

**DISTRIBUCIÓN DEL RENDIMIENTO Y DE ALGUNOS
DE SUS COMPONENTES EN CADA UNO DE LOS
NUDOS DE LA PLANTA DE FRIJOL
(*Phaseolus vulgaris* L.)**

*Fabriciano Díaz M.
Departamento de Biología
Universidad del Valle*

Resumen

En el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Palmira Colombia, se sembraron plantas de frijol de la variedad Porrillo sintético a una densidad de 25 plantas por metro cuadrado. La siembra se hizo con cuatro repeticiones y cada una de las repeticiones se sembró en una área de 98 metros cuadrados.

Para analizar los distintos parámetros se hizo un muestreo semanal, el primero 7 días antes de inicio de floración (23 días después de emergencia) y el último a la madurez fisiológica de las vainas, 79 días después de emergencia. En cada uno de los muestreos se realizaron dos submuestras la primera se hizo tomando 4 plantas por repetición, eligiendo ejemplares que tuvieran su estructura completa, sobre esta muestra se registró en cada uno de los nudos de la planta, el rendimiento (peso de semillas) y los componentes de este rendimiento a saber, número de semillas, de vainas y área foliar.

La submuestra dos se hizo sobre metro cuadrado por repetición y en ella se analizó área foliar, número de órganos reproductivos (flores, vainas pequeñas y desarrolladas), número de vainas maduras, peso y número de semillas.

Los resultados muestran que el nudo que produce mayor área foliar, mayor número de vainas y de semillas lo mismo que mayor peso de las semillas es el nudo 7, este alto valor de semillas y vainas estuvo relacionado con la fecha de apertura de las flores pues es en este nudo donde se abren las primeras flores; cuando se analiza el rendimiento y sus componentes (número de vainas y de semillas) en los diferentes los diferentes estratos del dosel, se haya que el estrato bajo (nudo 2 al 6) produce a la época de cosecha el 32.5% de esas variables, el estrato medio (nudo 7 al 11) aporta el 63.7% del rendimiento y de sus componentes, mientras que el estrato superior (nudos 12 al 17) aporta únicamente el 3.8%.

La distribución del rendimiento en la planta, muestra que el tallo principal es la parte que hace mayor aporte con un 68%, mientras que en las ramas se produce un 32%.

Con respecto al número de semillas por planta, se obtuvo un 68.4% en el tallo principal y 31.6% en las ramas; así mismo el tallo principal aportó a la época de cosecha el 66.4% del total de vainas y las ramas el 33.6%.

Abstract

At the Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) in Palmira, Colombia, bean plants (variety Porrillo sintético) were sown at a density of $25m^2$, with four replications ($98m^2$ each).

Samples were taken weekly from seven days before flowering (23 days after emergence) to 79 days after emergence (when pods were physiologically mature).

Two subsamples were taken at each sampling. The first included four structurally complete plants per replication. At each node, yield (seed weight at 14% moisture content) and components of yield (seed number, pod number, and leaf area) were measured. The second subsample included $1m^2$ per repetition; leaf area per plant, number of reproductive organs (flowers, small pods, and developed pods), number of mature pods, seed weight, and seed number were measured.

The seventh node produces greatest leaf area, number of pods and seeds, and seed weight, because flowering begins at the seventh sixth, and eighth nodes.

Analysis of yield and its components at different vertical levels showed that the lowest level (nodes 2-6) produces an average of 32.5% of yield and its components, the middle level (nodes 7-11) produces 63.7%, and the upper level (nodes 12-17) produces 3.8%.

The main stems make the greatest contribution to yield 68%; branches contribute 32%. Main stems produced 68.4% of seeds and 66.4% of harvested pods; branches produced 31.6% and 33.6%.

Introducción

Los componentes del rendimiento se pueden definir, como los factores morfológicos y fisiológicos que directa o indirectamente intervienen en el rendimiento.

Se señalan como componentes del rendimiento en frijol : número de vainas por planta, promedio de semillas por vaina, tamaño de las semillas y área foliar total; el área foliar a su vez depende del número y tamaño de las hojas.

Posiblemente el significado y valor de estos componentes del rendimiento en las plantas de frijol varíe de acuerdo al hábito de crecimiento, pues en las variedades de crecimiento determinado (Tipo I), en contraste con las de crecimiento indeterminado (Tipos II, III y IV), el crecimiento se ve limitado por la aparición de las flores.

Wallace *et al* (1966), citan el término componentes fisiológicos del rendimiento y para ello se refieren a : área foliar por unidad de peso, intercambio

neto de CO_2 y eficiencia en la translocación. Duarte y Adams (1972), a su vez, citan como componentes del área foliar al número y tamaño de las hojas por planta.

El patrón de producción de flores y vainas en los sucesivos nudos de una planta de frijol determina la producción total; se ha reportado que entre el 45-80% de las flores en frijol se caen normalmente, pero la planta puede tratar de compensar incrementando la producción de flores y el peso de las semillas, (Binnie y Clifford, 1981; Tayo, 1986).

La cuantificación del rendimiento dentro de la planta y la relación en la distribución de las semillas pueden ayudar para estudiar los factores que incluyen en el rendimiento y la predicción de ese rendimiento.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el rendimiento y algunos de sus componentes en los diferentes sucesivos nudos de plantas de frijol de crecimiento indeterminado o Tipo II.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en la granja experimental del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Municipio de Palmira, Colombia.

Se utilizaron plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) la variedad Porri-illo sintético, de crecimiento indeterminado y de guía corta (Tipo II).

Antes de la siembra el suelo se fertilizó con triple 15, 200 k/ha; Rayplex (9.6% hierro) 5 kg/ha; Borax (10% de boro) 5 kg/ha y sulfato de zinc 25 kg/ha. También se aplicó brassicol (pentacloronitrobenceno) 9 kg/ha.

Durante el período de crecimiento y desarrollo del cultivo se hizo control fitosanitario para prevenir ataque de plagas y enfermedades. La densidad de siembra utilizada fue de 25 plantas por metro cuadrado, esta densidad se obtuvo por raleo el cual se hizo 10 días después de la brotación o emergencia de las plántulas.

El ensayo se sembró con cuatro replicaciones y cada una de las replicaciones se sembró en un área de 98 metros cuadrados. Utilizando un diseño completamente al azar y con los datos del último muestreo se hizo un análisis de varianza y la prueba de Duncan a fin de establecer diferencias entre los sucesivos nudos de la planta de frijol.

Para analizar el rendimiento (peso al 14% de humedad de las semillas) por planta y por área y los diferentes parámetros asociados con el rendimiento, se hizo un muestreo semanal, el primero se realizó 7 días antes

de floración (23 días después de brotación) y el último durante la madurez fisiológica de las vainas (79 días después de brotación).

En cada uno de los muestreos se hicieron dos submuestras, la primera se hizo tomando 4 plantas por repetición, eligiendo ejemplares que tuviesen intacto el ápice del tallo principal o sea plantas intactas; sobre esta submuestra se analizó por nudo: área foliar, número de órganos reproductivos (flores y vainas) en el tallo principal y en las ramas, número y peso de las semillas lo mismo que número y peso de las vainas producidas.

La segunda submuestra se hizo tomando un metro cuadrado por fecha y por repetición y en esta submuestra se calculó área foliar, número y peso de las vainas y número y peso de las semillas, esta submuestra se hizo alternando o entresacando las plantas con el objeto de mantener constante la población (25 plantas por metro cuadrado) en los siguientes muestreos. A la época de cosecha la submuestra se hizo sobre dos metros cuadrados por repetición.

Resultados y discusión

El desarrollo del cultivo se llevó a cabo en forma normal, el período de lluvias se comportó en forma regular, sólo hubo necesidad de aplicar un riego en día 56 después de la brotación.

Para el análisis de los diferentes parámetros en cada uno de los nudos, el nudo de las hojas cotiledonales se determinó como el nudo 1 y así sucesivamente, el nudo 2 correspondió al nudo donde nacen el par de hojas simples. El promedio de nudos por planta fue de 17.87 para la submuestra de las plantas intactas, la submuestra por metro cuadrado tuvo un promedio de 17 nudos.

En la Figura 1 se muestra el comportamiento del área foliar por nudo y a través de diferentes fechas: el máximo total por planta se obtuvo el día 37 después de la brotación de las plántulas, o sea, 7 días después del inicio de la floración, para esta fecha el mayor aporte de área foliar lo hacen los nudos 5, 6 y 7 con 12.6, 15, 7 y 16% respectivamente, o sea los tres nudos en conjunto para esta fecha aportan el 44.4% del total: los nudos superiores e inferiores aportan muy pocas hojas.

A medida que pasa el tiempo el área foliar disminuye en todos los nudos, siendo mínima para la época de cosecha (79 días después de brotación). Los nudos en general aportan diferentes cantidades de hojas en cada una de las fechas, pero es muy sobresaliente el aporte al área foliar que hace el nudo 3 a

los 58 días llegando a ser un 18.5%, Figueroa (1975), al respecto trabajando con la misma variedad (Porrillo sintético) informa que del total de hojas aparecidas en la planta la mayoría son producto del tallo principal y muy pocas en las ramas y que el máximo de área foliar se logra unos pocos días después de la floración, seguido de un descenso hasta llegar al mínimo en la época de madurez fisiológica.

El mismo autor informa que en el momento de la floración el tallo principal aporta el 70% del área foliar; en el actual trabajo en el momento de inicio de floración (30 días después de brotación) el tallo principal produjo el 71.9% del total del área y las ramas el 28.1%; estos valores al momento de máxima área foliar por planta (37 días) siguen siendo similares. A la época de madurez fisiológica el tallo aporta el 55.5% del área foliar y las ramas el 44.5%.

En la Figura 2 se señalan el número de órganos reproductivos (vainas y flores) por nudo y en toda la planta y en 6 fechas diferentes (44-79 días después de brotación); el máximo de órganos reproductivos se obtuvo en el día 51 después de la brotación, a partir de esta fecha el número descendió hasta los 79 días, fecha en la cual básicamente se contabilizaron vainas desarrolladas.

Tabla 1. Número máximo total de órganos reproductivos (flores, vainas pequeñas y desarrolladas) contabilizados y total de vainas maduras recolectadas en época de cosecha en cada una de las plantas de frijol. Datos dados por nudo y por planta tomado del promedio de 16 plantas.

Nudo	No. Organos Rep./Planta	%	No. Vainas Maduras/Planta	%
1*				
2	2.50	7.61	0.25	1.67
3	3.25	9.90	0.25	1.67
4	4.25	12.94	0.50	3.23
5	1.10	3.35	1.0	6.65
6	3.06	9.32	1.50	9.97
7	4.13	12.60	3.50	23.28
8	3.75	11.42	2.50	12.62
9	2.93	8.92	1.87	12.43
10	2.37	7.22	2.00	13.30
11	1.75	5.33	0.62	4.12
12	1.56	4.75	0.30	2.00
13	0.93	2.83	0.26	1.73
14	0.62	1.89	0.37	2.44
15	0.37	1.12	0.12	0.80
16	0.25	0.60	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	32.82	100.00	15.04	100.00

1* El nudo 1 corresponde al nudo de los cotiledones

Cuando se divide el dosel de la planta en tres sectores verticales (Tabla 1) se hallan diferentes situaciones; de un total de órganos reproductivos por planta de 32.80 se cosecharon al final 15.04 vainas o sea, de un máximo logrado de 100% se cosecha sólo el 45.8%, en el estrato bajo (nudo 2 al 6) se produjeron el 41.7% de los órganos reproductivos y en ese mismo estrato se recogió el 23% de las vainas totales; el estrato medio (nudo 7 al 11) produjo el 46.2% del total de órganos reproductivos y el 69.75% del total de vainas; el estrato superior (nudo 12 al 17) produjo el 11.9% órganos reproductivos y el 6.98% del total de vainas; el problema no es aparentemente en el número de órganos producidos sino en el total retenido por la planta y que llega a la madurez.

En cuanto a la producción vertical de órganos reproductivos y vainas se llega a la siguiente conclusión: el nudo que más órganos reproductivos aportó fue el número 7 con 12.6% de total, le siguió el nudo 8 con 11.4%. A la vez los nudos que más vainas desarrolladas aportaron a la cosecha fueron el 7 y 8 con un 23.3% y 16% del total producido por planta respectivamente, a la época de cosecha los nudos 16 y 17 no produjeron vainas, sin embargo el nudo 16 en promedio produjo 0.25 órganos reproductivos.

El mayor número de órganos reproductivos los obtuvo el nudo 7 el día 44 después de la emergencia, mientras que el nudo 8 llegó a su máxima producción el día 51 después de la emergencia, en esta línea de trabajos Fanjul (1978) trabajando con frijol de crecimiento indeterminado, señala que los seis primeros nudos de las ramas primarias y del tallo principal formaron el 85% del total de flores de la planta, Kohashi *et al* (1980) informan que en frijol de crecimiento indeterminado el 50% de las vainas a la época de cosecha se localizan en las ramas primarias y el 35% en las ramas secundarias de los 6 primeros nudos del tallo principal. También en soya de hábito indeterminado Carlson y colaboradores (1982) informan que el mayor número de vainas y el mayor peso de las vainas se da en los estratos inferiores de la planta.

En la época de cosecha (79 días después de brotación) entre los nudos 7 y 8 aportan el 40% del total de las vainas producidas por planta; al observar el alto número de vainas en estos nudos se nota que ellos fueron los primeros en producir flores, lo cual posibilitó el mayor desarrollo de vainas pues la competencia con otras vainas fue menor; al respecto Ojehomon y Morgan (1969) y Tayo (1985), señalan que la forma como se desarrolla la inflorescencia depende de la variedad, sin embargo en las variedades de crecimiento indeterminado las flores que primero se diferencian son las de los nudos 6 y 7 y que posteriormente se abren las flores de los nudos superiores, los

mismos autores afirman que más del 90% de las vainas retenidas provenían de las flores que abrieron los primeros 4 días después de la antesis y que del total de flores contabilizadas sólo llegaron a vainas maduras el 30% de ellas.

En el estudio actual del total de órganos reproductivos contabilizados llegaron a vainas maduras el 45.8%, mostrando una gran pérdida de flores y vainas pequeñas o no desarrolladas.

Figuroa (1975) trabajando con la misma variedad de este experimento halló que las flores que abren en los primeros cuatro días después de la antesis, todas llegan a vainas maduras (100%); las que abren entre el quinto y noveno día después de la antesis sólo llegan a vainas maduras el 16% y las que abren después del día 10 ninguna llega a vaina madura, Smith y Pryor (1962), Binnie y Clifford (1981), señalan que las primeras flores formadas producen más vainas maduras que las formadas más tarde y que cerca del 80% de las vainas maduras producidas provienen de flores que abrieron en los 10 primeros días después de la antesis.

La caída de estructuras reproductivas es un factor determinante en la producción ya que la cosecha/nudo/planta depende del número de flores producidas y del aborto de esas flores y de las vainas no desarrolladas; en el caso actual el nudo 7 produce muchos órganos reproductivos y lo más importante, al final pierde muy poco de éstos, ésta es una condición deseada; el nudo 10 produce pocos órganos reproductivos pero la mayoría llega a vainas maduras.

En las Figuras 3 y 4, se muestra la evolución de las semillas por nudo y por planta; en la Figura 3 se señala el desenvolvimiento que muestra la producción de semillas secas (14% de humedad) en varias fechas diferentes (44-79 días), las primeras semillas detectadas, por peso, aparecen a los 44 días (14 días después de inicio de floración) y se identifican en los nudos 6, 7, 8 y 9; a los 65 días todos los nudos, incluyendo los superiores tienen semillas presentes; a esta fecha es sobresaliente la gran cantidad de semillas que produce el nudo 3; sin embargo ese nudo a la época de cosecha produce muy pocas semillas.

Separando por estratos verticales en tres segmentos hallamos que el primer estrato (nudo 2 al 6) o estrato bajo produce el 30.5% de las semillas, el estrato medio (nudo 7 al 11) aporta el 66.9% y el estrato superior (nudo 12 al 17) aporta el 2.5% de las semillas.

En la Figura 4 se muestran los parámetros más asociados con el rendimiento o sea, número de semillas, número de vainas y peso seco de las semi-

llas; estos valores se dan para época de cosecha. Como se puede ver a medida que se asciende en los nudos de la planta los valores de los parámetros son mayores, llegando al máximo en el nudo 7; de aquí en adelante los valores disminuyen, muy levemente en el nudo 8 y 9, a partir del 9 la disminución es drástica llegando a ser casi cero en el nudo 17.

La sección inferior (nudo 3 al 8) producen la mayor parte del rendimiento. Kohashi y colaboradores (1980) para frijol señalan que en frijol el 50% de la producción de vainas y semillas se da en los primeros 6 nudos, Stang (1976) en frijol informa que el rendimiento de vainas residió en el desarrollo y crecimiento temprano de los órganos reproductivos, en soya Hansen y Shibles (1978) indican que en variedades indeterminadas la mayor producción de semillas está localizada en la mitad del dosel, sin embargo Carlson y otros (1982) señalan que la producción de semillas es mayor en las capas bajas de la planta para variedades precoces mientras que para variedades tardías la mayor producción se da en los niveles superiores de la planta.

En la Figura 5, se muestran los valores relativos (porcentaje) del rendimiento y de sus componentes en cada uno de los nudos, es muy sobresaliente el aporte que hace el nudo 7, seguido muy de cerca por el nudo 8; estos dos nudos producen el 42% de las vainas, el 46% de las semillas (número) y el 42.2% del peso de las semillas por planta; al respecto de la formación de vainas, Figueroa (1975) explica la situación de la siguiente manera: las flores que aparecen entre los 5 y los 10 días después de iniciada la floración abortan debido a la competencia que ejercen sobre ellas el crecimiento vegetativo y las primeras vainas ya formadas, las que aparecen después del día 11 abortan debido a la competencia que ejercen sobre ellas únicamente las vainas en crecimiento.

Stang (1976), en frijol informa que las plantas que presentaron mayor área foliar durante el período reproductivo tuvieron los más bajos rendimientos, Tayo (1986) señala que las plantas de frijol compensan la pérdida de vainas por un incremento en el peso individual de las semillas, Binnie y Clifford (1981) reportan que la abscisión de flores y vainas varía entre un 45 a 80% dependiendo de las variedades, y señalan que la planta de frijol compensa la remoción de flores con retención de flores que abren más tarde.

En soya Weibold y otros (1981) indican que cuando el hábito es determinado y se divide verticalmente la planta, el tercio inferior produce el 14% de flores y 7% de las vainas, el tercio medio el 48% de las flores y el 40% de las vainas, y en el tercio superior 38% de flores y 53% de las vainas y

que cerca del 50% de las vainas se produjeron en los primeros 14 días.

Yunyi Gai y colaboradores (1984) muestran que en soya la mayor abscisión de flores y vainas está entre el 1-7 días después de la máxima floración y que tanto en hábito determinado como indeterminado el porcentaje de vainas retenidas tiende a decrecer desde los nudos bajos a los nudos superiores.

En la Tabla 2 se muestran algunos valores del rendimiento por nudo y algunos componentes de dicho rendimiento. El número de semillas por vaina/nudo mostró diferencias altamente significativas (0.1%), la prueba de Duncan agrupó esta variable en tres grupos, el primero formado por los nudos 12, 8 y 7, el segundo formado por el nudo 2 y el tercer grupo el formado por el resto de nudos.

Tabla 2. Rendimiento (peso seco de las semillas) y algunas variables asociadas con el rendimiento, producidos en cada uno de los sucesivos nudos de la planta de frijol. Muestra tomada en la madurez fisiológica de las vainas y sobre un área de 8 m².

Nudo ¹	S/V ²	T.S. ³	No. Vainas m ²	No. Semillas m ²	Peso Semillas m ²
1*					
2	2.50 a	18.67 a	0.37 a	1.75 a	0.08 a
3	5.62 bc	19.27 ab	23.62 bc	132.25 c	25.67 c
4	4.66 b	18.92 ab	16.75 bc	82.87 bc	16.04 bc
5	5.21 bc	18.60 a	18.56 bc	99.50 bc	18.78 bc
6	5.40 bc	20.58 ab	27.12 c	147.62 d	30.55 c
7	6.03 cd	18.98 ab	64.25 e	387.13 e	73.49 e
8	6.37 cd	19.12 ab	46.87 d	297.00 e	56.70 d
9	5.58 bc	19.62 ab	25.87 c	144.13 cd	28.30 c
10	5.06 b	20.38 ab	15.62 b	79.25 b	16.25 bc
11	4.68 b	20.96 ab	5.50 a	22.25 a	8.52 ab
12	5.92 cd	21.91 bc	2.37 a	13.88 a	2.99 ab
13	5.70 bc	19.75 ab	1.75 a	9.75 a	1.32 a
14	5.03 b	20.61 ab	1.87 a	8.88 a	1.81 a
15	5.79 bc	17.96 a	1.62 a	8.75 a	1.61 a
16	5.67 bc	18.91 ab	1.62 a	8.88 a	1.66 a
17	5.27 bc	17.60 a	1.00 a	5.12 a	0.80 a

1* Nudo cotilenodar

2 S/V = Promedio de semillas por vaina

3 T.S = Tamaño de semillas o peso seco de 100 semillas

Medias seguidas de una letra común no son significativamente diferentes al nivel del 5% de acuerdo a la prueba de Duncan.

El mayor promedio de semillas por vaina lo obtuvieron los nudos 7 y 8 seguido por el del nudo 12; indudablemente esta variable está muy ligada con el rendimiento por nudo y por planta.

El tamaño de las semillas no mostró diferencias significativas entre los nudos; sin embargo, la prueba de Duncan separa dos tamaños, el primero está formado por el de las semillas del nudo 12 y el segundo formado por las semillas de los nudos restantes.

El número de vainas por nudo y por metro cuadrado mostró diferencias altamente significativas ($P = 0.01$), la prueba de Duncan separa cuatro diferentes grupos de nudos que producen diferente cantidad de vainas, el primer grupo está formado por las vainas producidas en el nudo 7, el segundo formado por las vainas producidas en el nudo 8, el tercer grupo los formaron los nudos 3, 4, 5, 6, 9 y 10 y el cuarto grupo el formado por las vainas de los restantes nudos. El nudo que mayor número de vainas aporta es el nudo 7 con 64.25 (25.2%), le sigue el nudo 8 con 46.87 vainas (18.8%), o sea que entre dos nudos se produce cerca de la mitad de las vainas.

El número de semillas por nudo y por metro mostró diferencias altamente significativas, la prueba de Duncan separó las semillas por nudo en cuatro grupos, el primero estuvo formado por los nudos 7 y 8, el segundo formado por los nudos 6 y 9, el tercero formado por los nudos 3, 4, 5, 9 y 10 y el último grupo formado por los restantes nudos. El nudo 7 produjo la mayor cantidad de semillas.

El peso seco de las semillas producidas por nudo y por metro cuadrado corresponde al rendimiento por nudo y por metro cuadrado, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los diferentes nudos, la prueba de Duncan separó los rendimientos en cuatro grupos, el primer grupo lo formó las semillas del nudo 7, un segundo grupo estuvo representado por el peso de las semillas producidas en el nudo 8, el tercer grupo estuvo conformado por el peso de semillas producidas en los nudos 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11 y 12, el último o cuarto grupo lo conformaron los restantes nudos. Al estudiar el balance de lo producido en cada nudo, es el nudo 7 el que mayor peso de semillas produjo con 73.49 gramos o sea un 26.1% del total, le sigue en orden decreciente el nudo 8 con 56.70 gramos o sea el 20.15%.

Es notable que los nudos que mayor aporte hacen son los nudos 6, 7, 8 y 9; estos cuatro nudos aportan del total de vainas el 64.4% del total de semillas aportan el 67% del número y 67% del peso.

Del máximo número de órganos reproductivos $619.1/m^2$ logrados en el

día 51 después de floración, a la época de madurez fisiológica se recolectaron 256.6 vainas/ m^2 ; o sea, del día 41 al 79 se perdieron 362.5 órganos reproductivos (58.6%); de ese total perdido el 75% lo perdió el tallo principal y el 25% se perdieron de las ramas. Figueroa (1975) al respecto informa que en la variedad Porrillo sintético de 39 flores por planta que se producen sólo se cosechan 14 vainas (35.9%), Fanjul y otros (1982) señalan que en frijol la caída de vainas jóvenes y el aborto de semillas fueron los principales factores que redujeron el rendimiento.

En la Figura 6, se muestra la dinámica de las estructuras reproductivas (flores, vainas jóvenes y desarrolladas) a través del tiempo, lo mismo que la dinámica de las semillas (peso seco al 14% de humedad). El número de órganos reproductivos totales en el tallo principal y ramas muestran una tendencia muy similar, o sea, aumentan hasta el día 72 y de aquí en adelante tienden a estabilizarse; de los valores obtenidos el día 51 o sea 619.1 órganos reproductivos por metro cuadrado, 442.3 (71.5%) se producen en el tallo y 175.7 (28.5%) en las ramas.

A la época de madurez fisiológica del total de vainas maduras cosechadas ($256.6m^2$) el tallo principal aporta 66.4% (170.4 vainas/ m^2) y las ramas el 33.6% ($86.2/m^2$), esto quiere decir que la pérdida de vainas y flores es muy grande y que aunque el tallo principal es el que más estructuras reproductivas pierde también es el que mayor número de vainas aporta para la época de cosecha, esto está confirmado por varios investigadores quienes como Tayo (1985) para frijol informa que del total de flores que abren en la planta sólo llegan a vainas maduras el 30% de ellas, también Binnie y Clifford (1981) señalan que la abscisión de flores y vainas inmaduras varió entre el 45 al 80 según la variedad o cultivar, Kohashi y colaboradores (1980) indican que en frijol el 50% de las vainas se localizan en las ramas primarias.

Los resultados obtenidos en soya que en un momento dado se podrían extrapolar a frijol, muestran según Hansen y Shibles (1978) que en soya de hábito indeterminado las ramas producen entre el 14 al 30% de las vainas y semillas, y que se presentan gran número de flores y vainas abortadas; también Carlson y otros (1982) informan que el aborto de flores y vainas va desde el 43 al 81%, siendo la pérdida entre el 33 al 50% como vainas y el restante como flores.

El peso de las semillas se hace evidente a los 44 días después de la brotación, a partir de esta fecha aumenta este peso tanto en el tallo principal como en las ramas y de 0.73 g/ m^2 que se obtiene el día 44 se llega hasta

284.2 g/m² el día 79 después de brotación, de este total el tallo principal aporta el 68.3% (192.9 g/m²) y las ramas el 31.7% (91.4 g/m²). En la distribución vertical se nota que los nudos 2, 3 y 4 del tallo principal no producen vainas, lo que hace que el rendimiento en estos nudos esté localizado en las ramas; mientras en los nudos superiores (a partir del nudo 11) las ramas no producen vainas y por lo tanto el rendimiento en estos nudos es producido totalmente por el tallo principal.

Cuando se divide verticalmente el dosel en tres estratos, el tercio inferior (nudos 2 a 6) producen el 32.5% de las semillas (número y peso), el estrato medio (nudos 7 al 11) aportan el 63.7% de las semillas (número y peso) y el estrato superior (nudos 12 al 17) aportan el 3.7% de semillas (número y peso); del total de nudos los que más aportan en semillas son los nudos 7 y 8 con un 25.6% y 20.7% respectivamente, en esa línea de ideas Tayo (1986) para frijol informa que la planta compensa la pérdida de vainas por un incremento en el peso individual de las semillas.

Para soya Ramsey y colaboradores (1984) informan que el número de semillas por vaina y el tamaño de las semillas fue diferente en cada nudo y que en variedades de crecimiento determinado los nudos superiores producen muy pocas semillas y vainas y que por lo tanto el mayor rendimiento se da en los nudos inferiores, Hansen y Shibles (1978) informa que en soya de hábito indeterminado las ramas producen entre el 14 y 30% de las semillas y que la mayor producción está localizada en la mitad del dosel (nudos 6 al 15) en plantas que poseían entre 22 y 26 nudos.

En frijol Díaz y Aguilar (1984), Aguilar y otros (1984) hallaron que a medida que se aumenta la población de 6 a 48 plantas por metro cuadrado en hábitos II y III, el número de semillas/planta y el peso seco de las semillas/planta disminuyen en las ramas y aumentan en el tallo principal, para el caso de la variedad Porrillo sintético a una densidad de 24 plantas/m² el número de semillas fue el 25.2% producto de las ramas y el 74.8% en el tallo principal y en cuanto a peso seco de las semillas por planta hallaron que el tallo produjo 8.2 g/planta (74.5%) y 2.8 g/planta (25.5%) en las ramas.

Conclusión

Cuando se hacen los cálculos para plantas obtenidas en forma individual (intactas) y las obtenidas por área (m²) se encuentran diferencias que favorecen a las plantas intactas, es así como en las plantas intactas el número

de nudos/planta y el número de vainas/planta es mayor, lo cual indica que en la recolección indiscriminada se causan daños a las plantas.

La distribución del rendimiento (peso seco semillas) y los parámetros asociados con el rendimiento (área foliar, número de vainas, de semillas y tamaño de las semillas) muestran la misma tendencia tanto en las plantas intactas como en las recogidas por área. Se encuentra que el rendimiento y sus componentes están básicamente ubicados en el estrato medio (nudos 7 al 11, de un total de 17), el peso de las semillas al 14% de humedad llega a ser un 64% del total, le sigue en orden decreciente el estrato bajo (nudos 2 al 6) con un 32.4% del rendimiento y el restante 3.6% en el estrato superior (nudo 12-17).

Dentro de los nudos los que mayor porcentaje aportan al rendimiento y a sus componentes, en la época de cosecha, son los nudos 7 y 8 con un 25.2% y 18.4% del número de vainas por planta respectivamente; estos mismos nudos producen el 26.7% y 20.6% del peso total de las semillas (rendimiento) y un 26.1% y 20.1% del número total de semillas.

La pérdida de órganos reproductivos, aparentemente en forma de vainas no desarrolladas y de flores, es muy alta, de un cálculo de 619 órganos reproductivos por metro cuadrado se recogen a la época de cosecha 256 vainas, ó sea de un potencial (100%), sólo se cosecha aproximadamente el 41% de ese valor teórico. Parece llegarse a la conclusión que es importante una alta producción de flores en tiempo corto y en épocas tempranas, a fin de evitar la pérdida de estas estructuras.

Los nudos que mayor aportes hacen al rendimiento básicamente lo logran por la baja pérdida de flores y vainas, tal es el caso de los nudos 7 y 8, además en estos nudos abrieron primero las flores. Tal como algunos autores señalan las flores que abren primero tienen más posibilidad de llegar a vainas maduras, lo cual hace de esto un carácter deseado.

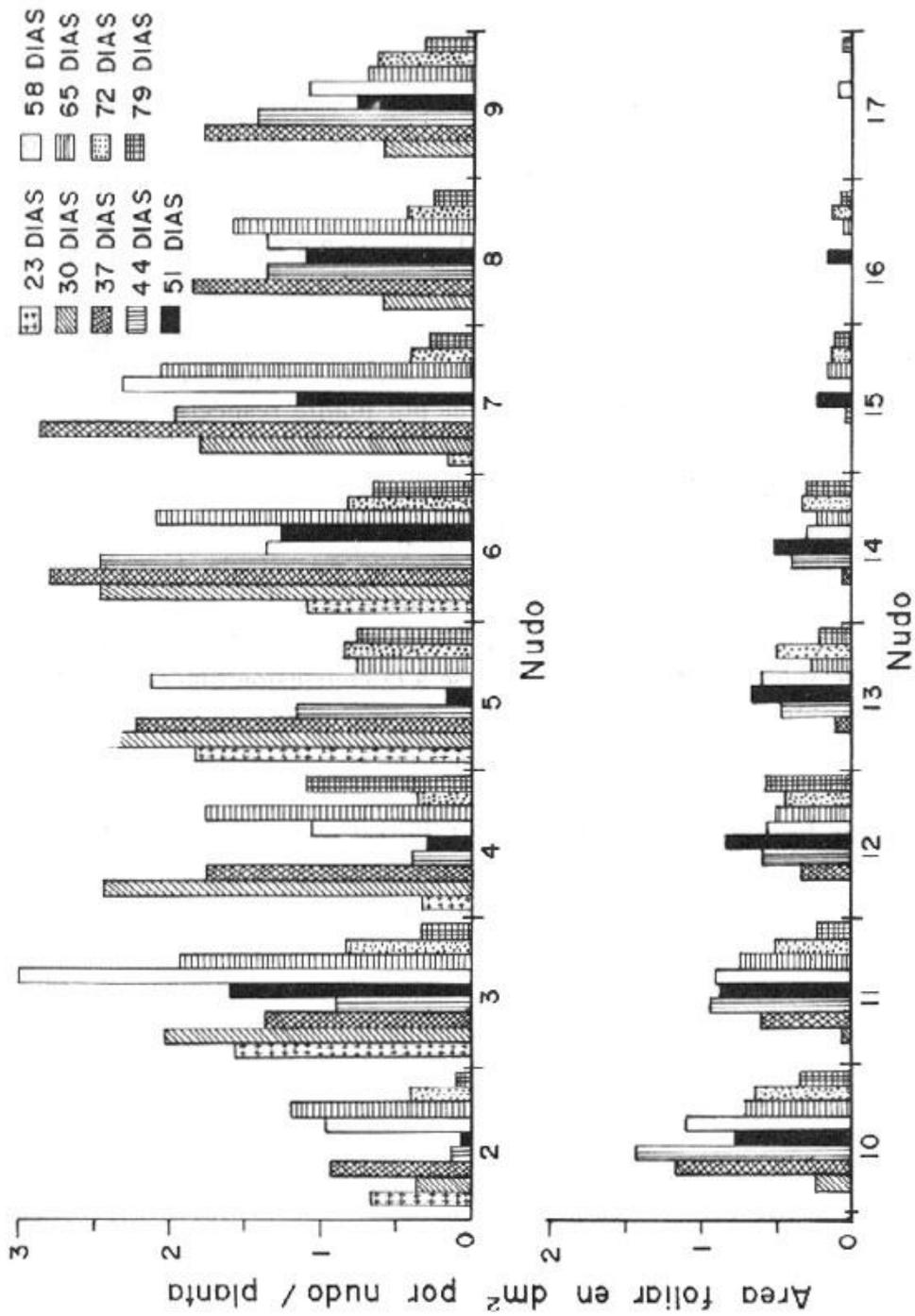


Fig. 1 Area foliar en dm² producida en cada uno de los nudos de una planta de frijol, tomada en diferentes fechas. Promedio de 16 plantas por fecha.

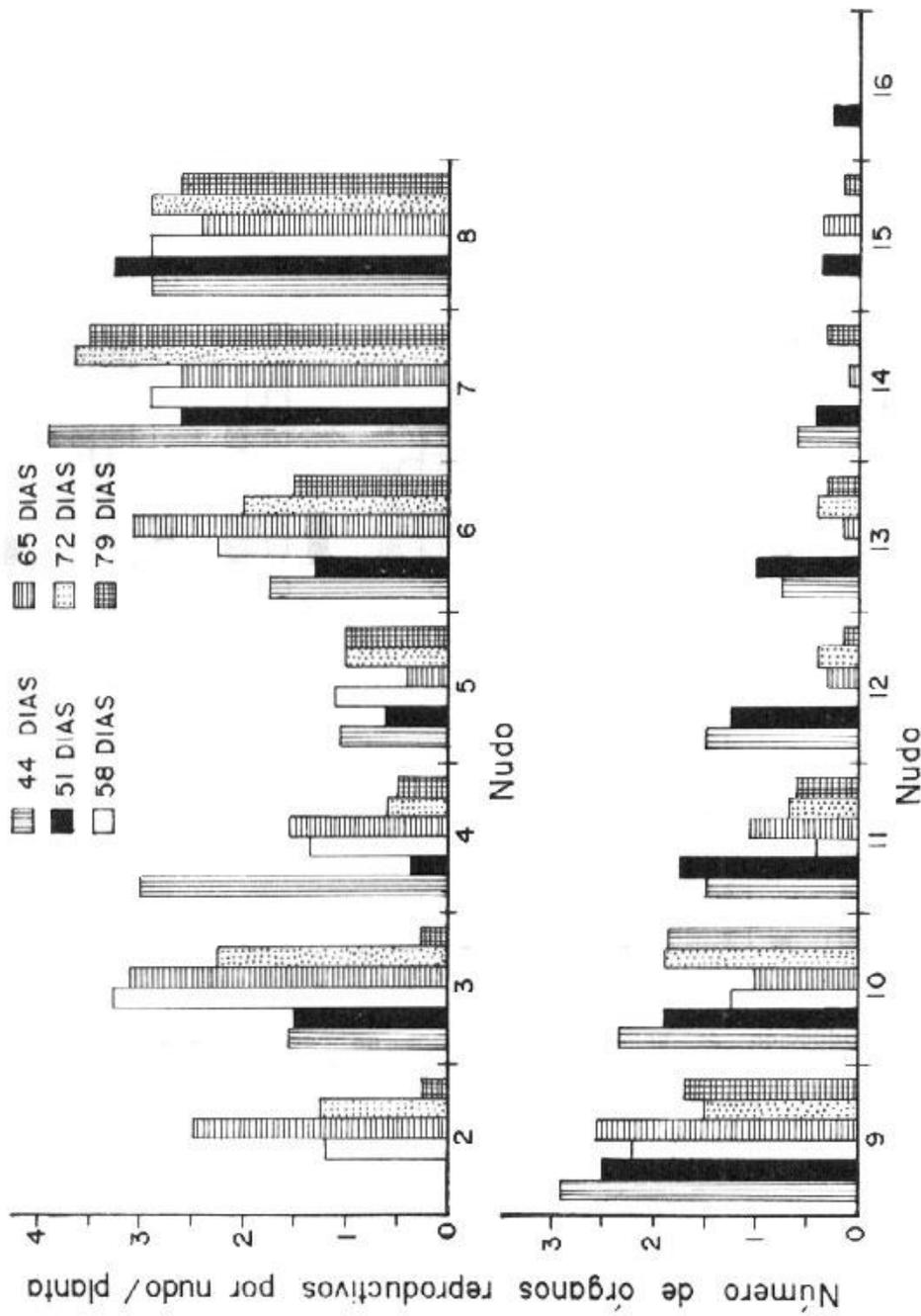


Fig. 2 Número de órganos reproductivos (flores y vainas) producidos en cada uno de los nudos en una planta de frijol, tomados en diferentes fechas. Promedio de 16 plantas por fecha.

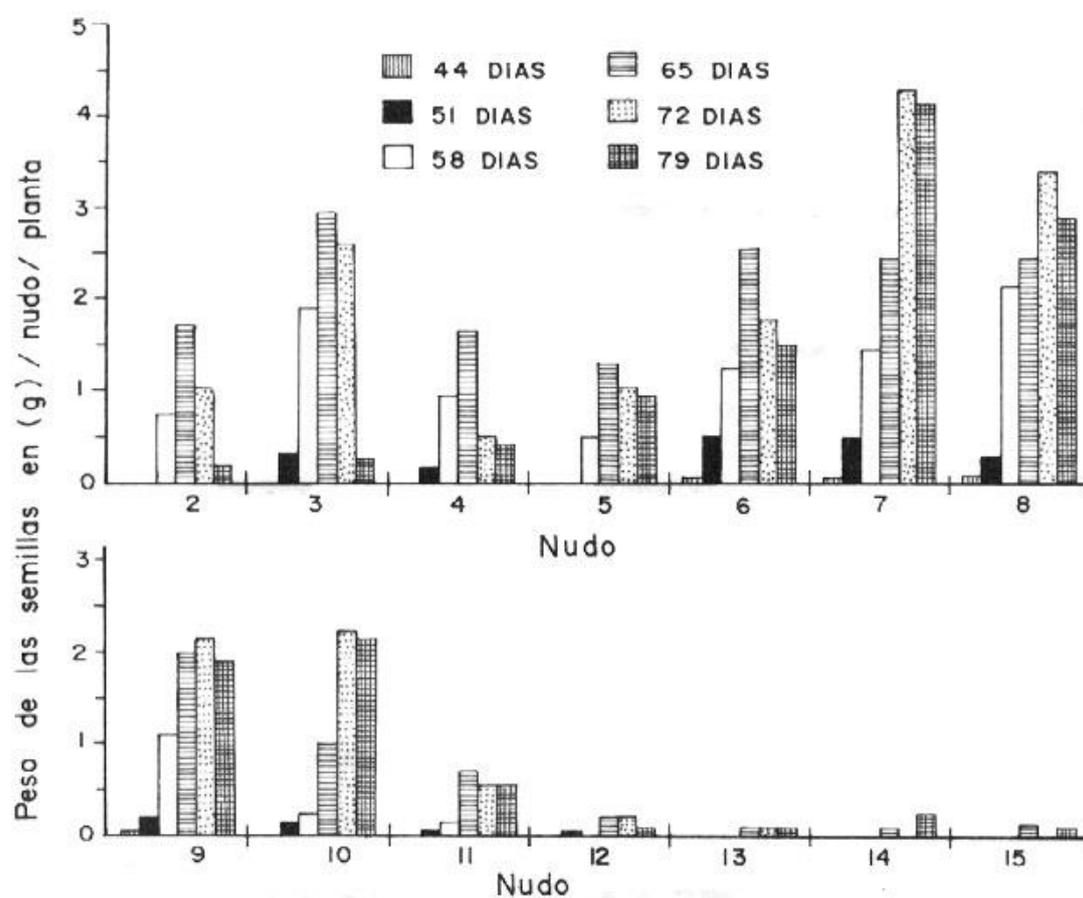


Fig. 3 Producción de semillas en gramos en cada uno de los nudos de la planta de frijol y en fechas diferentes. Promedio de 16 plantas por fecha.

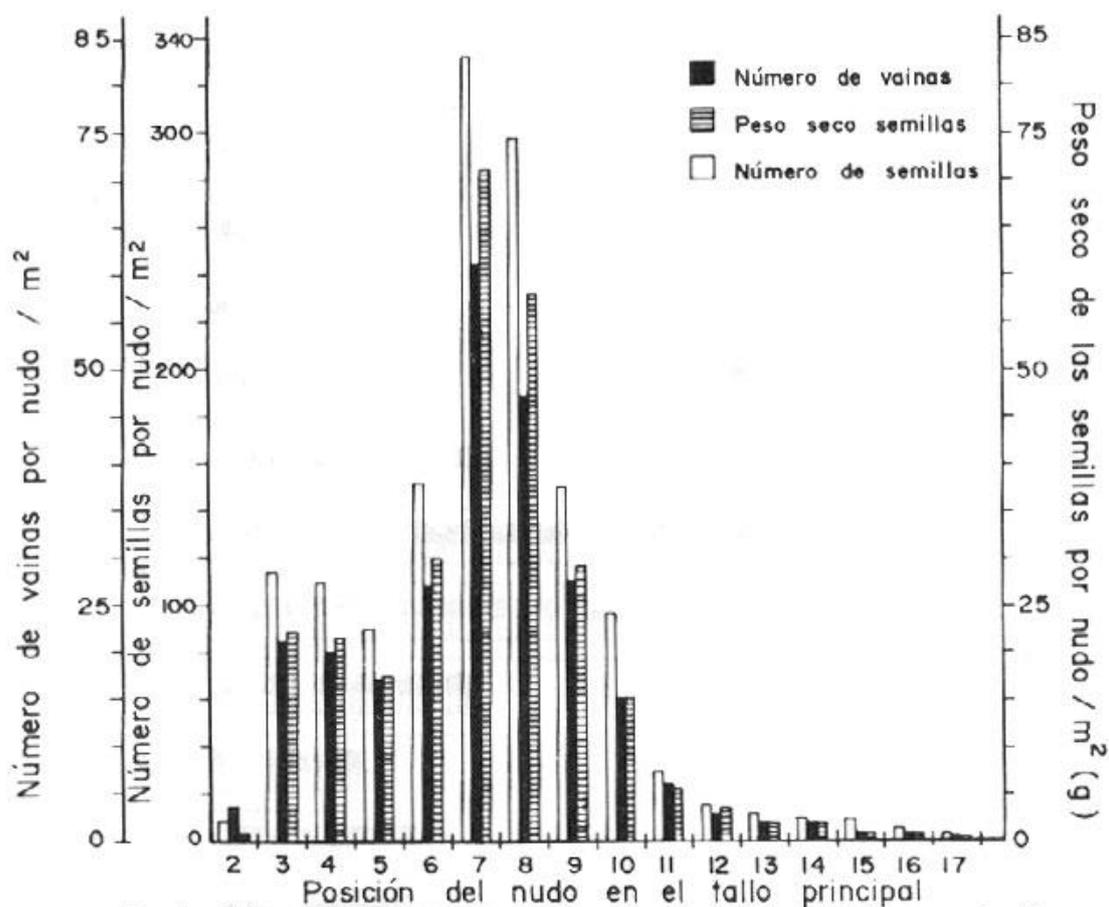


Fig. 4 Número de semillas, de vainas y peso de las semillas producidas en cada nudo y por m² en plantas de frijol a la época de cosecha. Promedio tomado de 8 m² de muestra.

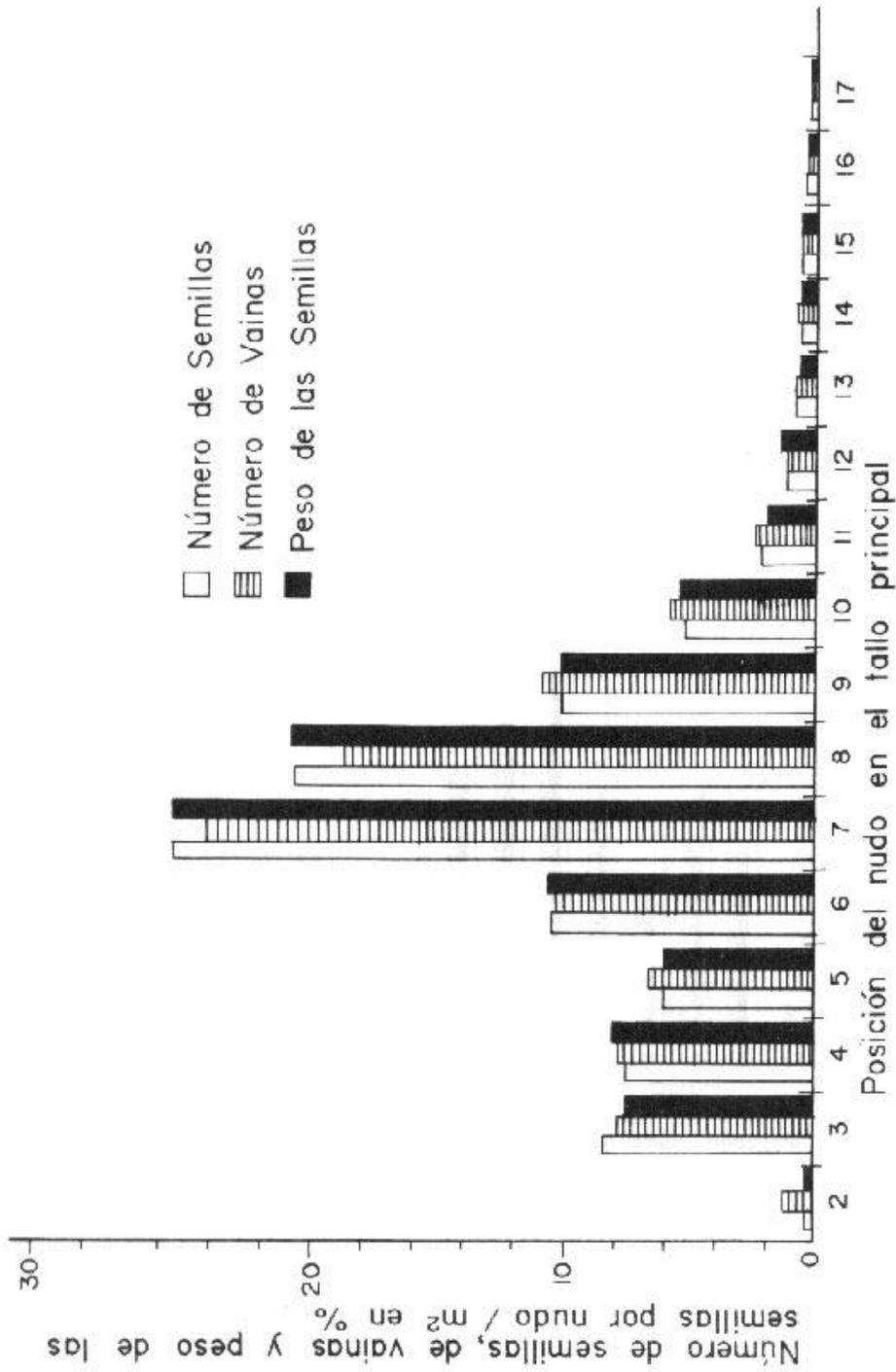


Fig. 5 Producción de semillas y vainas en porcentaje en cada uno de los nudos de plantas de frijol a la época de cosecha. Promedio tomado de 8 m² de muestra.

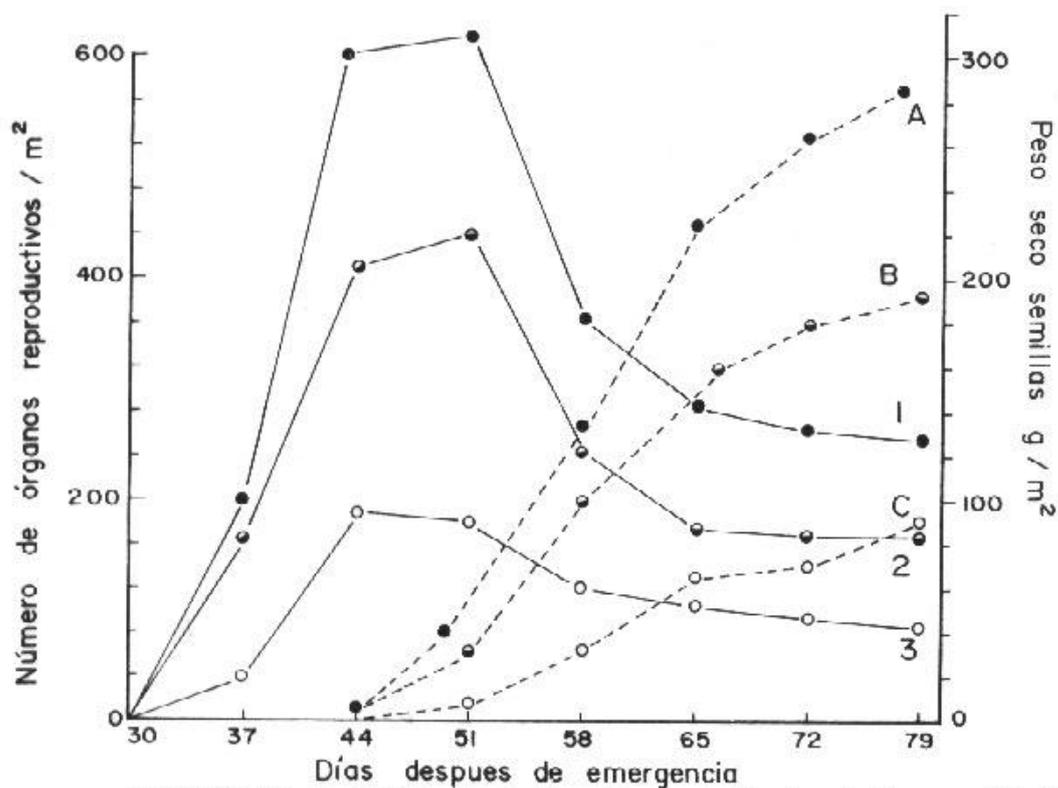


Fig.6 Número de órganos reproductivos (flores y vainas) producidos en 1) Total 2) Tallo principal 3) Ramas. Peso de las semillas producidos en A) Total B) En tallo principal y C) En las ramas, producidos por plantas de frijol en diferentes fechas. Promedio de 4 m²/ 100 plantas.

Bibliografía

- Aguilar, E., Díaz, F., Laing, D.R.**, *Efecto de la densidad de siembra sobre algunas características morfológicas y el rendimiento en frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*, Turrialba 34 (1): 56-61, (1984).
- Binnie, R.C., Clifford, P.E.**, *Flower and pod production in Phaseolus vulgaris L.*, Journal of Agricultural Science. Camb. 97: 397-402, (1981).
- Carlson, R.E., Karimi-Abadchi, M., Shaw, R.H.**, *Comparison of the nodal distribution of yield components of indeterminate soybeans under irrigated and rain-field conditions*. Agronomy Journal. 74 (3): 531-535, (1982).
- Díaz, F., Aguilar, E.**, *Efecto de la densidad de siembra en la distribución de materia seca en la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*, Turrialba 34 (1): 63-76, (1984).
- Duarte, A.R., Adams, M.W.**, *A path coefficient analysis of some yield component interrelation in field beans (Phaseolus vulgaris L.)*. Crop Science. 12: 579-582, (1972).
- Figuroa, C.E.**, Reporte del ensayo 7504. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali.. 23 pp., (1975).
- Fanjul, P.L.**, *Análisis del crecimiento de una variedad de Phaseolus vulgaris L. de hábito de crecimiento indeterminado y ensayo para el estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda de fotosintatos*. Tesis de Maestría, Chapingo, México. Escuela Nacional de Agricultura, 57 pp., (1978).
- Hansen, W.R., Shibles, R.**, *Seasonal log of the flowering and podding activity of field grown soybeans*. Agronomy Journal, 70 (1): 47-50, (1978).
- Junyi-Gai, R., Palmer, G., Fehr, W.R.**, *Bloom and pod set in determinate and indeterminate soybeans grown in China*. Agronomy Journal, 76 (6): 979-988, ((1984).
- Kohashi-Shibata, J., Estrada, L.A., Hernández, E.X.**, *Phenotypic expression of the yield potential per plant of indeterminate pole bean (Phaseolus vulgaris L.)*. Annual Report of the bean Improvement Cooperative. New York, 23: 90-91, (1980).

- Ojehomon, O.O., Morgan, D.G., *A quantitative study of inflorescence development in Phaseolus vulgaris L.* Annals of Botany. 33 (130): 325-331, (1969).
- Ramseur, E.L., Wallace, S.U., Quisemberry, L.V. *Distribution pattern of yield components in Braxton Soybeans.* Agronomy Journal, 76 (3): 493-497, (1984).
- Smith, F.L., Pryor, R.H.H., *Effect of maximum temperature and age of flowering and seed production in three bean varieties.* Hilgardia, 33: 669-687, (1962).
- Stang, J.R., *Response of bush snap bean cultivars (Phaseolus vulgaris L.)* Journal of Agricultural Science. Camb. 107: 29-36, (1986).
- Wallace, D.H., Munger, H., *Studies of the physiological basis for yield difference. II variation in dry matter distribution among serial organs for several dry bean varieties.* Crop Science, 6 (2): 503-507, (1966).
- Weibold, W.J., Asley, D.A., Boerma, H.R., *Reproductive abscission levels and patterns for eleven determinate soybeans cultivar.* Agronomy Journal, 73 (1): 43-46, (1981).