

COMPETENCIA ENTRE PLANTAS Y SU EFECTO EN EL
RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERISTICAS DEL FRIJOL
"CARAOTA" (*Phaseolus vulgaris L.*). (*)

Por: **Gilberto Bastidas Ramos y Luis Humberto Camacho** (**)

I.— INTRODUCCION

El cultivo de frijol "caraota" es muy reciente en Colombia y cada día adquiere mayor importancia, no sólo por ser una fuente de proteína vegetal, sino por las grandes perspectivas que ofrece el mercado de exportación, principalmente a Venezuela.

Este cultivo ha tenido su mayor incremento en el Valle del Cauca, donde la topografía plana hace que sea casi totalmente mecanizable. En 1967, se cultivaron aproximadamente 1.900 hectáreas. En 1968 el área cultivada ascendió a 3.750 hectáreas. Así mismo, las exportaciones a Venezuela se incrementaron de 205 toneladas en 1967 a 2.513 en 1968 (Proacol Ltda., 15).

El presente trabajo reviste importancia, debido a que hasta el momento no se ha efectuado un estudio en Colombia con miras a determinar la población de plantas, que produzca los máximos rendimientos y sus posibles efectos sobre las características, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos, peso de la planta seca sin granos y altura de la planta. A la vez, se pretende determinar el Índice de Cosecha y las relaciones posibles, entre el rendimiento calculado y el rendimiento real cosechado.

II.— REVISION DE LITERATURA

Tanto en frijol como en otras especies de plantas cultivadas se han realizado numerosos estudios tendientes a mostrar la densidad de siembra que produzca los mejores rendimientos. Como el rendimiento es un carácter altamente influenciado por el ambiente, no es de extrañar que los resultados de diversas investigaciones produzcan conclusiones diferentes.

Según Borde (2), para lograr una buena producción por hectárea

(*) Tesis, Facultad de Agronomía Palmira.

(**) I.A., M.S., Ph.D. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Palmira.

es necesario tener un equilibrio óptimo entre el grado de competencia por planta y el desarrollo y crecimiento de sus caracteres.

Ortega (12), anota que una de las principales causas de los bajos rendimientos de la caraota en Venezuela, es la escasa población que se usa en la mayoría de las siembras de esta leguminosa. Según este autor, los rendimientos podrían aumentarse con una población de 213.285 plantas por hectárea utilizando el sistema de siembra de doble hilera.

Otros resultados de investigaciones realizadas en Venezuela y presentados por Barrios (1) indican que una buena población para la caraota es la que corresponde a 270.000 plantas por hectárea. Esta población puede lograrse sembrando surcos sencillos a 60 centímetros con 16 plantas por metro o sembrando surcos pares a 60 centímetros con una separación de 30 centímetros dentro de los pares.

Montalvo (9), trabajando con frijol en el Perú menciona una relación estrecha entre la población de plantas y los rendimientos por unidad de superficie, al punto de que éstos aumentan a medida que aumenta la densidad de siembra hasta un límite de 300.000 plantas por hectárea.

Cárdenas, citado por Ortega (12), en Méjico observó que al sembrar caraota en suelos fértilles, los rendimientos aumentaban considerablemente al aumentar la densidad de siembra, estableciendo como límite máximo la población de 332.000 plantas por hectárea.

Para siembras de frijol, el Programa Nacional de Leguminosas y Oleaginosas Anuales del Instituto Colombiano Agropecuario, recomienda la distancia de siembra que consta de surcos dobles separados entre sí 60 centímetros y 30 centímetros entre surcos de cada par; la distancia entre plantas es de 15 centímetros, para una población aproximada de 147.000 plantas por hectárea (Orozco, 11).

Paz y Cárdenas (13), trabajando con dos distancias de siembra y fertilización en frijol, encontraron que con la distancia de surco doble se obtiene un aumento de población de más de un 20 por ciento con relación a la distancia de surco simple; este aumento puede reflejar un mejor rendimiento en el grano utilizando buenas prácticas culturales.

Mathews, citado por Thomas (18), trabajando con frijol lima y habichuela encontró que el rendimiento por planta disminuía al aumentar el número de plantas por unidad de área. Pero el rendimiento por unidad de área se incrementó a medida que las poblaciones aumentaban.

En soya se han realizado numerosos experimentos para estudiar la influencia de la competencia en el rendimiento y sus componentes. Oba (10), encontró que poblaciones bajas incrementaban el número de vainas por planta y la producción de materia seca.

Lehman (8), encontró que el tamaño de la semilla y el número

de semillas por vaina no eran afectados por las variaciones de competencia entre plantas; pero otros componentes del rendimiento como número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de ramas por planta disminuían a medida que aumentaba la competencia entre plantas. Los estudios realizados por Rodríguez y Rodríguez (16), en el Centro de Investigaciones Agropecuarias de Palmira, indican que al reducir la distancia entre surcos y entre plantas se disminuye el número de vainas por planta y se incrementa la altura de la planta.

En maíz y sorgo varios autores han estudiado las interrelaciones entre densidad de siembra y rendimiento. Dungan (5), sostiene que en maíz la siembra rala en suelo fértil produce mazorcas grandes y en algunos casos dos mazorcas por planta. Cuando se aumenta la densidad de población, la cantidad de grano por planta disminuye pero esta disminución es menor que el aumento total resultante de una mayor densidad. González y Porras (6), trabajando con diferentes poblaciones y fertilización nitrogenada en maíz, encontraron que un índice de población podría estar dado por el número de mazorcas por planta.

- a) Población escasa. Muchas plantas con dos o más mazorcas.
- b) Población óptima. Una mazorca por planta.

Con poblaciones entre 55.555 y 74.074 plantas por hectárea obtuvieron un rendimiento entre 7.0 a 7.2 toneladas.

Según Karchi (7), el número de plantas por hectárea es quizá el componente más importante del rendimiento en sorgo; este carácter está asociado con el rendimiento de la planta y con el peso de la panoja o sus componentes, número de granos por panoja y peso del grano.

III.— MATERIALES Y METODOS

El trabajo experimental se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Palmira, situado a una altura de 1.008 metros sobre el nivel del mar con temperatura promedia de 24°C y precipitación media anual de 1.000 milímetros. La investigación se inició en el segundo semestre de 1967 y finalizó en el segundo semestre de 1968, comprendiendo un total de tres experimentos.

Se usó la variedad ICA Tuí (tipo caraota), que es de hábito de crecimiento voluble con guía corta, flores moradas, granos de color negro, de forma aplanada y bordes angulares y con período vegetativo de 95 días. Esta variedad fué obtenida por el Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales y está en proceso de multiplicación, para comercializarse en el segundo semestre de 1969.

La siembra se hizo a mano a "chorro continuo" (semillas seguidas), en el surco previamente trazado. En la etapa unifoliar de desarrollo las plantas fueron raleadas, con reglas previamente marca-

das con los espaciamientos entre plantas de cada tratamiento, para obtener las poblaciones dadas en la Tabla No. 1.

— T A B L A 1a. —

TRATAMIENTOS USADOS EN EL ENSAYO

Trata- miento	Distancia entre surcos cms.	Distancia entre plantas cms.	Población aproximada plantas por hectárea
1	30—60—30	Chorro continuo	700.000
2	30—60—30	10.0	220.000
3	30—60—30	15.0	147.000
4	30—60—30	17.5	126.000
5	30—60—30	20.0	110.000
6	30—60—30	25.0	88.000

Las seis poblaciones de la tabla anterior se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con cuatro replicaciones. El tamaño de la parcela experimental era de cuatro surcos dobles, de 10 metros de largo con la distancia entre surcos recomendada por el Programa de Leguminosas de Grano y que consiste en dejar 30 centímetros entre surcos de un mismo par y 60 centímetros entre cada par de surcos.

Se llevaron a cabo las labores de cultivo recomendadas para el cultivo de frijol (control de malezas, control de plagas y riegos adicionales).

Dos días antes de la cosecha, se tomaron al azar, dentro de cada población, 40 plantas para registrar los siguientes datos: altura de planta en centímetros, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos en gramos, rendimiento biológico por planta en gramos (peso de la planta y el grano al momento de la cosecha) y rendimiento económico por planta en gramos (peso del grano). Se utilizó una balanza de precisión, para el registro de los diferentes pesos.

De cada unidad experimental, dos pares de surcos fueron cosechados, desgranados y pesados para registrar su rendimiento en kilos por hectárea. En el experimento correspondiente al último semestre en estudio, se registró la población por hectárea.

Todos los datos fueron analizados estadísticamente. Se hizo análisis de varianza combinado para los experimentos efectuados en los semestres 1967-B y 1968-B. Se calcularon los coeficientes de correlación entre los diferentes caracteres en estudio, para las diferentes poblaciones, en los dos últimos experimentos. Se calculó el índice de cosecha para cada semestre, y el rendimiento teórico en el último experimento.

IV.— RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas 2^a, 2b, y 33 se presentan los resultados promedios de los caracteres; número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos, rendimiento por planta, peso de la planta seca sin granos, altura de la planta y rendimiento en kilos por hectárea. En las Tablas 4a y 4b se presentan los análisis combinados de varianza para los experimentos en 1967-B y 1968-B.

Número de vainas por planta

En los tres experimentos, la población de 700.000 plantas por hectárea produjo el menor número de vainas por planta. En los dos primeros experimentos, la prueba de Duncan no reveló diferencias significativas entre las poblaciones de 88.000, 110.000, 147.000, 126.000 y 220.000 plantas por hectárea, pero estas poblaciones presentaron diferencias significativas con respecto a la población de 700.000 plantas por hectárea en todos los experimentos. En el tercer experimento la población de 88.000 plantas por hectárea exhibió el mayor número de vainas por planta y fué estadísticamente diferente a todos los demás. Otras comparaciones de este experimento indican que poblaciones de 110.000 y 126.000 plantas producen igual número de vainas por planta y que el promedio de este carácter también es similar en poblaciones de 147.000 y 220.000 plantas por hectárea.

El hecho de que los resultados no fueran consistentes en los tres experimentos demuestra que las condiciones ambientales afectan en forma desigual la producción de vainas en las diferentes poblaciones.

— T A B L A 2a. —

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION SOBRE EL VALOR PROMEDIO DE ALGUNAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS

Población por hectárea	Altura de la planta (cms.)			Peso de la planta seca sin granos (gramos)			Rendimiento por planta (gramos)		
	67B	68A	68B	67B	68A	68B	67B	68A	68B
700.000	53.5	51.2	57.4	12.5	4.6	3.6	20.6	9.6	4.8
220.000	56.6	43.9	49.4	17.0	9.4	9.2	28.2	15.5	12.4
147.000	58.8	41.5	43.1	16.0	9.9	10.1	26.2	15.2	13.2
126.000	58.4	43.6	38.4	17.0	11.5	11.7	26.0	20.7	19.3
110.000	57.8	42.0	40.5	18.1	11.7	13.6	27.8	19.3	19.6
88.000	55.4	42.1	38.0	21.0	9.0	15.8	34.2	18.0	24.3

— T A B L A 2b. —

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION SOBRE EL VALOR
PROMEDIO DE ALGUNAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS

Población por hectárea	No. de vainas por planta			No. de granos por vaina			Peso de 100 granos (gramos)		
	67B	68A	68B	67B	68A	68B	67B	68A	68B
700.000	16.4	7.8	4.8	7.0	7.0	5.4	20.2	16.7	18.5
220.000	17.7	13.3	12.3	7.0	7.2	5.0	21.0	19.7	20.5
147.000	20.9	12.9	14.2	7.0	7.4	5.6	27.7	19.7	19.8
126.000	18.6	16.6	16.6	7.0	7.4	5.9	21.4	20.7	20.3
110.000	21.1	15.6	17.8	7.3	7.3	5.6	22.8	20.0	20.1
88.000	21.2	14.1	20.4	7.3	7.3	5.8	21.7	20.7	20.7

— T A B L A 3. —

EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN SOBRE EL VALOR
PROMEDIO DEL RENDIMIENTO

Población por hectárea	Rendimiento ton./ha. 67B	Rendimiento ton./ha. 68A	Rendimiento ton./ha. 68B	Promedio aproximado
700.000	1.8	1.0	1.7	1.5
220.000	1.8	1.2	2.0	1.7
147.000	1.7	1.0	1.9	1.5
126.000	1.7	1.0	2.0	1.6
110.000	1.6	0.9	2.0	1.5
88.000	1.5	1.2	2.0	1.6

— T A B L A 4a. —

ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA LOS EXPERIMENTOS
EN 1967-B Y 1968-B

Fuentes de variación	No. de granos por vaina		Peso de 100 granos		No. de vainas por planta		Rendimiento por planta	
	C.M.	F.Cal.	C.M.	F.Cal.	C.M.	F.Cal.	C.M.	F.Cal.
Replicaciones	3	0.41		0.49		14.51		7.22
Años	1	28.52	16.48	15.28	23.87	337.01	66.21**	1.400.35 113.50**
Tratamientos	5	28.52	1	2.11	3.29**	105.64	20.75**	231.32 18.24**
Años x Trat.	5	4.95	2.86*	3.15	4.92**	30.09	5.95**	31.87 2.51*
Error	33	1.73		0.64		5.09		12.69
Total	47							

(*) Significativo al 5% de probabilidad

(**) Significativo al 1% de probabilidad

— T A B L A 4b. —

ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA LOS EXPERIMENTOS
EN 1967-B Y 1968-B

Fuentes de variación	G.L.	Altura de la planta		Peso de la planta sin granos		Rendimiento kg./ha.	
		C.M.	F.Cal.	C.M.	F.Cal.	C.M.	F.Cal.
Replicaciones	3	114.63		31.05	3.86	53.703	
Error	33	1.809.06	130.14	450.38	56.01**	1.238.111	26.26**
Total	47	82.81	5.95**	93.97	11.68	17.614	1
Años	1	163.07	11.73**	6.36	1	74.762	1.58
Tratamientos	5	13.90		8.04		47.145	
Años x Trat.	5						

(*) Significativo al 5% de probabilidad

(**) Significativo al 1% de probabilidad

Esta hipótesis se deduce del análisis combinado de la Tabla 4a en donde la interacción significativa, años por variedad, indica que la diferencia entre poblaciones varía de un año a otro.

Número de granos por vaina

Este carácter no presentó diferencias significativas en ninguno de los experimentos analizados individualmente. El análisis combinado no mostró diferencias entre las poblaciones pero hubo interacción significativa, presentándose el mayor número de granos por vaina en el primer experimento. Por lo anterior, se asume que la población no afectó el número de granos por vaina y que las variaciones posibles son debidas al efecto ambiental del semestre de siembra.

Peso de 100 granos

En el primer experimento el promedio más alto se encontró en las poblaciones de 110.000, 88.000 y 147.000 plantas por hectárea, aunque no hubo diferencias entre éllas. En el segundo y tercer experimento no hubo diferencias significativas entre las poblaciones, exceptuando la de 700.000 plantas que mostró un peso significativamente menor. El análisis combinado de la Tabla 4a muestra que el valor promedio de este carácter no es consistente de un semestre a otro en las diferentes poblaciones.

Rendimiento por planta

La población de 88.000 plantas por hectárea presentó en el primer experimento, el más alto rendimiento por planta y diferencias significativas con las demás poblaciones, a excepción de 220.000 plantas por hectárea, con la cual no las hubo. El más bajo rendimiento por planta lo presentó la población de 700.000 plantas por hectárea. En el segundo experimento, todas las poblaciones fueron significativamente diferentes de la población de 700.000 plantas por hectárea que presentó el más bajo rendimiento individual. En el tercer experimento, la población de 88.000 plantas por hectárea presentó el mayor rendimiento siendo significativamente diferente. Las poblaciones de 110.000, 126.000 y 147.000 plantas por hectárea no presentaron diferencias entre sí pero fueron significativamente diferentes de 700.000 y 220.000 plantas por hectárea que presentaron los rendimientos más bajos, respectivamente.

La prueba de significación de Duncan para el análisis combinado, mostró que el rendimiento promedio por planta con la población de 88.000 plantas por hectárea, fué significativamente diferente superior a las demás. La interacción significativa indicó que las diferencias entre los tratamientos para el rendimiento promedio por planta, fué diferente en los experimentos, lo cual es lógico por la variabilidad de los componentes del rendimiento, discutidos anteriormente.

Peso de la planta seca sin granos

La población de 88.000 plantas por hectárea presentó las plantas

más pesadas siendo significativamente diferente de 147.000 y 700.000 plantas por hectárea. Esta última población presentó las plantas más livianas, pero iguales en peso con las poblaciones de 126.000, 147.000 y 220.000 plantas por hectárea. Todas las poblaciones fueron significativamente diferentes de la población de 700.000 plantas por hectárea, que presentó las plantas más livianas, en los experimentos segundo y tercero. Las plantas más pesadas en el tercer experimento las presentó la población de 88.000 plantas por hectárea presentando diferencias significativas con todas las poblaciones menos con la población de 110.000 plantas por hectárea.

La prueba de significación del análisis combinado indicó el peso más alto para la población de 88.000 y el más bajo para la población de 700.000 plantas por hectárea. La ausencia de interacción indicó que las diferencias entre las poblaciones fueron similares en los dos semestres.

Altura de la planta

En el primer experimento no hubo diferencias entre las diferentes poblaciones en estudio. En los experimentos segundo y tercero, la población de 700.000 plantas por hectárea exhibió las plantas más altas presentando diferencias significativas con las demás. La población de 220.000 plantas por hectárea, en el tercer experimento, siguió en orden de altura a la población de 700.000 plantas por hectárea. Las pruebas de significación de Duncan, para el análisis de varianza en los experimentos combinados para este carácter, mostró que la población de 700.000 plantas por hectárea tenía las plantas más altas siendo significativamente diferente de todas las poblaciones menos de la de 220.000 plantas por hectárea. La población de 88.000 plantas por hectárea presentó las plantas más bajas. La presencia de interacción significativa indicó que el comportamiento no fué uniforme dentro de las poblaciones, tendiendo las plantas a ser más altas en el primer experimento.

Rendimiento en kilogramos por hectárea

La prueba de Duncan para evaluar la significación de los rendimientos, con base en el peso de la parcela demostró que todas las poblaciones rindieron lo mismo en el primer experimento. En el segundo experimento la población de 220.000 plantas por hectárea produjo los más altos rendimientos aunque no presentó diferencias con las poblaciones de 88.000, 147.000 y 700.000 plantas por hectárea. En el tercer experimento, la población de 700.000 plantas por hectárea presentó los más bajos rendimientos.

De acuerdo al análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan, para el análisis combinado, la población de 220.000 plantas por hectárea presentó el rendimiento promedio más alto, siendo significativamente diferente de las poblaciones de 700.000 y 88.000 plantas por hectárea que presentaron los más bajos rendimientos promedios.

Como se puede observar en la Tabla 3, aunque la diferencia no

es muy marcada en el rendimiento, la población de 700.000 plantas por hectárea rinde menos debido a la fuerte competencia por los factores de crecimiento, ya que, como anteriormente se anotó, con esta población el rendimiento por planta es bajo y no alcanza a compensar con el mayor número de plantas, para una alta producción por hectárea. El resultado anterior está de acuerdo con lo expuesto por Borde (2), quien afirma que la eficiente utilización y aprovechamiento de los varios factores ambientales de desarrollo y crecimiento de la planta, dependen de la óptima densidad y distribución de plantas en el campo.

La población de 220.000 plantas, fué más uniforme en el rendimiento por hectárea en los tres semestres, y sugiere ser la que más se adapta a esta variedad. Aunque esta población no presentó diferencias en los componentes de rendimiento (número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de 100 granos), con las poblaciones de 147.000, 126.000, 110.000 y 88.000 plantas por hectárea, sugiere que los factores de producción, luz solar, aire (anhídrido carbónico), humedad y nutrición disponible en el suelo, han sido utilizados más eficientemente por la población de 220.000 plantas por hectárea. Esta población se encuentra dentro de los rangos recomendados por otros investigadores citados en el presente trabajo.

Debido a que se observó amarillamiento prematuro de las hojas bajas, en las poblaciones de 220.000 y 700.000 plantas por hectárea, sería interesante ensayar las poblaciones en arreglos diferentes de siembra, como por ejemplo surcos sencillos a 60 centímetros y a 45 centímetros; esta última distancia es equivalente a surcos apareados. La población de 700.000 plantas por hectárea deberá descartarse agregándose poblaciones entre 300.000 y 400.000 plantas por hectárea para tener límites superiores de comparación.

Los coeficientes de variabilidad para el carácter, número de vainas por planta, en los tres experimentos fueron respectivamente 13.7, 13.3 y 11.4 por ciento. Para el carácter, número de granos por vaina, 4.2, 4.1 y 6.6 por ciento. Para el peso de los 100 granos, 3.5, 4.3 y 3.5 por ciento. Lo anterior nos indica que entre los componentes del rendimiento, el número de vainas por planta es el más variable, siguiéndole en variabilidad el número de granos por vaina y siendo más estable el peso de 100 granos. Lo anterior está de acuerdo con los resultados de investigaciones adelantadas por Camacho (4), y Pinchinat (14).

Correlaciones entre los diferentes caracteres en estudio

Para el estudio de las correlaciones que aparecen en la Tabla 5a y 5b, se comparó el rendimiento por planta con las otras características estudiadas. Un coeficiente positivo indica que las características estudiadas tienden a variar en el mismo sentido; o sea, que si se incrementa el valor de una característica, se incrementa el valor de la otra. Si el coeficiente es negativo, las características tienden a variar en sentido contrario; o sea, que si se incrementa el valor de una característica, disminuye el valor de la otra y viceversa. Se observa correlación positiva altamente significativa de peso de la planta seca

TABLA 5a. — COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LOS DIFERENTES CARACTERES ESTUDIADOS Y EL RENDIMIENTO POR PLANTA. 1968—A

Población por hectárea	Peso de la planta seca sin granos	No. vainas por planta	No. semillas por vaina	Altura de la planta
700.000	0.9128**	0.9543**	0.3478	0.0997
220.000	0.9637**	0.9775**	0.1578	0.4580*
147.000	0.9347**	0.9501**	0.3056	0.5383**
126.000	0.9390**	0.9660**	0.0196	0.2544
110.000	0.9574**	0.9382**	0.3347	0.3396
88.000	0.8552**	0.9439**	—0.0104	0.3940*

(*) Significativa al 5% de probabilidad.

(**) Significativa al 1% de probabilidad. (Snedecor, 17).

TABLA 5b. — COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LOS DIFERENTES CARACTERES ESTUDIADOS Y EL RENDIMIENTO POR PLANTA. 1968—B

Población por hectárea	Peso de la planta seca sin granos	No. vainas por planta	No. semillas por vaina	Altura de la planta
700.000	0.9673**	0.8966**	0.2457	0.2792
220.000	0.8543**	0.8179**	0.3497*	0.0686
147.000	0.9162**	0.9218**	0.6371**	0.3798*
126.000	0.9459**	0.7264**	0.2677	0.3868*
110.000	0.7794**	0.7332**	0.5644**	0.0975
88.000	0.7507**	0.7955**	0.5881**	0.1899

(*) Significativa al 5% de probabilidad.

(**) Significativa al 1% de probabilidad. (Snedecor, 17).

sin granos y número de vainas por planta con rendimiento. El número de granos por vaina mostró correlación positiva en los dos semestres, a excepción de la población de 88.000 plantas por hectárea en la cual fué negativa para el primer semestre de 1968. En el segundo semestre de 1968, el número de granos por vaina presentó correlación significativa en las poblaciones de 220.000, 147.000, 110.000 y 88.000 plantas por hectárea. La altura de la planta también tuvo correlación positiva en los dos semestres. De acuerdo a lo anterior encontramos que todas las poblaciones en los dos experimentos presentaron correlación significativa y positiva para los caracteres, peso de la planta seca sin granos y número de vainas por planta. Correlaciones positivas, aunque en algunos casos no significativas, para número de granos por vaina y altura de la planta podemos asumir que el rendimiento por planta está correlacionado positivamente con sus componentes, número de vainas por planta y número de granos por vaina, lo cual está de acuerdo con Camacho (3), el cual encontró que el rendimiento está positivamente correlacionado con sus componentes.

En las Tablas 6a y 6b, se presentan los coeficientes de correlación entre los diferentes caracteres estudiados. Tanto en el segundo como en el tercer experimento el peso de la planta seca sin granos y el número de vainas por planta estuvieron correlacionados en una forma positiva y altamente significativa en todas las poblaciones. El peso de la planta seca sin granos y el número de granos por vaina no parecen estar correlacionados aunque para la población de 147.000 plantas se obtuvo una correlación positiva en el segundo semestre de 1968. El peso de la planta seca sin granos y la altura de la planta presentaron correlaciones positivas y significativas en ambos semestres. La correlación entre el número de vainas por planta y el número de granos por vaina fué baja en todas las poblaciones en el primer semestre de 1968. En el segundo semestre, todas las correlaciones fueron negativas a excepción de las correspondientes a las poblaciones de 147.000 y 88.000 plantas por hectárea, las cuales fueron positivas. El número de vainas por planta y la altura de la planta estuvieron correlacionados positivamente en ambos semestres y en algunos casos fueron significativas o altamente significativas. El número de granos por vaina y la altura de la planta presentó baja correlación.

El peso de la planta seca sin granos y el número de vainas por planta están correlacionados positivamente en una forma altamente significativa, lo cual indica que un mayor desarrollo vegetativo tiende a aumentar el crecimiento reproductivo (Figura 1); estos dos caracteres también están positivamente correlacionados con la altura de la planta que es otro carácter indicativo del crecimiento vegetativo de la planta. Con el número de granos por vaina, la correlación tiende a ser variable ya que puede ser positiva o negativa y en algunos casos significativa.

Las correlaciones entre el número de vainas por planta y el número de granos por vaina son muy variables dentro de las diferentes poblaciones, ya que pueden ser positivas o negativas. Entre el número de vainas por planta y la altura, la correlación fué posi-

TABLA 6a. — COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LOS DIFERENTES CARACTERES ESTUDIADOS. 1968—A

Población por hectárea	X1 vs. X2	X1 vs. X3	X1 vs. X4	X2 vs. X3	X2 vs. X4	X3 vs. X4
	X2	X3	X4	X3	X4	X4
700.000	0.9456**	0.2099	0.0480	0.2447	0.0719	0.0891
220.000	0.9557**	0.2197	0.5133**	0.1343	0.5013**	-0.0545
147.000	0.9571**	0.2877	0.5283**	0.2306	0.4792**	0.0986
126.000	0.9056**	-0.0167	0.3807*	0.0041	0.2426	-0.2015
110.000	0.9428**	0.3282	0.3172	0.2227	0.3831*	0.2262
88.000	0.8485**	-0.0555	0.4901**	0.0790	0.3608	0.0390

(*) Significativo al 5% de probabilidad.

(**) Significativo al 1% de probabilidad.

X1 = Peso de la planta seca sin granos

X2 = Número de vainas por planta

X3 = Número de granos por vaina

X4 = Altura de la planta

TABLA 6b. — COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LOS DIFERENTES CARACTERES ESTUDIADOS. 1968—B

Población por hectárea	X1 vs. X2	X1 vs. X3	X1 vs. X4	X2 vs. X3	X2 vs. X4	X3 vs. X4
	X2	X3	X4	X3	X4	X4
700.000	0.9120**	0.1691	0.3435*	-0.1520	0.4408**	-0.3013
220.000	0.9080**	0.0058	0.3777*	-0.1930	0.2863	-0.1288
147.000	0.9333**	0.4552**	0.5922**	0.3373*	0.5541**	-0.0550
126.000	0.7203**	0.1362	0.5121**	-0.3751*	0.0548	0.1708
110.000	0.8232**	0.1288	0.3550*	-0.1051	0.2830	-0.1616
88.000	0.8163**	0.2685	0.5068**	0.0623	0.3001	0.1750

(*) Significativo al 5% de probabilidad.

(**) Significativo al 1% de probabilidad.

X1 = Peso de la planta seca sin granos

X2 = Número de vainas por planta

X3 = Número de granos por vaina

X4 = Altura de la planta



FIGURA 1. - EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA.

CH = "Chorro Continuo"

Foto: J. M. Córdoba

va aunque generalmente tiende a ser no significativa, indicando por lo tanto, independencia entre estos dos caracteres; igual tendencia puede anotarse para la relación entre altura de planta y granos por vaina.

En la Tabla 7, se presentan los diferentes índices de cosecha para las seis poblaciones, en los tres experimentos analizados. El índice de cosecha se expresa, según Wallace (19) como el porcentaje de peso seco total aéreo a la madurez, sin incluir las hojas, que representa el peso de la semilla. Como se puede observar en la tabla, los índices de cosecha son muy similares entre las diferentes poblaciones para cada semestre y no muestran ninguna tendencia definida. Lo anterior nos indica que la relación rendimiento económico y rendimiento biológico se mantuvo constante a cualquier población en esta variedad.

En la Tabla 8 se presenta la comparación entre el rendimiento teórico y el rendimiento total cosechado en el tercer experimento. El rendimiento teórico por hectárea se tabuló en base al promedio del rendimiento por planta de la muestra tomada (40 plantas) y la población teórica propuesta. El rendimiento real por hectárea co-

TABLA 7. — INDICE DE COSECHA (*)

Población por hectárea	67B	Semestre 68A	68B	Promedio
700.000	62.2	65.1	57.1	61.4
220.000	62.3	62.2	57.4	60.6
147.000	62.0	60.5	61.5	61.3
126.000	60.4	64.3	62.2	62.3
110.000	60.5	62.2	59.0	60.5
88.000	61.9	66.6	60.5	63.0

(*) Índice de Cosecha = Rendimiento Económico x 100/Rendimiento Biológico.

respondió al rendimiento cosechado por parcela y su conversión en kilogramos por hectárea. La población real por hectárea se calculó en base a las plantas cosechadas por parcela.

Como se puede observar, el rendimiento real cosechado se acerca más al rendimiento teórico a medida que la población disminuye, llegando hasta un 95.24 por ciento real, cosechado del teórico.

Lo anterior sugiere que a una alta densidad de población las plantas no pueden exhibir todas sus características deseables, para una alta producción, y que éstas se van manifestando a medida que la población disminuye. El conocimiento de los distintos porcentajes a las diferentes poblaciones permitirá además predecir con gran acierto los rendimientos esperados.

TABLA 8. — POBLACION Y RENDIMIENTO CALCULADO
VS. POBLACION Y RENDIMIENTO REAL. 1968—B

Población por hectárea	Rendimiento por planta (gramos)	Rendimiento calculado ton./ha.	Población real por hectárea	Rendimiento real ton./ha.	Porcentaje rendimiento Real/Calc.
700.000	4.8	3.4	601.851	1.7	50.00
220.000	12.4	2.7	218.900	2.0	74.07
147.000	16.2	2.4	142.129	1.9	79.17
126.000	19.3	2.4	124.537	2.0	83.33
110.000	19.6	2.2	109.259	2.0	90.90
88.000	24.3	2.1	90.277	2.0	95.24

V. — CONCLUSIONES

1. — En caraota, especialmente en la variedad ICA Tuí, es posible obtener altos rendimientos con poblaciones de 220.000 plantas por hectárea la cual puede establecerse con el sistema de surcos pares y distancia de 10 centímetros entre plantas.
2. — A medida que se incrementa la competencia, la altura de la planta aumenta, mientras que el número de vainas, el peso de la planta y el rendimiento por planta disminuyen.
3. — El número de vainas por planta es el más variable de los componentes del rendimiento siguiéndole en orden, el número de granos por vaina y siendo más estable el tamaño del grano.
4. — El rendimiento está asociado positivamente con sus componentes, número de vainas por planta y número de granos por vaina.
5. — De acuerdo a las correlaciones entre las diferentes características estudiadas se encontró que:
 - a) El peso de la planta seca sin granos está asociado positivamente con el número de vainas por planta y la altura de la planta.
 - b) La asociación entre el número de vainas por planta y el número de granos por vaina es variable ya que puede ser negativa o positiva, aunque de un valor bajo.
6. — El Indice de Cosecha, para esta variedad, permanece constante a cualquier densidad de población.
7. — La relación rendimiento real/rendimiento calculado, se incrementa a medida que la población disminuye.

VI. — RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objeto de determinar la influencia de la densidad de población sobre determinadas características agronómicas del cultivo de frijol "caraota". Se usó la variedad ICA Tuí y se compararon seis poblaciones (88.000, 110.000, 126.000, 147.000, 220.000 y 700.000 plantas por hectárea) en un diseño de bloques al azar con cuatro replicaciones.

Una población de 220.000 plantas por hectárea parece ser la más indicada para obtener una buena producción ya que en semestres desfavorables puede rendir mejor que otras poblaciones. Posiblemente esto es debido a que el grado de competencia que se establece en esta población permite aprovechar con mayor eficiencia las condiciones de humedad, fertilidad y luminosidad disponible para el crecimiento.

Al aumentar el grado de competencia entre plantas, la altura aumenta pero el rendimiento por planta y el número de vainas por planta disminuyen. Esta situación sugiere la necesidad de planificar otros estudios variando las distancias entre surcos para determinar su efecto tanto en el crecimiento vegetativo como en el reproductivo.

VII. — SUMMARY

The study reported in this paper was undertaken with the purpose of establishing the effect of plant competition on certain agronomic characteristics of black beans. The different levels of competition were established by planting populations of 88.000, 110.000, 126.000, 220.000 and 700.000 plants per hectars of the variety ICA Túi. A randomized complete block design with four replications was used.

Results indicate that a population of 220.000 plants per hectare may give better yields than other populations. It appears that this level of competition allows the plants to make an efficient use of the factors available to plant growth such as soil moisture, soil fertility and light.

Increasing the level of competition between plants, the plant height increases but yield per plant and pods per plant decrease. Since row competition was not included in this study, it is recommended for future research work to study the effect of this variable on vegetative and reproductive growth.

VIII — BIBLIOGRAFIA

1. — Barrios, A. y Ortega, S. Y. "Coche" nueva variedad de caraota negra *Phaseolus vulgaris* L. *Agron. Trop.* 18 (2): 321-325. 1968.
2. — Borde, S., Rossi, J. C., Luna, J. T. y Petri, F. Influencia de la distancia entre plantas en el surco sobre desarrollo y crecimiento de diferentes caracteres de la planta y rendimiento de maíz colorado "Flint". *Turrialba* 17 (1): 40-45. 1967.
3. — Camacho, L. H., Cardona, C. and Orozco, S. H. Genotypic and phenotypic correlation of components of yield in Kidney Beans. Bean Improvement Cooperative. Annual Report 7: 8-9. 1964.
4. — _____, Duarte, A. R. y Orozco, S. H. Relación entre el hábito de crecimiento y los componentes del rendimiento en frijol *Phaseolus vulgaris* L. *Revista ICA* 3 (2): 123-129. 1968.
5. — Dungan, G. H. Relación entre el número de granos en la siembra y el rendimiento. *Agricultura de las Américas* 8 (4): 38-40. 1959.

6. — González, M. G. y Porras, V. J. Influencia de las poblaciones y el nitrógeno en la producción del maíz. Tesis. Fac. Agron. Palmira. 1967. 89 p.
7. — Karchi, E. y Rudiche, Y. Effects of row width and seeding spacing and yield and its components in grain sorghum grow under dry land conditions. Agron. Jour. 58 (6): 602-604. 1966.
8. — Lehman, W. F. and Lambert, J. W. Effects of spacing of soybean plant between and within rows in yield and its components. Agron. Jour. 52 (1): 84-86. 1960.
9. — Montalvo, R. Densidad de siembra en el cultivo del frijol. Reunión Latinoamericana de Fitotecnia. 5a., Buenos Aires, 5-18 de Noviembre. Actas. 1961.
10. — Oba, T. et al. Studies on blooming and fruiting in soybeans plant. Crop Science Society Japan 30: 68-71. 1961.
11. — Orozco, S. H. El cultivo del frijol. Conferencias mimeografiadas. Fac. Agron. Palmira. 1965. 18 p.
12. — Ortega, S. y Barrios, G. A. Sistema de siembra en hileras pares en caraota (*Phaseolus vulgaris L.*). Agron. Trop. 18 (3): 357-361. 1968.
13. — Paz, R. A. y Cárdenas, G. O. Respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) a la aplicación de fertilizantes y su relación con dos distancias de siembra en dos suelos de la parte plana del Valle del Cauca. Tesis. Fac. Agron. Palmira. 1967. 61 p.
14. — Pinchinat, A. M. Variability of yield and yield components in beans. Bean Improvement Cooperative. Annual Report 9: 29-30. 1966.
15. — Proacol, Ltda. Registros de áreas de siembra y distribución de semillas. No publicado.
16. — Rodríguez, E. P. y Rodríguez, J. J. Estudio de distancias y densidades de siembra en una variedad de soya (*Glycine max (L) Merr*) de porte medio en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Palmira. Tesis Fac. Agron. Palmira. 1968. 64 p.
17. — Snedecor, G. W. and Cochran, W. C. Statical methods, 5th, ed. Ames, Iowa State College Press. 1956. 534 p.
18. — Thomas, M. O. Influence of variety and population density on yield and pod color of pole beans. Florida State Horticultural Society Proceedings 78: 87-89. 1965.
19. — Wallace, D. H. and Munger, H. M. Studies of the physiological basis for yield differences. II. Variation in dry matter distributions among aerial organs for several dry bean varieties. Crop Science 6 (6): 503-507. 1966.