

"Efecto de la densidad de siembra sobre algunas características morfológicas y el rendimiento bajo condiciones de campo en frijol común (Phaseolus vulgaris L.)

Realizado por:

Biol. Enrique Aguilar F.

M.C. Fabriciano Díaz M.

Coordinador:

Dr. Douglas R. Laing

Ph.D. Fisiólogo

I. RESUMEN

Cuatro variedades de frijol de hábito indeterminado se cultivaron bajo cuatro densidades de siembra: 6, 12, 24, 48, x 10⁶ plantas p^r hectárea ^{en CIAT Palmera} en un terreno adecuadamente fertilizado e irrigado y con buen control de malezas, plagas y enfermedades. Las variedades probadas fueron (ICA Pijao, Porrillo Sintético* Tipo II Puebla 152, P006. *Tipo III

La variedad que mejor respondió a densidad fue la ICA Pijao con un rendimiento promedio de 2.8 ton/ha, le siguió ~~en respuesta~~ la variedad Porrillo Sintético con 2.7 ton/ha, aunque esta variedad a más de 24 plantas/m² no responde. La variedad de mayor rendimiento ~~por área~~ fue la Puebla 152 (con un promedio de 3 ton/ha)

Se puede en general afirmar que de las variables que influyen en el rendimiento que son número de vainas por planta, número de semillas por vaina y tamaño de semilla) variaron ligeramente dentro de variedades como de densidades.

II. INTRODUCCION

Las leguminosas son parte predominante de la dieta de gran mayoría de la población mundial. Dentro de estas se destaca el frijol seco (Phaseolus vulgaris), el cual tiene una amplia aceptación en América Latina. La producción en esta área es relativamente baja comparada con otras zonas, debido a muchos factores como son plagas, enfermedades, fertilizantes, sistemas de siembra irrigación y densidades de siembra.

Existe déficit de proteína pero la proteína que se puede obtener a más bajo costo es la proteína vegetal y se está buscando por todos los medios posibles aumentar la producción de proteínas utilizando entre otras cosas una fuente de energía muy barata que poseemos, la cual es la energía solar.

Este trabajo sobre densidades, forma parte de los estudios básicos, llevados a cabo por el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) con el fin de determinar que factores influyen más en el rendimiento tanto por planta como por área.

Objetivo:

El principal objetivo del presente ensayo fue el estudio de las diferentes densidades de siembra en el rendimiento y las variables morfológicas y fisiológicas influyen en la producción de frijol.

III. REVISION DE LITERATURA

Según J.S. Campbell et al (1954), en un experimento realizado en el colegio imperial de agricultura tropical en Trinidad afirman que en los experimentos sobre densidad, el efecto mayor es variar la distancia entre surcos o entre plantas más que el efecto de la densidad de población. En el primer experimento encontraron que hay una marcada relación entre la producción y la densidad de

población por acre (4.047 metros cuadrados) y que las varias formas geométricas en la cual la población puede ser arreglada fueron de importancia secundaria. Los mismos autores trabajando con variedades enanas, encontraron que la máxima producción ocurre a poblaciones de 127.000 plantas por acre o (31,38 plantas/m²).

En 1955, Campbell et al, en otro ensayo reportaron que la máxima producción ocurría a poblaciones encima de 100.000 plantas por acre (27.10 plantas/m²)

Según Burke y Nelson (1965), Macartney (1964) y Musaka (1965) citados por Leakey, encontraron que las variedades indeterminadas, usualmente responden menos a alteraciones de la densidad de siembra que lo que lo hacen las variedades determinadas.

Leakey (1971) comparó dos variedades determinadas de frijol "Banja" y "Diacol Nima" a una distancia equivalente a 5,4, 32,3 plantas/m² y a cuatro niveles de fertilidad. Los dos cultivos se comportaron muy similarmente. El rendimiento está determinado a un grado de 85,7% y 86,1% respectivamente para Diacol Nima y Banja por el producto de vainas por planta y plantas que sobreviven a cosecha. Las altas densidades aunque dan las más altas producciones por área son un desperdicio de semilla, puesto que el porcentaje de plantas que sobreviven para contribuir al rendimiento son mucho menores.

Viera y Almeida (1965) trabajando con la variedad de frijol "Rico 23" han encontrado incrementos en la producción por área, disminuyendo progresivamente la distancia entre surcos de 60 cms a 30 cms y en el surco de 30 a 10 cms.

Ortega y Barrios (1969) compararon varios diseños de surcos dobles, usando 10 cms dentro del surco, para todas las comparaciones, ensayaron seis diferentes combinaciones de distancias entre surcos dobles y entre pares de surcos, lo que les dió una variación de población encima del 171% del modelo patrón (60 x 10 cm = 166,660 plantas/ha), para los alternantes 50/20 cms, lo que resulta en una ganancia en el rendimiento de 18% sobre el espaciamento patrón.

Appadurai et al (1964-65) en dos experimentos sobre densidades, con tres variedades enanas y de guía y con una distancia entre surcos de 30,5 cms tuvieron en su primer experimento cuatro distancias entre plantas 15, 23, 30,5 y 38,5 cms, en el segundo experimento la distancia entre plantas fue de 7,5; 15, 23 y 30.5 cms. Los resultados que obtuvieron indican que el espacio de 15 cms fue significativamente superior a todos los espacios y dió los mejores resultados. El índice de área foliar tomado a floración fue mayor al espacio de 15 cms y fue menor a los espaciamentos mayores; el número de vainas y el peso de las vainas por planta parece disminuir con un espacio menor, mientras que la producción total por parcela aumenta, aunque la diferencia no alcanza el nivel del 5% de significancia.

Cardenas (1946) encontró que el frijol arbustivo produjo más con distancias de 40 a 60 cms entre surcos y de 5 a 10 cms entre plantas. Para el tipo de semiguía, las mejores distancias fueron de 60 a 80 cms y de 10 a 20 cms respectivamente. Para el frijol negro semiarbustivo las distancias óptimas fueron de 40 a 60 cms entre surcos y de 10 cms entre plantas.

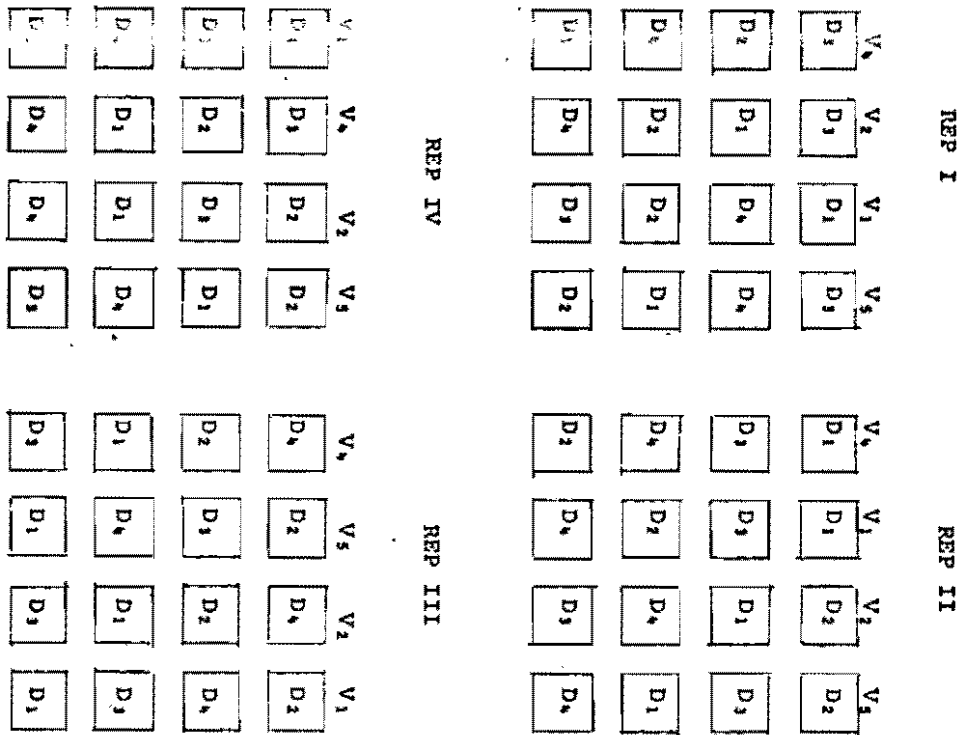
Mack y Hatch (1968) han sugerido que un aumento sustancial en el rendimiento puede ser obtenido reduciendo la rectangularidad e incrementando la densidad de población, aunque lo anterior conllevaría a cambios en los métodos de cosecha.

Camacho et al (1968) menciona que en Colombia los rendimientos obtenidos por hectárea fueron mayores en las altas densidades (220.000 plantas por hectárea o más) que en las bajas (110.000 plantas por hectárea o menos).

Chung y Goulden (1969) en un ensayo en Nueva Zelanda, mejoraron los rendimientos al sembrar el frijol reduciendo la distancia de 4 pds (10,2 cms) a 2 pds (5.1 cm) entre plantas, con surcos espaciados a 18 pulgadas (45,6 cm).

Segun Pinchinat (1968) en el área centroamericana muy comúnmente se siembran las variedades de frijol de tipo arbustivo y tipo semiguía a una distancia promedio de 50 cms entre surcos, con

LOCALIZACION EN EL CAMPO



Nombre Comun

No. CIAT

Variedad 1: Ica Pijao	P675
Variedad 2: Porrillo Sintetico	P566
Variedad 3: Puebla 152	P498
Variedad 4: PI. 310-739	P006

Densidades

- D₁ = 6 plantas/m²
- D₂ = 12 plantas/m²
- D₃ = 24 plantas/m²
- D₄ = 48 plantas/m²

10 cms entre plantas, lo cual da una densidad de 200.000 plantas por hectárea. En cambio las variedades de guía en esa misma área se siembran a densidades y arreglos muy variable; en su experimento llevado a cabo en Turrialba, con la variedad de frijol de hábito indeterminado Turrialba 3VR de grano rojo, tuvo poblaciones que variaban de 100.000 a 3.000 plantas por hectárea obtuvo el mayor rendimiento a la primera densidad (3.1 ton/ha).

Handerburg (1942) citado por Ayonoadu et al, en un experimento en el cual se estudió el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de cultivos de frijol indeterminado y semiindeterminado encontró que el rendimiento más alto y más bajo de un cultivo de hábito indeterminado (Robusta Pea) se obtuvo a una población de 15 y 7,5 plantas/m² respectivamente y que incrementando la población a 30 plantas/m² decrecía el rendimiento. Sin embargo, el mayor rendimiento del cultivo semi indeterminado (French White Kidney) fue obtenido a una población de 28,6 plantas/m². En ambos cultivos las plantas con más espacio producían más vainas por planta.

Macartney citado por Leakey y Ayonoadu et al, trabajando con una variedad indeterminado Mexico 142, encontró que no hay diferencia significativa en el rendimiento entre densidades de siembra variando de 200.600 a 609.500 plantas/ha; sin embargo, vainas por planta y el tamaño de la semilla fueron mayores a mayor distancia entre plantas.

Ayonoadu et al (1972), trabajando con cinco variedades indeterminadas de frijol a tres densidades de siembra, esto es 74070, 37040 y 24090 plantas/ha, en surcos separados a 90 cms con una distancia entre plantas de 15, 30 y 45 cms respectivamente, obtuvo un rendimiento de 1965, 1988 y 1620 kgs/ha respectivamente, además en contró que la mayor producción por parcela fue obtenida de la población más alta, mientras que la más alta producción por planta (grs/planta) fue obtenida de la más baja población, indicando que el máximo potencial de la planta individual no se logró.

Bastidas et al (1967-68) en un ensayo con una variedad indeterminada ICA Tui, con seis poblaciones (88000, 110000, 126000, 147000, 220000 y 700000 plantas por hectárea) encontraron que la población de 220000 plantas por hectárea parece ser la más indicada para obtener una buena producción. Afirman que al aumentar el grado de competencia entre plantas la altura aumenta, pero el rendimiento por planta y el número de vainas por planta disminuyeron.

IV. MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en el CIAT, el cual está localizado a 3°27' 21" LN y 76°26'10" LW a una altura de 1006 m.s. n.m., lluvia promedio anual de 1.124 mm y una temperatura promedio de 23,9°C. Las variedades con las que se llevó a cabo el ensayo aparecen en el cuadro No. 1.

Las densidades experimentadas fueron:

<u>Por metro²</u>	<u>Por hectárea</u>
6 plantas	60.000 plantas
12 plantas	120.000 plantas
24 plantas	240.000 plantas
48 plantas	480.000 plantas

Estas densidades se establecieron al raleo que se llevó a cabo 15 días después de emergencia.

Cuadro 2. Nivel de fertilidad promedio del suelo

<u>% M.org.</u>	+		*	*	*	*	*	*	**
4,82	<u>P</u>	<u>pH</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>K</u>	<u>Na</u>	<u>ClC</u>	<u>% Sat Na</u>	<u>Conductiv.</u>
	7	7	13,87	12.67	.68	.28	26.3	1.07	.69
+	+	+	*	*					
<u>B</u>	<u>Zn</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Fe</u>					
.77	2.4	72.25	.45	1.45					

* m eq/100 grs. de suelo
 ** en unidades mohos
 + partes por millón

Diseño experimental

El diseño experimental usado en el presente ensayo fue el de parcelas divididas donde el efecto mayor fue la variedad y el efecto menor la densidad de siembra.

El tamaño de la parcela experimental fue de 24 m² con cuatro replicaciones.

El número de tratamientos totales fue de 64

El modelo matemático del diseño empleado es el siguiente:

$$Y_{ijk} = M + R_i + P_j + M_{iJ} + S_K + (PS)_{JK} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Producción en la subparcela K dentro de la parcela J en la replicación i

M = efecto medio

R_i = efecto de la replicación

PJ = efecto de la parcela J

Cuadro 1. Variedades con las que se hizo el ensayo

Nombre Comun	No. CIAT	Tipo de * crecimiento	Color Semilla	Origen
Ica Pijao	P675	II	Negro	Colombia
Por. Sintetico	P566	II	Negro	Honduras
→ Puebla 152	P498	III	Negro	Mexico
PI 310-739	P006	III	Negro	U.S.A.

* Tipo II indeterminado guía corta
Tipo III indeterminado guía larga pero no trepadora

El terreno donde se llevó a cabo el experimento es de textura arcillosa; pesada, el nivel de fertilidad aparece en el Cuadro No. 2.

El suelo se fertilizó con:

15:15:15 200 kgs/ha

Rayplex (9.6% de Fe) 5 kgs/ha

Sulfato de Zinc
(20% Zn) 25 kgs/ha

Borax (10% Boro) 5 kgs/ha

Se aplicó como fungicida Brasicol 5 kgs/ha

Como insecticida sistémico Furadan 30 kgs/ha

La siembra se hizo con semilla previamente tratada con Arazan
Como herbicida preemergente se aplicó una mezcla de Afalón-Prefo-
lan a razón de 1 kg y 7 lts por hectárea respectivamente.

- M_{iJ} = Error A, dentro de la parcela
 SK = efecto de la subparcela K
 $(PS)_{JK}$ = efecto de la interacción entre parcela y subparcela
 E_{iJK} = error en la sub parcela (error B)

Observaciones en el campo

Los datos tomados fueron día de siembra, días a emergencia, días a aparición primera hoja trifoliada, días a floración, días a fructificación, días a madurez fisiológica y días a cosecha. Para calificar el volcamiento se usó una escala de 1-5 y este dato se tomó en el momento de cosecha. Los resultados aparecen en el cuadro no. 3.

En la época de máxima área foliar (8 días después de floración) se hizo un muestreo de 1 m^2 para determinar área foliar y peso de materia seca.

A cosecha se muestrearon 10 m^2 para medir el rendimiento, teniendo en cuenta el número de plantas en el área. Además se tomó una muestra de 1 m^2 para analizar los componentes del rendimiento. Las variables analizadas fueron:

- Número de nudos en tallo principal y ramas
- Número de vainas en tallo principal y ramas
- Número de semillas en tallo principal y ramas
- Tamaño de semilla
- Número de semillas por vaina
- Número de vainas por m^2

Cuadro 3. Resultados del volcamiento y cronología del ensayo

Variedad	D.S.	DA laHTRE	DAFl	DailleV	DAM	DAC	Volc.
ICA Pijao	Agost13	13	31	43	73	91	3.6
P. Sintetico	"	13	32	42	72	84	3.0
Puebla 152	"	13	32	44	77	92	4.0
P006	"	13	31	32	72	90	3.9

DS: día de siembra; DA laHTRE días a aparición la. hoja trifoliada
DAFl: Días a floración; DailleV: Días a inicio llenado de vainas;
DAM: días a madurez; DAC: días a cosecha

Manejo del experimento:

La siembra se hizo en camas de 1 metro de ancho y 56 cms de cresta, colocando dos surcos por cama, las plantas se colocaron a una distancia de 35 cms dentro de la cama. A continuación aparece la distancia entre plantas para establecer la densidad plantada.

Plantas por m²

6
12
24
48

Distancia entre plantas

33,3 cms
16,6 cms
8,3 cms
4,1 cms

V. RESULTADOS

Durante la duración del ensayo, Agosto-Octubre 1976, las condiciones de temperature fueron en general normales, $\bar{T} = 23.78^{\circ}\text{C}$, pero las condiciones de precipitación fueron muy bajas, $\bar{\text{Pre}} = 9,68 \text{ mm}$.

El mes con mayor precipitación promedia fue agosto (22 mm) y el más seco relativamente fue octubre (2,55 mm) (Ver Grafico No. 1). En el cuadro No. 4 figuran los promedios del rendimiento de grano seco en grs/m^2 al 14% Hu, el rendimiento en ramas en porcentaje, el número de vainas por m^2 , el número de semillas por vaina, tamaño de semilla (mgs), índice de cosecha porcentaje, índice de área foliar m^2/m^2 , altura de tallo principal (cms), número de nudos por m^2 , peso seco total (grs/m^2), número de ramas por m^2 y rendimiento por planta (grs/planta).

La variedad que mejor respondió a densidad fue la Ica Pijao (P675) (ver grafica No. 2), pues mostró gran capacidad para competir, presentó un rendimiento bien distribuido, aunque hay una leve disminución del tamaño de la semilla y del número de semillas por vaina (ver gráficas no. 3 y 5).

La variedad que siguió en respuesta (ver gráfica no. 2) fue la variedad Porrillo Sintetico (P566) la cual respondió bien, hasta 24 plantas/ m^2 , pues es una variedad que no tiene capacidad para competir despues de esta densidad, se observa una sensible disminución del rendimiento, debido a una disminución del número de semillas por vaina como del número de vainas por m^2 , pues el tamaño de la semilla se puede considerar constante (gráficas 3, 4, 5).

Las variedades que mostraron muy poca respuesta a densidad fueron la Puebla 152 (P498) y P006 (gráfica 2), teniendo en cuenta que la variedad Puebla 152 fue la de mayor rendimiento promedio (3.0 ton/ha) (Cuadro no. 4).

Mostró una baja del rendimiento entre 12 y 24 plantas/m² (gráfica 2) como también un descenso entre 6 y 24 plantas/m² del número de vainas por m² y además presenta un número variable de semillas por vaina como tamaño de la semilla, en todas las densidades (gráficas 3, 4, 5,).

La variedad P006 es una variedad que no responde a densidad presenta un tamaño variable de semilla, vainas por metro cuadrado como número de semillas por vaina (gráficas 3, 4, 5,). En cuanto al porcentaje de rendimiento en ramas, se encontró un mayor porcentaje a las bajas densidades, y además se encontró que las variedades de hábito de crecimiento tipo III tienen un mayor porcentaje.

El mayor porcentaje lo presentó la variedad Puebla 152 (P 498) (gráfica no. 6).

En cuanto al peso seco total, se encontró que la variedad que presentó mayor peso seco fue la Ica Pijao P675, con promedios de 370, 432, 436, 447 grs/m² para las poblaciones 6, 12, 24, y 48 plantas/m² respectivamente (cuadro no. 4). El área foliar es la fuente de la materia prima del rendimiento. La gráfica 8 nos muestra la relación que existe entre el índice de área foliar y el rendimiento a las cuatro densidades y se observa una relación estrecha entre estas dos variables para las variedades Ica Pijao (P675) y la P006, en Porrillo Sintético P566 la relación es directa, hasta un índice de 2.9 m²/m² y luego disminuye. Para la variedad Puebla 152 (P48) la relación no es clara.

La gráfica 9 muestra la relación entre el rendimiento y el índice de cosecha, básicamente es una medida del porcentaje del peso seco de la planta, que va a contribuir al rendimiento; se observa que para la variedad Ica Pijao (P675) el porcentaje es poco variable a lo largo de las 4 densidades, para la variedad Porrillo Sintético (P566) es un poco variable, mientras que para las variedades Puebla 152 (P498) y P006 este porcentaje es variable dentro de un rango pequeño.

La gráfica no. 10 registra la relación entre el índice de

Cuadro 4. Rendimiento y otros parametros fisiológicos básicos de *Phaseolus vulgaris* cultivado bajo 4 densidades de siembra 6,12,24,48 pl/m² en la sede del CIAT bajo condiciones de campo (Palмира, segundo semestre 1976)

Variedad	Dens. pl/m ²	Rend. gr/m ² 14%	Rend. Ramas %	No. vainas por m ²	No. sem/ vai.	Tamaño sem. mgs	Indice ⁺ cos. %	Area [*] fol. m ² /m ²	Alt.tallo principal cms	Nud.tot. por m ²	Peso ^{**} seco tot.	No. ram /m ²	Rend./ planta gr/pl
Ica Pijao P675	6	249	72	188	5.4	210	67	2.22	75	251	370	162.5	43.10
	12	292	56	195	5.6	225	67	3.32	89	367	432	195.7	36.90
	24	299	28	209	5.6	219	68	2.96	73	427	436	125.7	17.73
	48	312	10	242	5.2	214	65	3.84	95	647	477	96.7	7.21
	Prome.	288	41	209	5.4	217	67	3.09	83.31	423	429	145	26.24
P.Sint. P566	6	252	71	188	5.4	211	66	1.95	82	285	379	193	44.47
	12	275	54	209	5.3	212	68	3.18	87	394	402	219	23.47
	24	307	25	230	5.4	210	67	2.91	82	492	452	166	13.12
	48	278	10	223	5.0	217	63	3.37	66	621	437	102	6.02
	Prome.	278	40	213	5.3	213	66	2.85	79.56	448	417	170	21.77
Puebla 152 P498	6	306	98	208	4.6	276	77	1.87	71	379	392	271	57.15
	12	311	83	198	4.4	306	77	2.82	80	516	402	308	33.60
	24	295	61	197	4.5	284	71	2.34	116	720	415	308	13.90
	48	322	48	240	4.1	281	72	2.14	92	862	446	185	8.24
	Prome.	308	72.91	211	4.4	287	74	2.29	90.31	619	414	268	28.22
PI310- 739 P006	6	264	75	240	4.6	214	68	1.61	67	329	386	225	46.83
	12	265	60	232	4.8	211	70	2.06	80	458	379	258	23.80
	24	261	46	295	4.3	187	66	2.79	91	545	401	178	12.05
	48	295	36	260	4.8	201	71	2.77	128	765	414	143	7.42
	Prome.	271	54.7	257	4.6	203	69	2.31	91.68	524	395	201	22.52
Promedio total		286.78	52.50	222.79	4.97	230.39	69.5	2.63	86.21	503.98	414	196.2	24.69
PF Var		0.1714	0.0002	0.0790	0.0038	0.0002	0.0686	0.0014	0.5231	0.0001	0.1280	0.0003	0.1034
PF Densidad		0.0071	0.0001	0.0073	0.3389	0.0672	0.2563	0.0001	0.0003	0.0001	0.0021	0.0001	0.0001
PF Var Dens		0.1512	0.0314	0.3711	0.6342	0.2243	0.4397	0.0698	0.0001	0.3341	0.7138	0.7508	0.3528
LS D al 5%		18.7	5.03	23.22	0.33	10.53	0.03	0.35	9.02	51.51	31.10	35.47	5.80
LS D al 1%		25.11	6.74	31.14	0.44	14.12	0.04	0.47	12.10	69.07	41.70	47.57	7.79

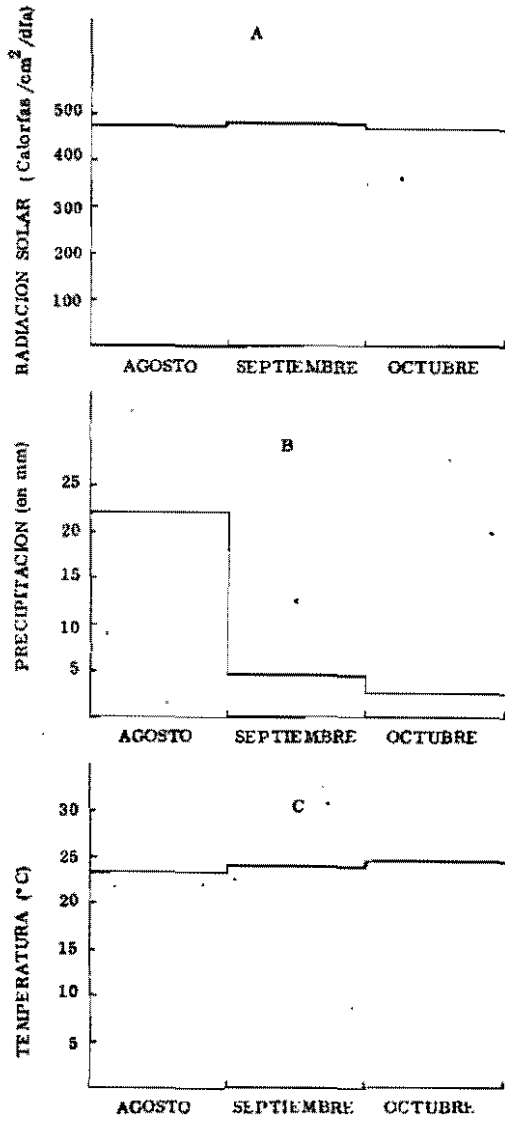
* Area foliar: indice de area foliar 11 días despues de floracion

** Peso seco total sin hojas, peciolos y raices

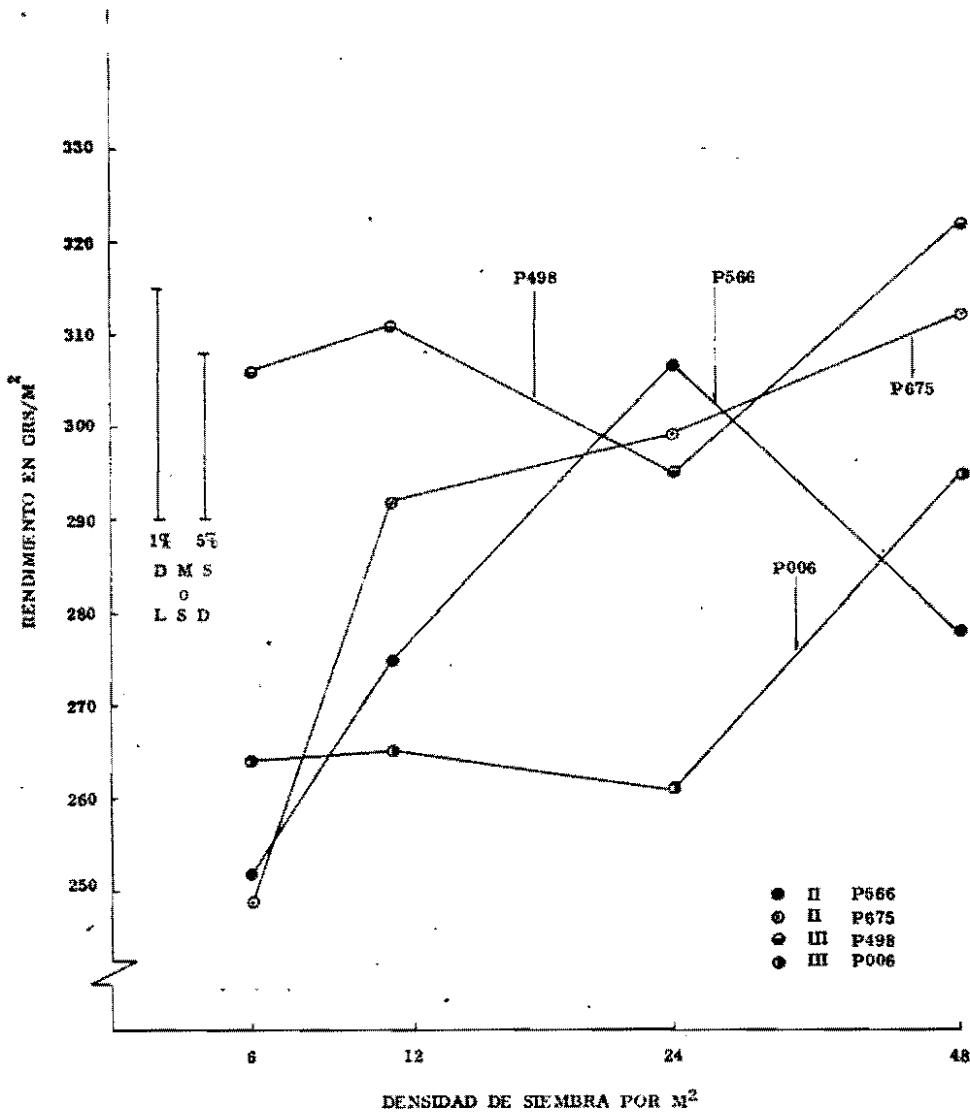
+ Indice de cosecha = $\frac{\text{rendimiento}}{\text{peso seco total}} \times 100$

GRAFICA No. 1

RADIACION - PRECIPITACION Y TEMPERATURA
MEDIA MENSUAL DURANTE EL TIEMPO DEL EXPERIMENTO
(Tomado de la Estación Meteorológica ICA-Palmira)



GRAFICA No. 2
RENDIMIENTO DE LAS 4 VARIETADES EN GRS/M²



GRAFICA No. 3

TAMAÑO DE LA SEMILLA DE LAS 4 VARIETADES DADO EN PESO (Mgs)

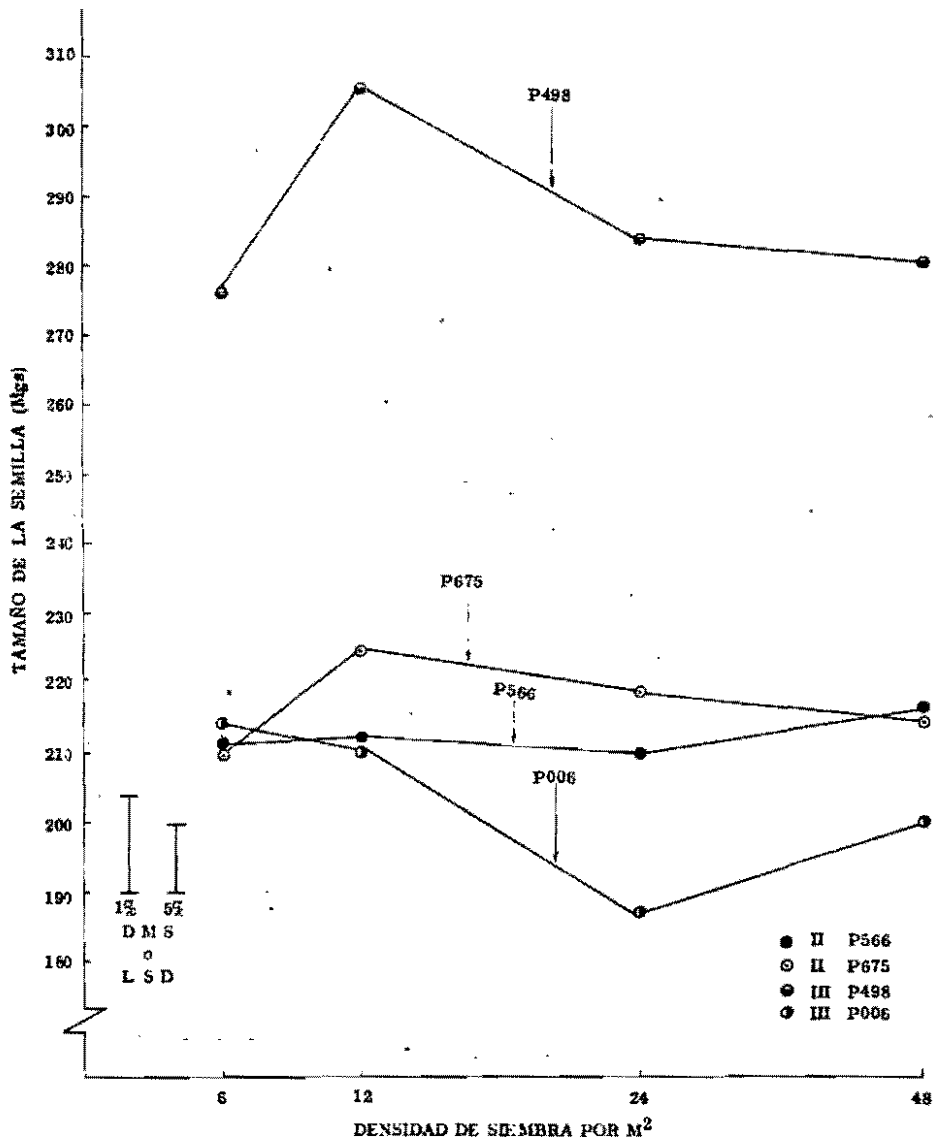


GRAFICO No. 4
NUMERO DE VAINAS POR M² PARA LAS 4 VARIIDADES

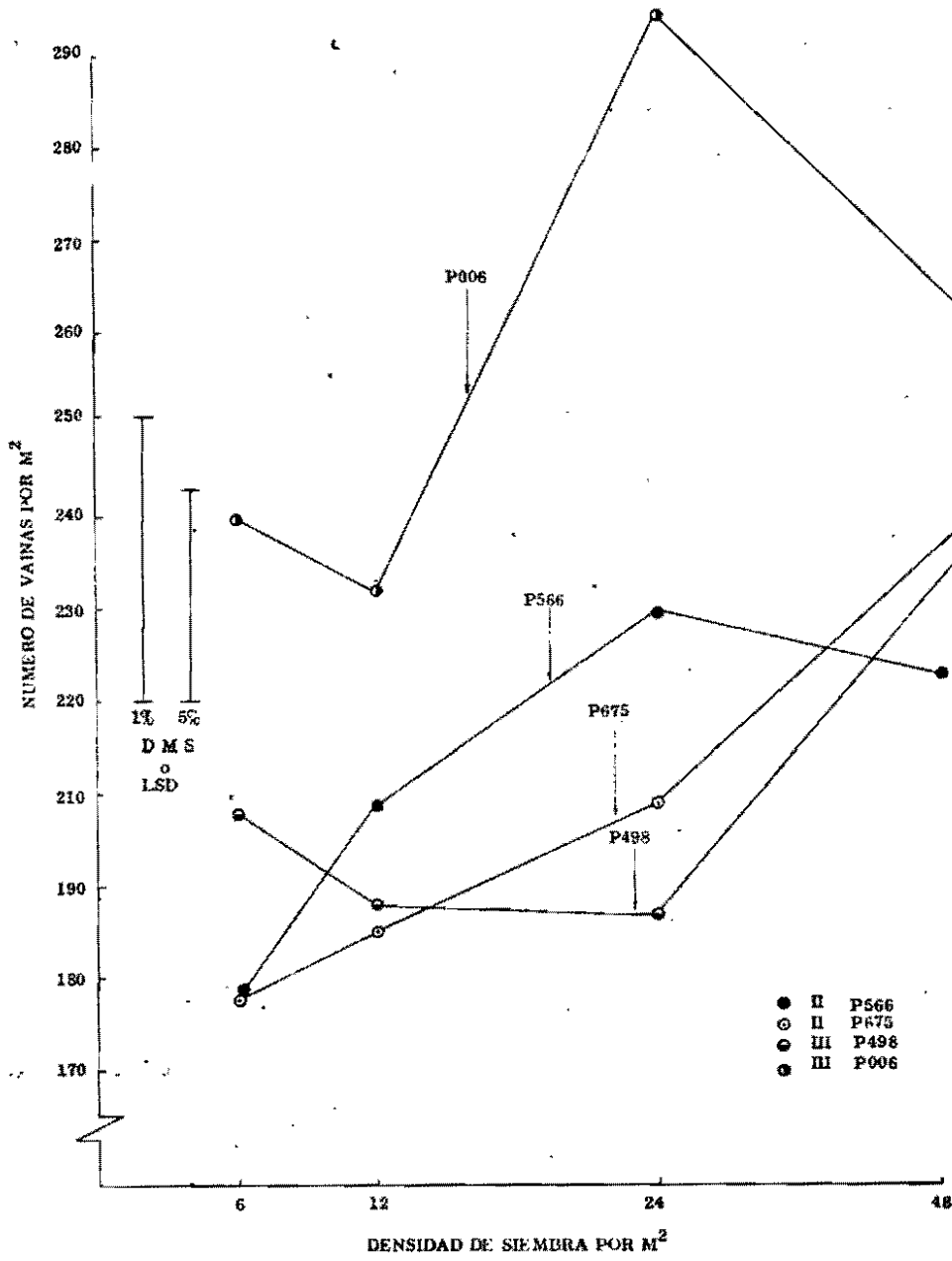


GRAFICO No. 5
NUMERO DE SEMILLAS POR VAINA DE LAS 4 VARIETADES

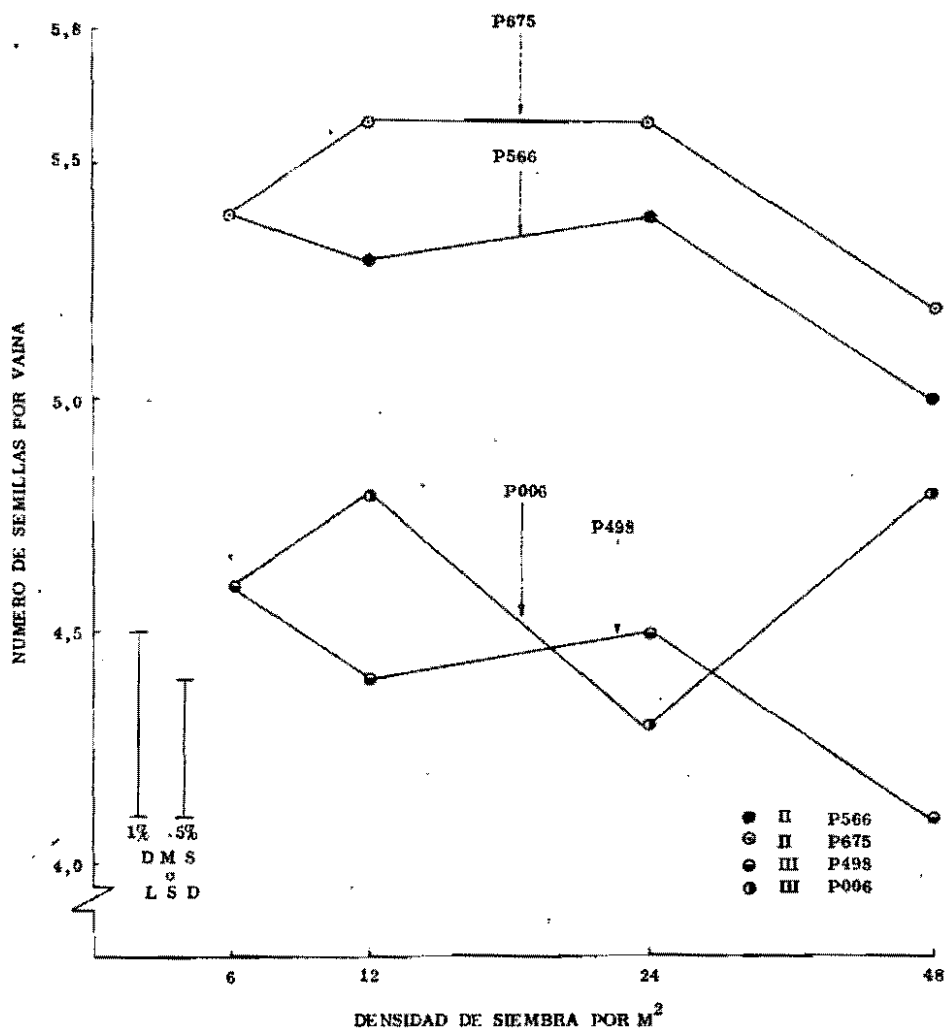


GRAFICO No. 6
PORCENTAJE DE RENDIMIENTO EN RAMAS DE LAS 4 VARIIDADES

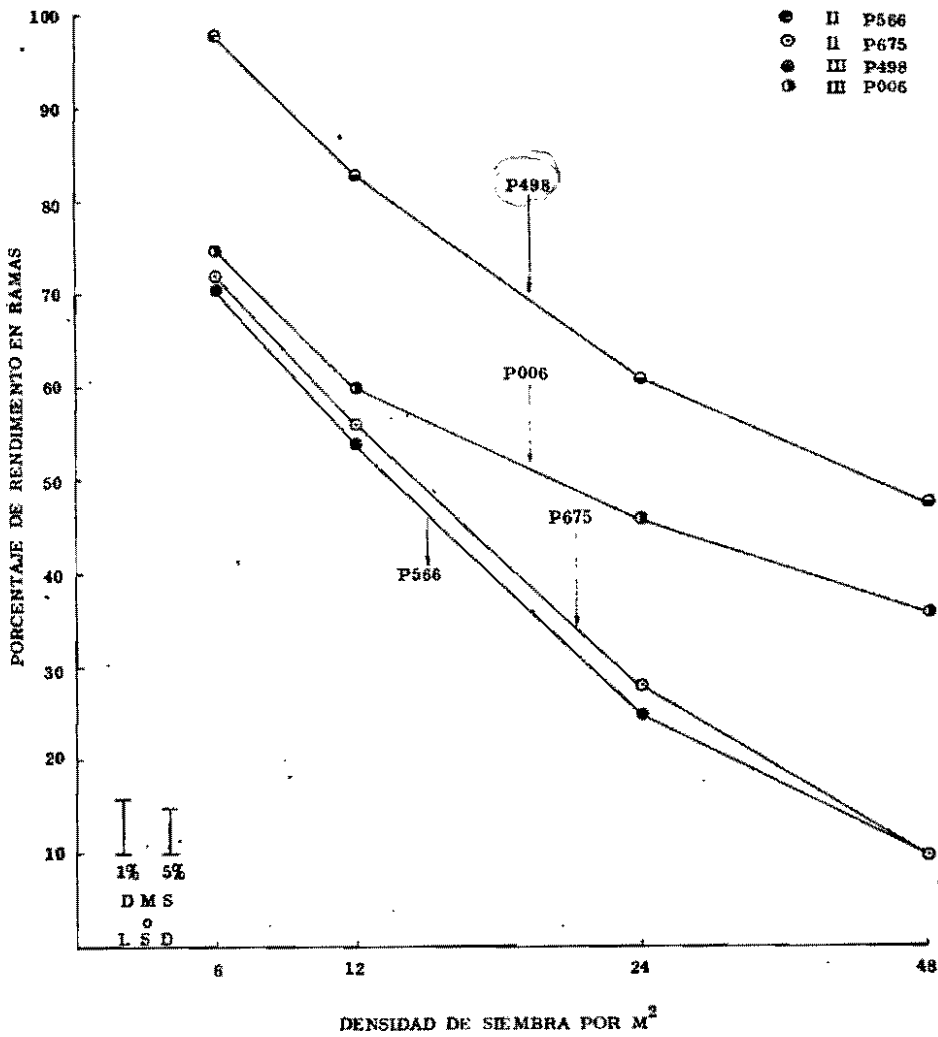


GRAFICO No. 7
RELACION DEL RENDIMIENTO CON PESO SECO TOTAL DE
ACUERDO A LA DENSIDAD DE SIEMBRA

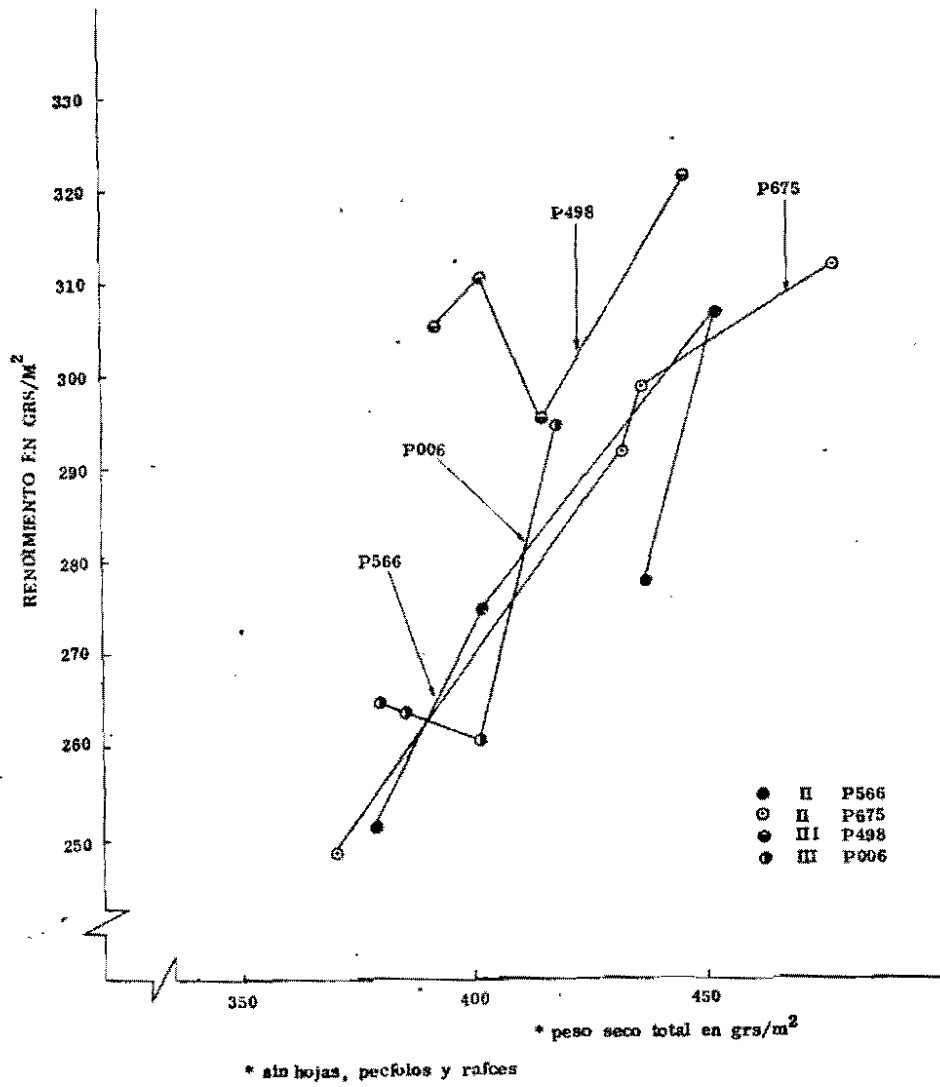


GRAFICO no. 8
RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO Y EL INDICE DE AREA FOLLAR
DE ACUERDO A LAS DENSIDADES DE SIEMBRA

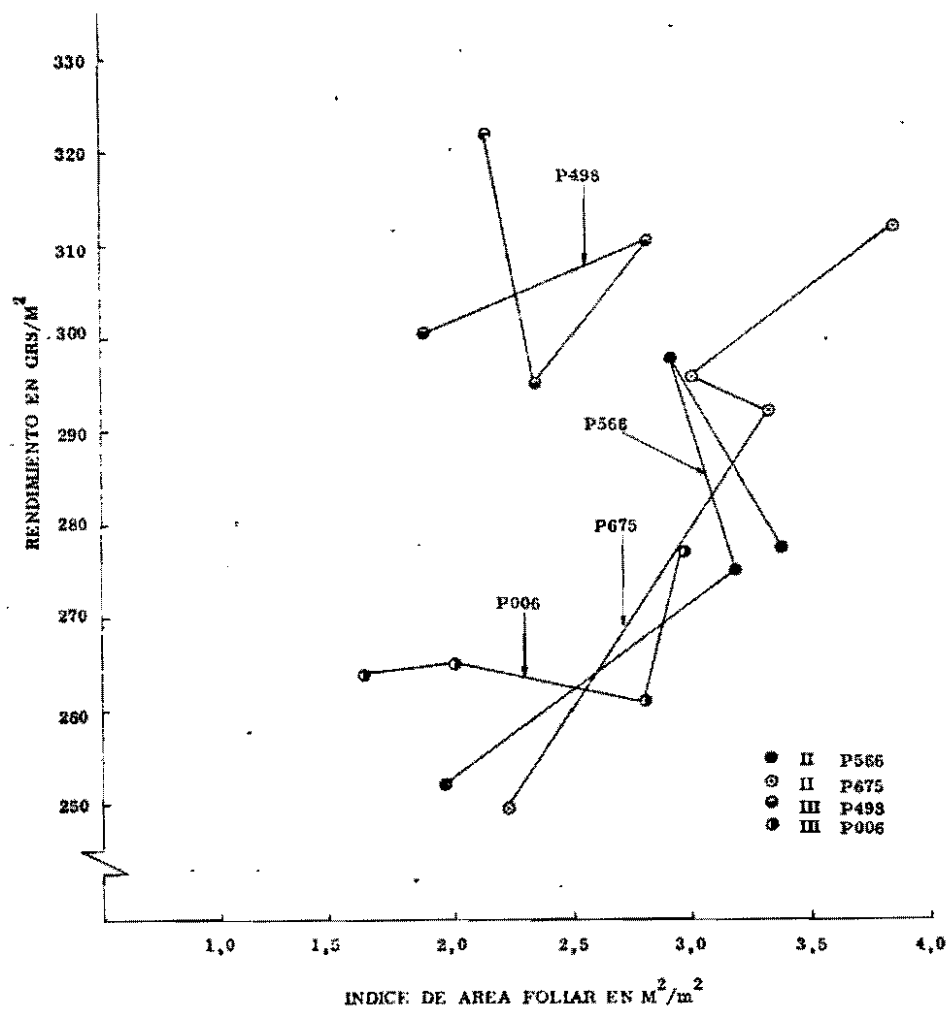


GRAFICO no. 9

RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO Y EL INDICE DE COSECHA
DE ACUERDO A LAS DENSIDADES DE SIEMBRA

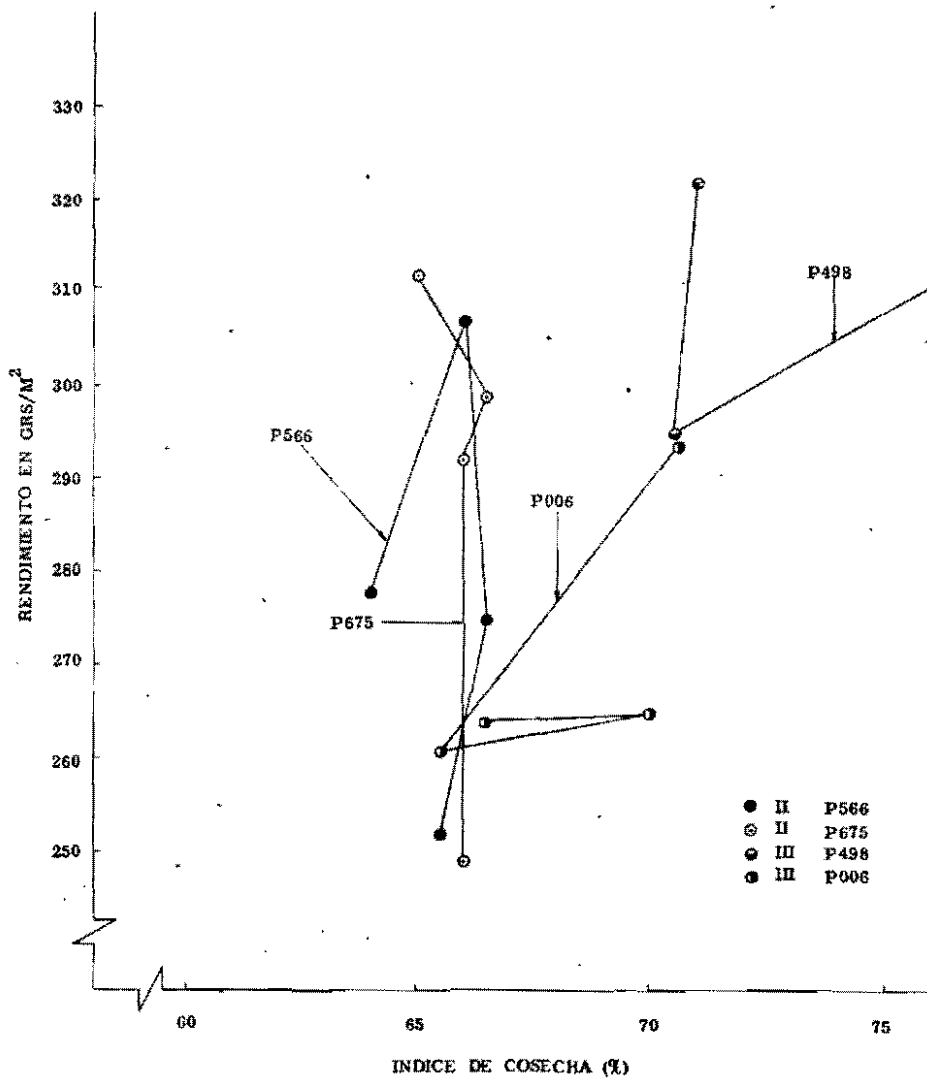
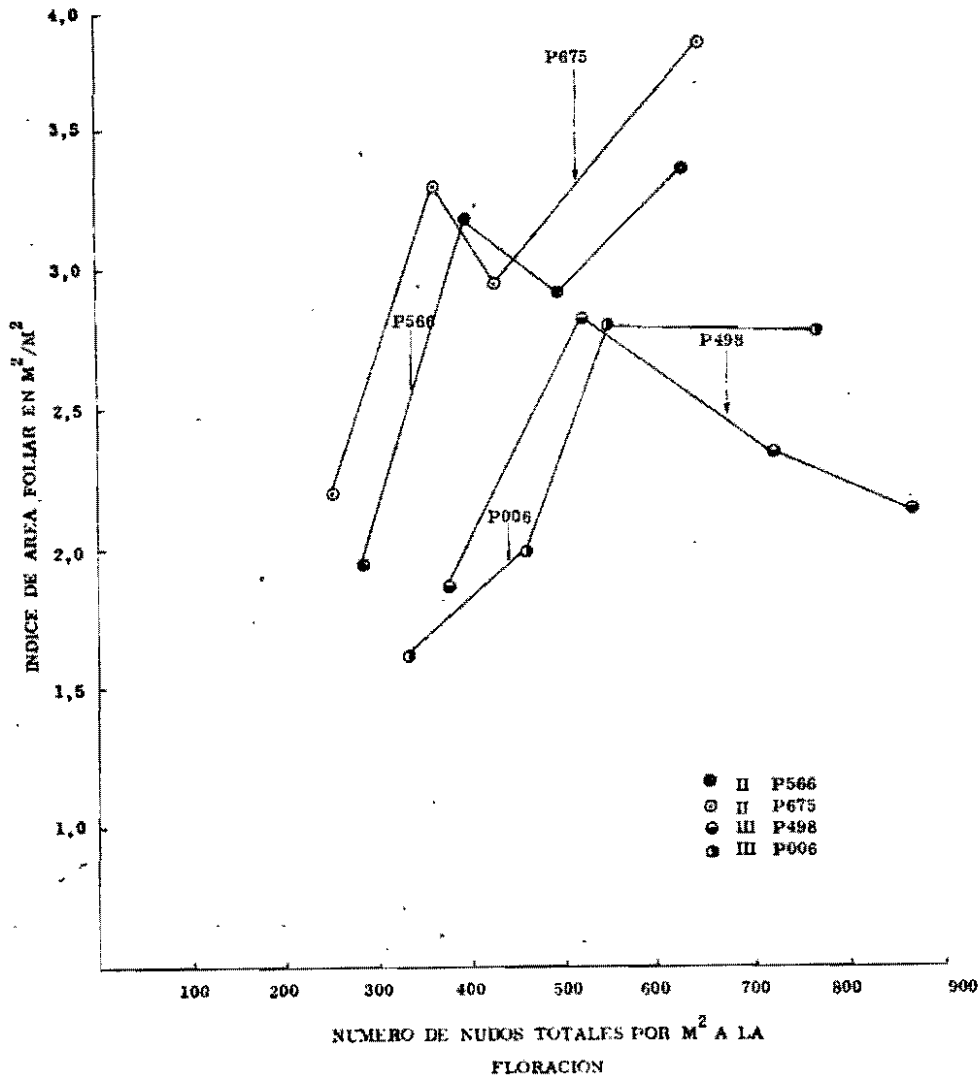


GRAFICO No. 10
RELACION ENTRE EL INDICE DE AREA FOLIAR Y EL NUMERO DE NUDOS
A LA FLORACION CON CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA



GRAFICA No. 11

RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO Y LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

PARA LA VARIEDAD ICA PLIAD

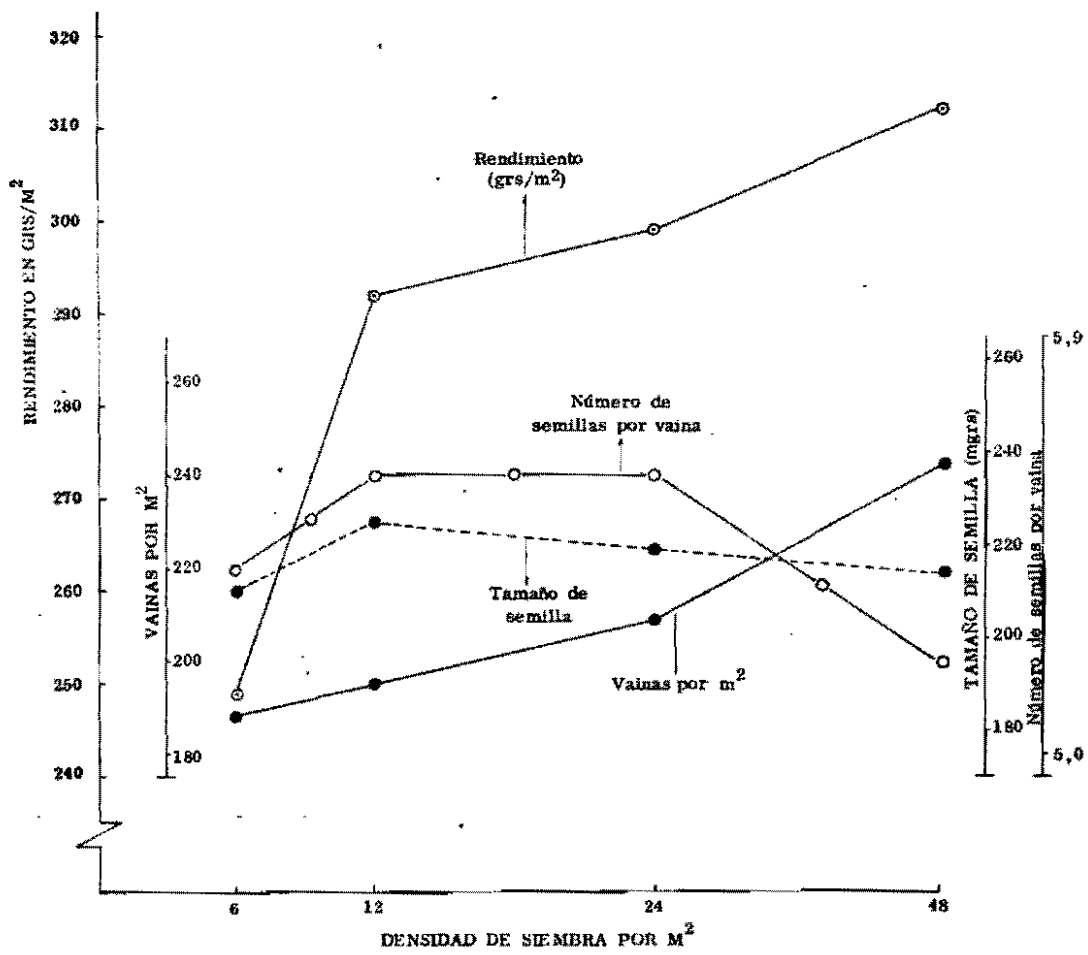


GRAFICO No. 12
RELACION ENTRE EL RENDIMIENTO Y LOS COMPONENTES
DEL RENDIMIENTO PARA LA VARIEDAD PUEBLA 152

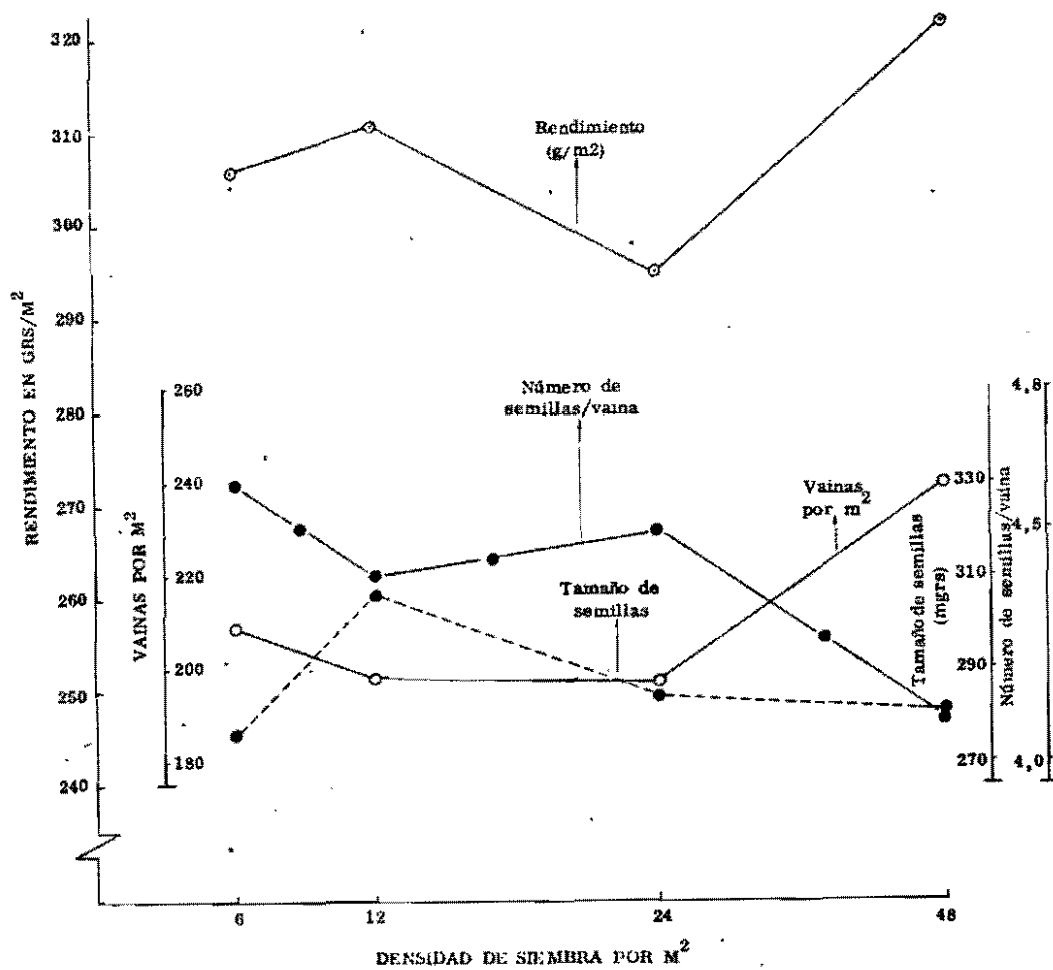
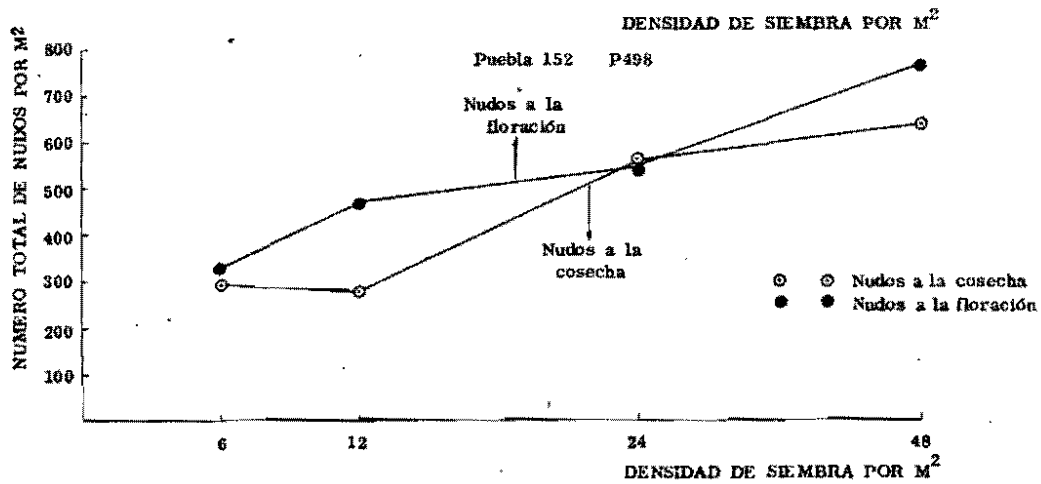
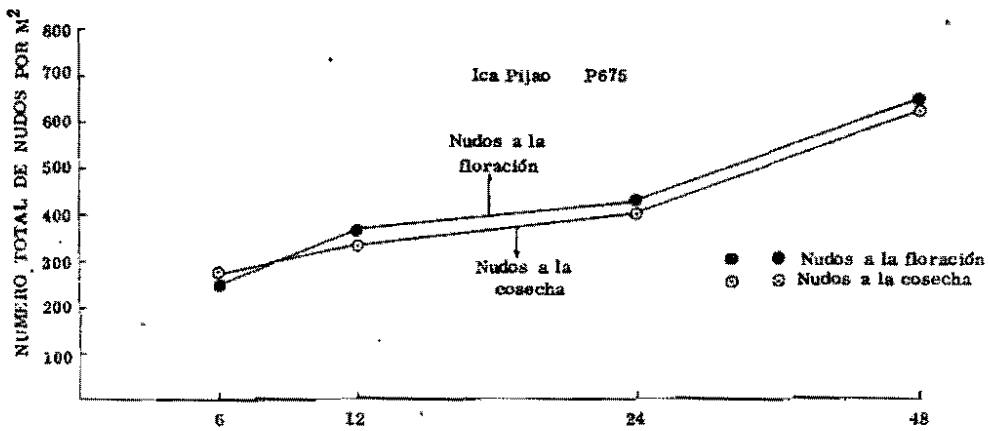


GRAFICO No. 13
RELACION ENTRE EL NUMERO DE NUDOS TANTO A LA FLORACION COMO A LA COSECHA
PARA LAS VARIEDADES ICA PIJAO Y PUEBLA 152



area foliar y el número de nudos totales a floración, se observa una relación casi directa para las variedades Ica Pijao (P675) y Porrillo Sintético (P566), mientras que para las variedades Puebla 152 (P498) y P006, la relación no es directa.

La gráfica 11 nos muestra para la variedad Ica Pijao (P675) la relación que hay entre el rendimiento y sus componentes y se observa que para esta variedad el tamaño de la semilla se puede considerar casi constante a través de las densidades. El número de semillas varía relativamente poco, mientras que el número de vainas aumenta al aumentar la densidad.

La gráfica 12 muestra la relación entre el rendimiento y sus componentes para la variedad Puebla 152 (P498) y se observa de que para esta variedad hay una caída del rendimiento entre 12 y 24 plantas por metro cuadrado, además hay una disminución leve del tamaño de semilla.

De 24 a 48 plantas por metro cuadrado hay un fuerte descenso del número de semillas por vaina y un aumento del número de vainas por metro cuadrado.

La gráfica 13 nos registra la relación entre el número de nudos tanto a floración como a cosecha, para las variedades Ica Pijao (P675) y Puebla 152 (P498) y se observa que como regla general hay mayor número de nudos a floración que a cosecha.

VI. DISCUSION

De acuerdo a los resultados anteriores, se puede decir que en cuanto a respuesta a densidad la mejor variedad que presenta probablemente mayor capacidad intrínseca de competencia fue la Ica Pijao (P675). El análisis de varianza para el rendimiento que es el que en suma determina cual responde mejor, mostró diferencia altamente significativa para densidades pero no para variedad ni para la interacción (tabla no. 1 del apéndice), lo que probablemente puede explicarse por el tipo de crecimiento de la planta

o sea, que se debe esperar que la interacción sea significativa. En nuestro caso no se logró porque el análisis fue conjunto sin tener en cuenta el tipo de crecimiento.

Por el análisis de correlaciones parciales para las cuatro variedades relacionadas con el rendimiento se observa que hay alta correlación con el peso seco total y el número de vainas por metro cuadrado para las variedades Ica Pijao y Porrillo Sintético. La correlación en cuanto al número de vainas con rendimiento para P006 y Puebla 152 fue positiva, pero no significativa, probablemente por un descenso del número de semillas por vainas. La variedad P006 tiene probablemente una mala distribución de fotosintatos pues posiblemente estos van más a la vaina que a la semilla (Cuadros 5, 6, 7, 8, apéndice). El mayor porcentaje de rendimiento en ramas a bajas densidades se debe probablemente a que a bajas densidades la planta desarrolla su máxima capacidad de producción.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para variedad y densidad, mientras que la interacción variedad x densidad es significativa esta diferencia puede deberse principalmente al hábito de crecimiento (Tabla 2 apéndice).

El coeficiente de correlación para las variedades Ica Pijao y Porrillo sintético y Puebla 152 (P498) es altamente significativo y negativo para nudos totales y rendimiento por planta (Cuadros no. 5, 6, 7, apéndice). Para las variedades P006 tiene correlación diferente (Cuadro 7 apéndice), probablemente debido a diferencias varietales.

El peso seco total está altamente correlacionado con el rendimiento, o sea que a mayor rendimiento mayor peso seco total. El análisis de varianza mostró diferencia altamente significativa para densidad y significativa para replicación (Tabla 10, apéndice), lo cual puede explicarse probablemente para replicación por efecto de suelo y para densidad por efecto de competencia.

El peso seco total presenta correlación positiva y altamente significativa para las variedades Ica Pijao (P675) y Porrillo Sintético (P566) y Puebla 152 (P498) con rendimiento, número de vainas

y número de nudos, mientras que para P006 la correlación no fue significativa entre peso seco total y rendimiento. Para los otros variables la correlación fue positiva y significativa. El área foliar es la fuente de fotosintatos. El análisis de varianza mostró deficiencias altamente significativas para variedad y densidad (Tabla 7, apéndice).

En cuanto a variedad hay diferencia probablemente debido a la manifestación del genotipo, mientras que por el lado de densidad la variación puede ser debida probablemente al efecto de capacidad de desarrollo de la planta.

Para muchas variedades el máximo área foliar se presenta generalmente ocho días despues de floracion y está relacionada con el número de nudos y es probablemente una medida del potencial de desarrollo de la planta.

La relación entre índice de cosecha y rendimiento no varió sensiblemente dentro de variedad.

A mayor número de nudos mayor área foliar y por supuesto mayor índice. Esta relación se cumple más o menos para tres variedades con excepción de Puebla 152 (P498) que se sale al final un poco.

En general lo que más influye en el rendimiento es indudablemente el número de vainas; al aumentar el número de vainas hay competencia entre las semillas disminuyendo el número de semillas por vaina.

A mayor densidad de siembra aumenta el número de nudos por metro cuadrado por aumentar el número de plantas por área. El número de nudos por planta permanece más o menos constante. Esto es común para todas las variedades examinadas.

VII. CONCLUSIONES

Del anterior ensayo se puede concluir en general

1. En cuanto al rendimiento, dependiendo de la variedad, este aumenta al aumentar la densidad, teniendo en cuenta que hay un óptimo a partir del cual no hay respuesta.

2. En cuanto al rendimiento por planta este es mayor a más bajas densidades y disminuye a medida que aumenta la densidad

3. El número de ramas aumenta a medida que disminuye la densidad. A bajas densidades el mayor porcentaje de rendimiento se concentra en las ramas.

4. El número de vainas por metro cuadrado presenta un menor número a bajas densidades, donde se encuentra mayor número de vainas por planta

5. En el peso seco por área se encontró que generalmente es mayor a mayor densidad. Está además correlacionado directamente con el rendimiento, o sea, a mayor rendimiento: mayor peso seco total. A bajas densidades se presenta mayor peso seco por planta.

6. Se observa que a bajas densidades la distancia entre nudos es menor.

7. En general se puede concluir que a bajas densidades se logra el potencial máximo que una planta es capaz de desarrollar, pero hay que buscar el punto óptimo al cual se logre un buen rendimiento sin que se afecte mucho este potencial.

VIII. RECOMENDACIONES

Considero que es de mucho interés hacer otros experimentos en los cuales se tenga en cuenta además la distancia entre surcos y posiblemente el tamaño de la cama y además el arreglo geométrico del cultivo, tratando de aprovechar al máximo un factor tal como luz, que en nuestro caso es el factor limitante.

Población probable para Ica Pijao	2×10^5 plantas/ha
Población probable para Porrillo Sintetico	2×10^5 plantas/ha
Población probable para Puebla 152	1×10^5 plantas/ha
Población probable para P006	1×10^5 plantas/ha

IX. BIBLIOGRAFIA

1. Alder, Ruessler. Introduction to probability and statistics Fifth Edition.
2. Appadurai, R.R., Rajakaruna S.E. and Gunasena H. Effect of spacing and leaf area on pod yield of Kidney bean (Phaseolus vulgaris L.). Indian Journal of Agricultural Science 37(1): 22-26, 1967.
3. Bastidas, R.G. y Camacho L.H. Competencia entre plantas y su efecto en el rendimiento y otras características del frijol "Caraota" (Phaseolus vulgaris L.). Tesis facultad de Agronomía. Palmira. Acta agronómica 19(2) 69-88. 19 Ref.
4. Cardenas, R.F. La densidad de siembra influye en el rendimiento del frijol. Agricultura Técnica en Mexico 12:6-8. 1962. S. pan, Sum Span. illus.
5. Camacho et al. Yield component vs. plant spacing in beans. Bean improvement cooperative Annual Report 11:15. 1968.
6. Campbell J.S. and Hodnett. G.E. Spacing experiments with dwarf beans (Phaseolus vulgaris L.) in Trinidad. Tropical Agriculture (Trinidad) 37(4) 265-270. 1960.

7. Chung, J.H. and Goulden, D.S. Yield components of haricot beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown at different plant densities. *Journal of Agricultural Research* 14: 227-234 13 Ref.
8. Edje, O.T., Ayonoadu, U.W. et al. Response of indeterminate beans to varying plant populations. *Turrialba* 24(1) 100-103 1974. 7 Ref.
9. Leakey, C.L.A. The effect of plant population and fertility level on yield and its components in two determinate cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. Savi. *J. Agric. Sci. Camb.* (1972). 79, 259-267.
10. Mack, H.J., Hatch, D.L. 1968. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 92; 418-25.
11. Nichols, M.A. Effect of sowing rate and fertilizer application on yield of dwarf beans. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 2: 155-158. 1974.
12. Ortega S.Y. y Barrios A.G. 1969. Sistema de siembra en hileras pares en caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomía Tropical* 18, 357-61.
13. Pinchinat, A.M. Rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) según la densidad y distribución espacial de siembra. *Turrialba* 21(2) 173-175, 1974.
14. Vieira, C. y Almeida L.A. De (1965). Experimento de espacamiento de semeadura do feijao (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Ceres* 12, 219-28.

X. AGRADECIMIENTOS

Agradezco la ayuda y colaboración prestada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical "CIAT" y el personal del Programa de Fisiología de Frijol del CIAT.

Cuadro no. 6. Coeficiente de correlación para algunas variables de la variedad Porrillo Sintetico (P566) a la época de cosecha

	Rendím. Rama (%)	No.vainas por m ²	No.sem. P/V	Tamaño Sem. (mgs)	Indice Cose. (%)	Alt.tallo principal (cms)	Nud.tot. por m ²	Peso seco total grs/m ²	Rend./ pl. (mgs)
Rendimiento	-0.43 0.09	0.81 0.0001	0.17 0.50	-0.52 0.03	-0.05 0.84	-0.04 0.87	0.54 0.02	0.90 0.0001	-0.55 0.02
Rendimiento rama (%)		-0.41 0.11	0.27 0.31	-0.26 0.32	0.26 0.32	0.49 0.05	-0.73 0.0012	-0.48 0.05	0.93 0.0001
No. vainas por m ²			-0.36 0.16	-0.41 0.11	-0.39 0.12	-0.27 0.30	0.74 0.0010	0.90 0.0001	-0.56 0.023
No. semillas P/V				-0.47 0.06	0.57 0.01	0.45 0.07	-0.47 0.06	-0.08 0.74	0.31 0.23
Tamaño semilla (mgs)					-0.09 0.72	-0.15 0.57	0.01 0.96	-0.43 0.09	-0.20 0.44
Indice cosecha (%)						0.51 0.04	-0.59 0.01	-0.46 0.06	0.22 0.39
Altura tallo princ.							-0.59 0.02	-0.25 0.33	0.39 0.13
Nudos totales por m ²								0.73 0.0011	-0.78 0.0003
Peso seco total									-0.57 0.018

Cuadro No. 5. Coeficiente de correlación para algunas variables de la variedad Ica Pijao (P675) - época de cosecha

	Rendim. Rama (%)	No.Vainas por m ²	No.Sem. P/V	Tamaño Semi. (mgs)	Indice Cose. (%)	Alt.tallo ppal (cms)	Nud.tot. por m ²	Peso seco total grs/m ²	Rend./ pl. (mgs)
Rendimiento gr/m ²	-0.44 0.0826	0.82 0.0001	0.18 0.49	0.17 0.51	-0.15 0.57	0.18 0.50	0.63 0.0087	0.95 0.0001	-0.16 0.53
Rendimiento rama (%)		-0.54 0.02	0.28 0.27	-0.04 0.874	0.09 0.72	-0.18 0.48	-0.79 0.0003	-0.44 0.08	0.77 0.0004
No. vainas m ²			-0.33 0.20	-0.29 0.25	-0.41 0.10	0.23 0.37	0.82 0.0001	0.88 0.0001	-0.24 0.36
No. semillas P/V				0.49 0.04	0.20 0.44	0.02 0.94	-0.30 0.25	0.10 0.69	0.18 0.48
Tamaño sem. (mgs)					0.69 0.0030	-0.09 0.71	-0.32 0.22	-0.04 0.86	-0.05 0.83
Indice cosecha (%)						-0.24 0.35	-0.57 0.02	-0.43 0.09	0.01 0.97
Altura tallo ppal (cm)							0.42 0.09	0.26 0.32	-0.30 0.24
Nudos totales m ²								0.75 0.0007	-0.53 0.03
Peso seco total gr/m									-0.17 0.52

Cuadro 7. Coeficiente de correlación para algunas variables de la variedad Puebla 152 (P498) a la época de cosecha

	Rendim. Rama (%)	No.vainas por m ²	No.sem. P/V	Tamaño Sem. (mgs)	Indice Cose. (%)	Alt.tallo principal (cms)	Nud.tot. por m ²	Peso seco total grs/m ²	Rend./ pl. (mgs)
Rendimiento gr/m ²	-0.06 0.80	0.45 0.07	0.08 0.76	0.05 0.83	0.20 0.44	-0.08 0.76	0.09 0.72	0.64 0.0069	-0.16 0.54
Rendimiento rama (%)		-0.12 0.64	0.31 0.23	-0.21 0.43	0.45 0.07	-0.47 0.06	-0.66 0.0049	-0.40 0.11	0.82 0.0001
No. vainas P/m ²			-0.56 0.02	-0.56 0.02	-0.36 0.1646	-0.15 0.55	0.52 0.03	0.65 0.0056	-0.36 0.16
No. semillas P/V				-0.09 0.73	0.22 -0.39	0.25 0.33	-0.30 0.24	-0.11 0.66	0.38 0.13
Tamaño semillas (mgs)					0.46 0.06	-0.03 0.88	-0.39 0.13	-0.32 0.22	0.009 0.97
Indice cosecha (%)						-0.41 0.10	-0.88 0.0001	-0.61 0.011	0.63 0.008
Altura tallo ppal.							0.46 0.06	0.25 0.33	0.45 0.08
Nudos totales/m ²								0.77 0.0005	-0.84 0.0001
Peso seco total grs/m ²									-0.61 0.011

Cuadro 8. Coeficiente de correlación para algunas variables de la variedad PI 310-780 (P006) a la época de cosecha

	Rendim. Rama (%)	No.vainas por m ²	No.sem. P/V	Tamaño sem. (mgs)	Indice cos. (%)	Alt.tallo principal (cms)	Nud.tot. por m ²	Peso seco total grs/m ²	Rend./ pl. (mgs)
Rendimiento gr/m ²	-0.36 0.16	-0.54 0.02	0.80 0.0002	0.62 0.009	0.73 0.0012	0.07 0.78	-0.15 0.57	0.21 0.43	-0.08 0.76
Rendimiento en rama (%)		0.16 0.54	-0.30 0.25	-0.08 0.75	-0.41 0.10	-0.65 0.0060	-0.35 0.18	0.14 0.60	0.77 0.0004
No. vainas/m ²			-0.86 0.0001	-0.87 0.0001	-0.89 0.0001	0.35 0.17	0.62 0.0095	0.60 0.013	-0.30 0.24
No. semillas P/V				0.72 0.0015	0.90 0.0001	-0.14 0.59	-0.48 0.05	-0.26 0.32	0.08 0.76
Tamaño semillas (mgs)					0.84 0.0001	-0.43 0.09	-0.48 0.05	-0.41 0.10	0.36 0.16
Indice cosecha (%)						-0.13 0.61	-0.49 0.04	-0.50 0.04	0.07 0.78
Altura tallo ppal (cms)							0.65 0.0057	0.28 0.28	-0.75 0.0007
Nudos totales por m ²								0.52 0.03*	-0.65 0.0054
Peso seco total (grs/m ²)									-0.23 0.38

A P E N D I C E

Tabla 10. Analisis de varianza para el peso seco total de las variedades Ica Pijao, P. Sintetico, Puebla 152 y P006 sembradas a 4 densidades de siembra

Fuente de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	21523.045	7114.3482	5.57 *
Variedad	3	9534.602	3178.2005	2.47
Error A	9	11579.930	1286.6589	
Densidad	3	34602.889	11534.2964	6.13 **
Var. x Dens.	9	11694.387	1299.3764	0.69
Error B	36	67737.506	1881.5979	
TOTAL	63	156672.358	2486.8628	
		Media = 414,18	CV = 1047%	

Tabla 11. Analisis de varianza para el número de ramas de las variedades Ica Pija, P. Sintetico, Puebla 152 y P006 sembradas a 4 densidades de siembra

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	222.1719	74.05729	0.5426
Variedad	3	6217.6719	2072.55729	15.186
Error A	9	1228.2656	136.47396	
Densidad	3	8815.7969	2938.59896	21.590
Var. x Dens.	9	9066.6406	1007.40451	7.40
Error B	36	4899.8125	136.10590	
TOTAL	63	30450.3594	483.33904	
		Media = 52.20	CV = 22.34%	

Tabla 12. Analisis de varianza para el rendimiento por planta de las variedades Ica Pijao, P. Sintetico, Puebla 152 y P006 sembradas a 4 densidades de siembra

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	41.3264	13.77546	0.25387
Variedad	3	449.5765	149.85884	2.76114
Error A	9	488.4676	54.27418	
Densidad	3	15613.8566	5204.61888	79.28077 **
Var. x Dens.	9	681.4567	75.71741	1.15339
Error B	36	2363.3257	65.64794	
TOTAL	63	19638.0095	311.71444	
		Media = 24.69	CV = 32.81%	

Tabla 4. Analisis de varianza para el número de semillas por vaina para las variedades Ica Pijao, P. Sintetico, Puebla 152 y P006 sembradas a 4 densidades de siembra

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	1.0182434	0.33941447	0.82873
Variedad	3	12.0736421	4.02454737	9.82656 **
Error A	9	3.6860247	0.40955830	
Densidad	3	0.7414734	0.24715779	1.15907
Var. x Dens.	9	1.5026707	0.16696341	0.78299
Error B	36	7.6765514	0.21323754	
TOTAL	63	26.6986057	0.42378739	
Media =	4.97	CV =	9.28%	

Tabla 5. Analisis de varianza para el tamaño de semillas para variedades Ica Pijao, P. Sintetico, Puebla 152 y P006 sembradas a 4 densidades de siembra

Fuente de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	5170.5873	1723.5291	1.95
Variedad	3	70343.4177	23447.8059	26.615
Error A	9	7928.9652	880.9961	
Densidad	3	1674.4606	558.1535	2.58
Var. x Dens.	9	2719.4940	302.1660	1.39
Error B	36	7771.1307	215.8647	
TOTAL	63	95608.0555	1517.5882	
Media =	230,39	CV =	6.37%	

Tabla 6. Analisis de varianza para el indice de cosecha para las variedades Ica Pijao, Porrillo Sintetico, Puebla 152 y P006 sembradas a 4 densidades de siembra

Fuente de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	0.043278693	0.0144262310	2.25
Variedad	3	0.064519903	0.0215066345	3.35
Error A	9	0.057628231	0.0064031368	
Densidad	3	0.008535590	0.0028451966	1.40
Var. x Dens.	9	0.018683042	0.0020758036	1.02
Error B	36	0.072892811	0.0020248003	
TOTAL	63	0.265538271	0.0042148932	
Media =	0.69	CV =	6,47%	

Tabla 7. Analisis de varianza para el indice de area foliar para las variedades Ica Pijao, P. Sintetico, Puebla 152 y P006 sembradas a 4 densidades de siembra

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	1 3595482	0.45318274	2.48
Variedad	3	7.6219618	2.54065395	13.93 **
Error A	9	1.6408057	0.18231174	
Densidad	3	11.7217032	3.90723441	15.68 **
Var. x Dens.	9	4.4550352	0.49500391	1,98
Error B	36	8.9698499	0.24916250	
TOTAL	63	35.7689041	0.56776038	
		Media = 2.63	CV = 18.90%	

Tabla 8. Analisis de varianza para altura de tallo principal para las variedades Ica Pijao, P. Sintetico, Puebla 152 y P006 sembradas a 4 densidades de siembra

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	663.3125	221.10417	0.37
Variedad	3	1590.6875	530.22917	0.90
Error A	9	5259.9375	584.43750	
Densidad	3	4171.3125	1390.43750	8.770 **
Var. x Dens.	9	11022.4375	1224.71528	7.72 **
Error B	36	5707.2500	158.53472	
TOTAL	63	28414.9375	451.03075	
		Media = 86.21	CV = 14,60	

Tabla 9. Analisis de varianza para número de nudos/m² para las variedades Ica Pijao, P. Sintetico, Puebla 152 y P006 sembradas a 4 densidades de siembra

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	112379.72	37459.908	4.75 **
Variedad	3	135751.91	45250.637	5.74 **
Error A	9	70935.27	7881.697	
Densidad	3	1323964.55	441321.517	38.09 **
Var. x Dens.	9	75394.83	8377.203	0.72
Error B	36	417061.09	11585.030	
TOTAL	63	2135487.38	33896.625	
		Media - 457.09	CV = 23.54	

Tabla 1. Analisis de varianza por el rendimiento al 14% de H para las variedades Ica Pijao, Porrillo Sintetico, Puebla 152 y P006, sembradas a 4 densidades de siembra

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	3110.4042	1036.80141	0.51563
Variedad	3	12613.6205	4204.54016	2.09103
Error A	9	18096.7552	2010.75057	
Densidad	3	9703.2842	3234.42807	4.74038 **
Variedad x Densidad	9	9846.5802	1094.06446	1.60346
Error B	36	24563.2981	682.31384	
TOTAL	63	77933.9423	1237.04670	
Media	286.78		CV = 9,1081%	

Tabla 2. Analisis de varianza para el porcentaje de rendimiento en ramas, para las variedades Ica Pijao, Porrillo Sintetico, Puebla 152 y P006 sembradas a 4 densidades de siembra

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	472.8502	157.61671	1.21564
Variedad	3	10852.2141	3617.40471	27.89971 **
Error A	9	1166.9167	129.65741	
Densidad	3	27117.1656	9039.05520	183.49068 **
Var. x Dens.	9	1053.3326	117.03696	2.37582 *
Error B	36	1173.4197	49.26166	
TOTAL	63	42435.8990	673.58570	
Media =	52.50		CV = 13,36%	

Tabla 3. Analisis de varianza para el no. de vainas/m² para las variedades Ica Pijao, P. Sintetico, Puebla 152 y P006 sembradas a 4 densidades de siembra

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Valor de F
Replicación	3	17670.731	5890.24367	2.159
Variedad	3	25747.737	8582.57884	3.146
Error A	9	24547.891	2727.54346	
Densidad	3	14831.203	4943.73427	4.710 **
Var. x Dens.	9	10623.012	1180.33468	1.124
Error B	36	37783.040	1049.52888	
TOTAL	63	131203.613	2082.59703	
Media =	272.79		CV = 14,54%	

TABLA DE CONTENIDO

- I. RESUMEN
- II. INTRODUCCION
- III. REVISION DE LITERATURA
- IV. MATERIALES Y METODOS
- V. RESULTADOS
- VI. DISCUSION
- VII. CONCLUSIONES
- VIII. RECOMENDACIONES
- IX. BIBLIOGRAFIA CITADA
- X. AGRADECIMIENTO
- XI. APENDICE