de ocurrencia de la emergencia, inicio y final de floración, y madurez fisiológica de la vaina; en este último caso se consideró como criterio la presencia del 90% de las vainas con color paja. A la madurez fisiológica se cosecharon las plantas de la parcela útil y se analizaron las siguientes variables con base en datos por m^2 y por planta (datos por m^2 entre el número de plantas correspondientes a esa superficie).

1) Rendimiento agronómico. Corresponde al peso total de semilla ajustado al 10% de humedad, expresado en gramos. En adelante se le denominará simplemente rendimiento.

2) Componentes del rendimiento agronómico:
   a) Número de semillas normales.- Se contaron aquellas que presentaron características de desarrollo completo como: testa lisa, color y tamaño típico de la variedad.

b) Tamaño de semilla.- Se refiere al peso seco promedio por semilla normal expresado en mg. Se determinó dividiendo el peso de las semillas normales entre el número de ellas.

c) Número de vainas con semilla normal.- Se contaron las vainas que permanecieron en la planta hasta la madurez y que tenían al menos una semilla normal.

d) Número de semillas normales por vaina.- Se determinó dividiendo el número de semillas normales entre el número de vainas de las cuales provenían.

e) Número de racimos.- Aunque botánicamente la inflorescencia del frijol es un racimo de racimos, aquí se le asignó el nombre de racimo y se contabilizaron todos aquellos que presentaron al menos una vaina.

f) Número de ramas primarias.- Se sumaron todas las ramas que emergieron de los nudos del tallo principal.

3) Rendimiento biológico o biomasa. Se refiere a la producción total de materia seca de la porción aérea de la planta durante el ciclo del cultivo, incluyendo el peso seco de las hojas y órganos que sufieron abscisión durante el ciclo, pues éstos se colectaron durante dicho período.

A los datos obtenidos se les practicó análisis de varianza; las medias de cada tratamiento se compararon mediante la prueba de Tukey (DSH = 0.05).

RESULTADOS

Fenología. No se observó influencia de las densidades de población (DP) sobre la fecha de ocurrencia de las etapas fenológicas de cada variedad, pero sí entre variedades, por lo que en el Cuadro 1 se presentan tales fechas con base en el promedio de las cinco densidades de siembra.

Cuadro 1. Días a partir de la siembra en que se presentaron las etapas fenológicas (promedio de cinco densidades de siembra).

Etapa fenológica	Variedad	
	Canario 107	Michoacán 12-A-3
Emergencia	6	8
Inicio de floración	40	50
Final de floración	63	72
Madurez fisiológica	87	101

Los resultados para las variables determinadas a la madurez fisiológica, se presentan para cada factor en estudio, en el orden siguiente: 1) efecto de variedad; 2) efecto de densidad y 3) efecto de densidad para cada variedad.

Efecto de variedad. De acuerdo a la información presentada en el Cuadro 2 y en la Figura 2, el rendimiento (R) y sus componentes: número de semillas normales (NSN), número de vainas con semilla (NVS), número de semillas normales por vaina (NSV) y el número de racimos (NR), así como la biomasa por m^2 y por planta fue mayor en el frijol M-12 que en C-107. El tamaño de semilla (TS), en cambio, fue 86% mayor en C-107 que en M-12. El número de ramas primarias (NRP) fue estadísticamente similar en ambas variedades.

Efecto de densidad. Las diferencias en el rendimiento por m^2 debido a cambios en la densidad de población no fueron significativas. Sin embargo, el NSN, NVS, NRP, NR y la biomasa por m^2 se incrementaron al aumentar el número de plantas por m^2, en contraste con el TS, el cual disminuyó (Cuadro 2). Las diferencias en el NSV no fueron significativas. Por otro lado, el R, sus componentes (NSN, NVS, NR, NRP) y la biomasa por planta disminuyeron al aumentar la DP (Figs. 2 y 3).

Efecto de densidad para cada variedad. En ambas variedades de frijol, el R por m^2 y el NSV no mostraron cambios significativos por efecto de la DP. La biomasa por m^2 de C-107 se incrementó en 58% y la de

Cuadro 2. Rendimiento de semilla, sus componentes y biomasa por m^2 de dos variedades de *Phaseolus vulgaris L.* en función de la densidad de población.

Var.	Densidad plts. m^{-2}	Rend. (g)	Componentes del rendimiento						Biomasa (g)
			No. Semillas Normales	Tamaño de semilla (mg)	No. Vainas con semilla	No. Semillas Normales por vaina	No. Ramas Primarias	No. Racimos	
C-170	17.6	131 a[1]	487 a	268 a	150 c	3.2 a	65 a	118 a	316 b
	21.3	139 a	471 a	295 a	143 c	3.3 a	69 a	121 a	328 b
	26.6	140 a	578 a	242 a	189 b	3.0 a	74 a	140 a	372 b
	35.5	158 a	545 a	289 a	184 b	3.0 a	81 a	181 a	396 ab
	53.3	182 a	727 a	250 a	245 a	3.0 a	89 a	198 a	499 a
M-12	17.6	240 a	1346 c	178 a	326 b	4.1 a	68 b	186 c	508 b
	21.3	211 a	1382 c	153 ab	331 b	4.2 a	72 b	192 bc	491 b
	26.6	212 a	1796 ab	118 b	410 ab	4.4 a	83 b	242 bc	567 ab
	35.5	278 a	1713 b	162 ab	440 ab	3.9 a	104 ab	267 ab	603 a
	53.3	247 a	2072 a	119 b	530 a	3.9 a	138 a	327 a	662 a
$\bar{X}$ Var.	C-107	150 b	562 b	266 a	182 b	3.1 b	76 a	152 b	382 b
	M-12	238 a	1662 a	143 b	407 a	4.1 a	93 a	243 a	566 a
$\bar{X}$ por dens.	17.6	185 a	916 c	202 a	238 c	3.8 a	67 b	152 c	410 c
	21.3	175 a	927 c	189 abc	236 c	3.9 a	70 b	157 c	412 c
	26.6	176 a	1187 ab	148 d	299 b	3.9 a	79 b	191 b	470 bc
	35.5	219 a	1128 bc	194 ab	312 b	3.6 a	92 ab	224 ab	500 ab
	53.3	214 a	1300 a	165 abcd	387 a	3.3 a	114 a	262 a	580 a

[1]: En columnas valores con la misma letra para cada grupo son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

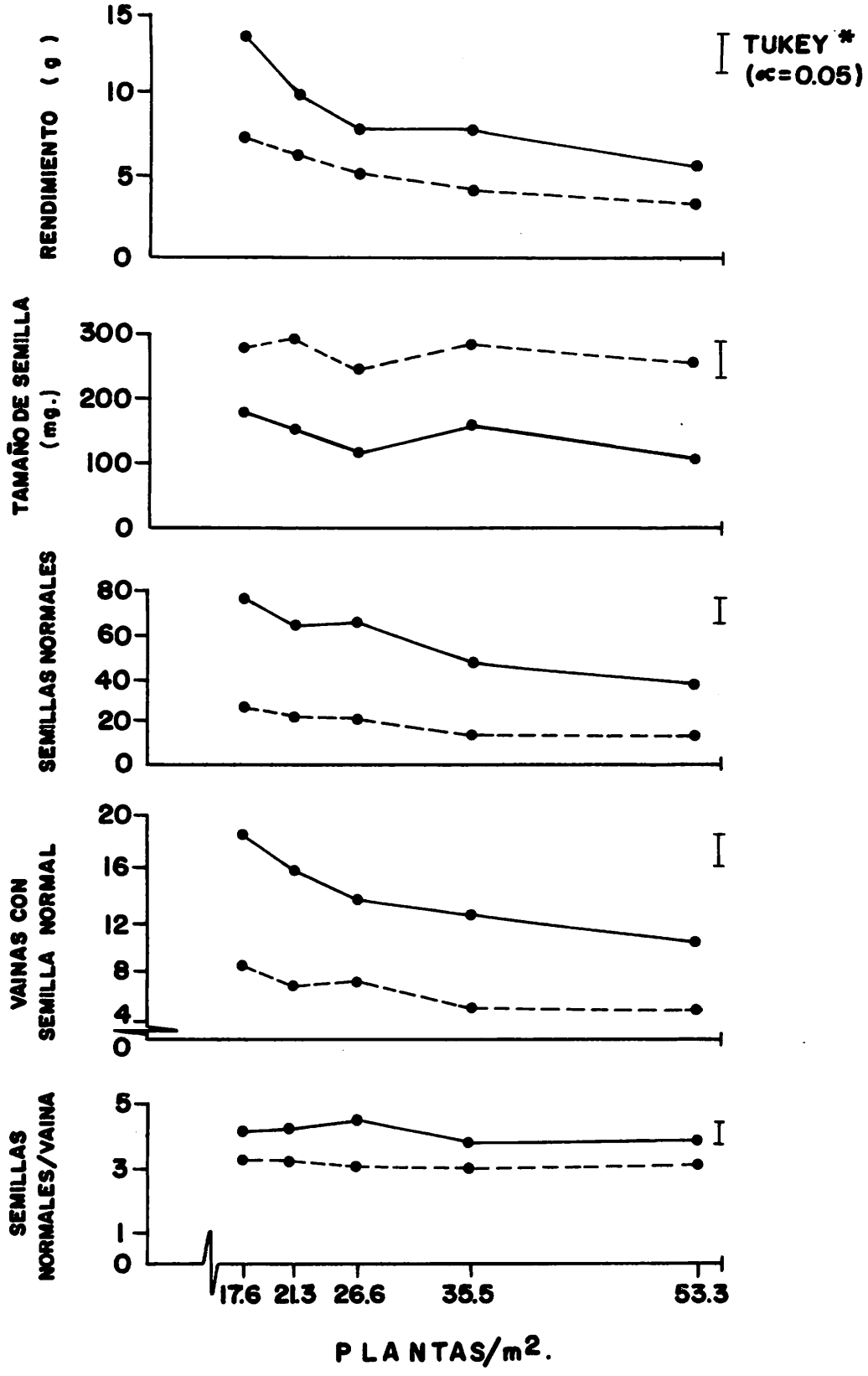

Fig. 2. EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION SOBRE EL RENDIMIENTO POR PLANTA Y SUS COMPONENTES DEL FRIJOL CANARIO 107 ·---· Y MICHOACAN 12-A-3 ·——· .

* PARA DENSIDADES DENTRO DE VARIEDADES.

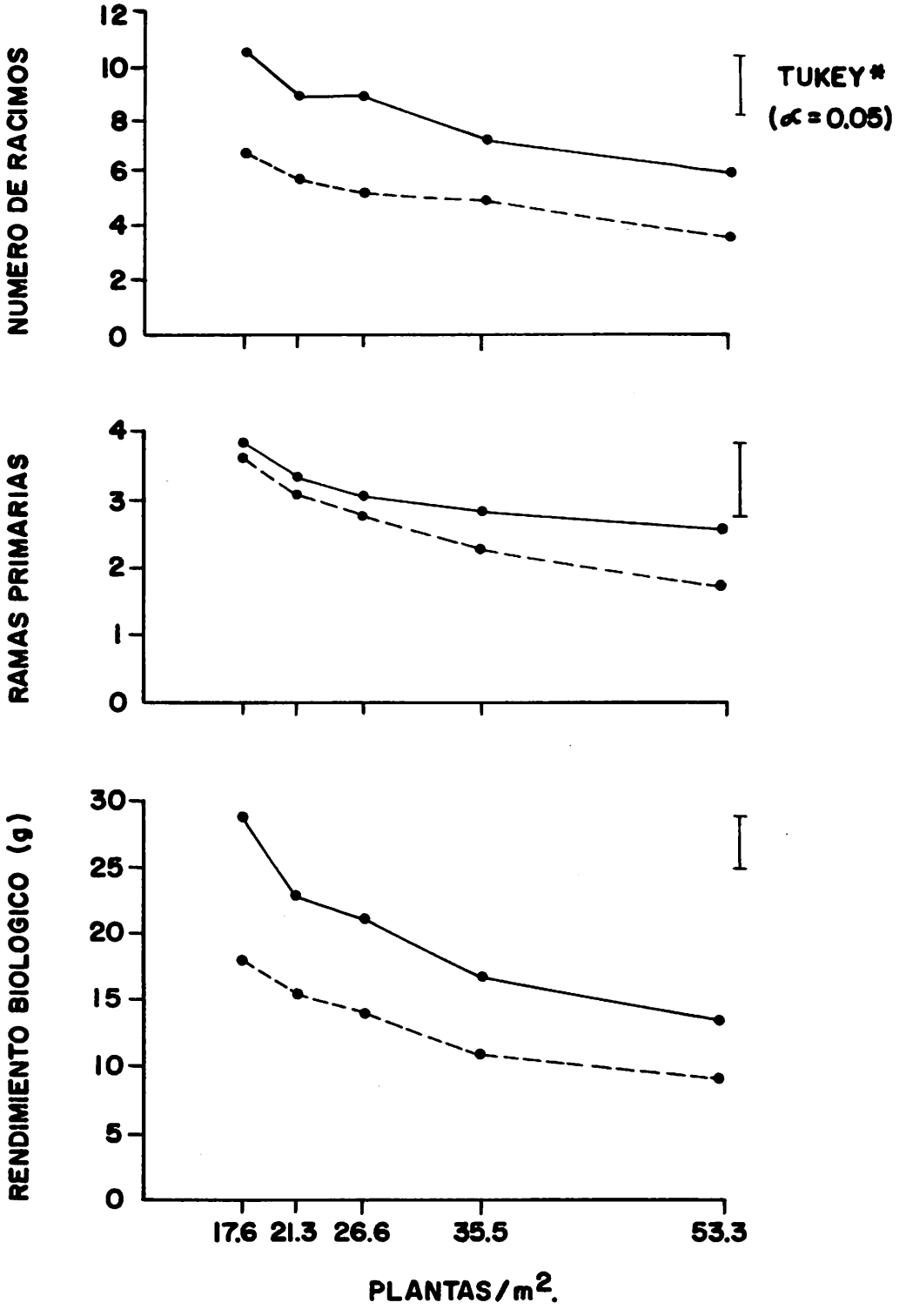

Fig.3. EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION SOBRE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN SEMILLA Y RENDIMIENTO BIOLOGICO POR PLANTA DE FRIJOL CANARIO 107 •---• Y MICHOACAN 12-A-3 •——•

* PARA DENSIDADES DENTRO DE VARIEDADES.

M-12 en 30% al aumentar de 17.6 a 53.3 el número de plantas por m^2. La respuesta a la DP en los componentes del rendimiento por m^2 como NSN, TS, NRP y NR fue diferente para cada variedad, pues en C-107, las diferencias en esos componentes no fueron significativas; en cambio, en M-12 los componentes señalados incrementaron su valor al aumentar la DP, a excepción del TS el cual mostró una tendencia a disminuir al incrementarse la densidad (Cuadro 2).

En el caso del comportamiento por planta, en ambas variedades, el rendimiento, sus componentes como NSN, NVS, NRP, NR y la biomasa por planta disminuyeron en relación al aumento de la DP. Las diferencias en el NSV no fueron significativas. En M-12, el TS disminuyó más al utilizar DP más altas que en C-107 (Figs. 2 y 3).

DISCUSION

El desarrollo de ambas variedades, evaluado a través de la ocurrencia de las etapas fenológicas no fue afectado por las densidades de siembra; en cambio, el crecimiento de la mayoría de los órganos involucrados en el rendimiento agronômico sí lo fue. Esto ratifica resultados obtenidos por Aguilar (1975) y Muñiz (1976), en el sentido de que en un cultivo su desarrollo es menos afectado por la densidad de siembra que su crecimiento.

La magnitud del rendimiento depende del comportamiento de sus componentes, los cuales ante una situación de desequilibrio fisiológico son los afectados en primer término. En el presente trabajo, la respuesta de los componentes del rendimiento a los cambios en densidad de población fue distinta para cada variedad. Para C-107 las diferencias en los componentes y en el rendimiento por m^2 por efecto de la DP no fueron significativas. En contraste, en M-12, la magnitud de los componentes del rendimiento como el NSN, NVS, NRP y NR se incrementó al aumentar el número de plantas por m^2, pero esto no se reflejó en mayor rendimiento por unidad de superficie debido a que a incrementos en el NSN correspondieron disminuciones en el TS. La ocurrencia de este

mecanismo de compensación entre los componentes del rendimiento de plantas bajo situaciones de competencia ya fue señalado por Adams (1967) y Escalante *et al.* (1980). El NSV fue el componente de mayor estabilidad en ambas variedades.

Este comportamiento particular en los componentes del rendimiento depende del grado de plasticidad de cada variedad, puesto que las variedades de hábito indeterminado poseen mayor grado de plasticidad que las de hábito determinado (Costa *et al.*, 1983). Aun cuando no se incrementó el rendimiento, la biomasa por m^2 mostró valores más altos a mayores densidades en ambas variedades. Esto sugiere que hubo una asignación de mayor cantidad de materia seca en otras estructuras de la planta aparte de la semilla (como tallos, hojas etc.) y que no fueron consideradas en este estudio.

Por otro lado, el rendimiento, sus componentes y la biomasa por planta mostraron una tendencia a disminuir cuando aumentó la DP, lo cual ha sido observado también por diversos investigadores (Aguilar, 1975; Muñiz, 1976). Lo anterior se explica porque entre mayor sea el número de individuos que integren una población, la competencia por los recursos necesarios para el desarrollo de los mismos se acentúa, reflejándose esto en sus características fenotípicas (Donald, 1963). El más alto rendimiento mostrado por M-12 puede deberse a que es una variedad más tardía que C-107 y a su hábito de crecimiento indeterminado, puesto que las variedades de este hábito por lo general presentan mayor número de nudos, los cuales son sitios potenciales de producción de racimos y éstos de vainas, dando la posibilidad de mayor rendimiento que las de hábito determinado (Kohashi, 1979).

CONCLUSIONES

1. En ambas variedades, a un mayor número de plantas por m^2 se obtuvo un menor rendimiento por planta, de tal forma que el rendimiento por m^2 no fue afectado por los cambios en densidad.
2. La variedad M-12, mostró mayor grado de plasticidad que C-107, puesto

que sus componentes del rendimiento mostraron cambios por efecto de la densidad.

3. Los cambios y los mecanismos de compensación en los componentes del rendimiento debido a cambios en densidad de población, dependen del hábito de crecimiento y grado de plasticidad de la variedad.

BIBLIOGRAFIA

Adams, M.W., 1967. Basis of yield component in crop plants with special reference to the field bean (*Phascolus vulgaris L.*). Crop Sci. 7: 505-510.

Aguilar F., E., F. Díaz M. y D.R. Laing. 1984. Efecto de la densidad de siembra sobre algunas características morfológicas y el rendimiento en frijol común (*Phascolus vulgaris* L.). Turrialba 34: 55-61.

Aguilar M., I. 1975. Efecto de la competencia entre plantas y su eliminación sobre el rendimiento en grano y sus componentes en (*Phascolus vulgaris L.*) var. Michoacán 12-A-3. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 101 p.

Cárdenas R., F. 1961. La densidad de siembra influye en el rendimiento del frijol. Agric. Téc. Méx. 12: 6-18.

Costa J., G., Caprio Da, J. Kohashi S. y S. Miranda C. 1983. Plasticidad no feijoeiro común. Pesq. Agropec. Brass., Brasilia, 18(2): 159-167.

Díaz M., F. y E. Aguilar F. 1984. Efecto de la densidad de siembra en la distribución de materia seca en la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Turrialba 34: 63-76.

Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Adv. Agron. 15: 1-118.

Escalante E., J. Alberto S., J. Kohashi S. y O.B. Gómez R. 1980. Efecto del sombreado artificial en tres épocas a partir de la floración sobre el rendimiento en semilla y sus componentes del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agrociencia 42: 5-16.

Froussios, G. 1970. Genetic diversity and agriculture potential in *Phaseolus vulgaris* L. Expl. Agric. 6: 129-144.

Holliday, R. 1960. Plant population and crop yield: Part I. Field Crops Abstr. 13: 159-167.

Kohashi S., J. 1979. Fisiología. En: Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Mark E. Engleman (Ed). Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. pp. 39-58.

Muñiz R., L. 1976. Efecto de la densidad de población en siembras equidistantes sobre el rendimiento y sus componentes en *Phaseolus vulgaris* L. var. Michoacán 12-A-3. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, México. 68 p.

Steel, R.G.D. and S.H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. Mc Graw Hill. 481 p.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Josué Kohashi-Shibata, Director de Investigación del Colegio de Postgraduados, la revisión y sugerencias a la versión inicial de este artículo.