

ESTUDIO COMPARATIVO DE PHASEOLUS VULGARIS CON OCHO
LEGUMINOSAS DE GRANO DIFERENTES

Paul J. Kretchmer, D.R. Laing y Peter Jones

 CIAT

13195
COLECCION HISTORICA

Introducción

El fíjol común Phaseolus vulgaris es la leguminosa de grano más importante en el mundo con excepción de la soya Glycine max. Veintitres porciento de la oferta mundial de leguminosas de grano es producida en Latino América. Como leguminosas comestible en Latino América, el fríjol común es la más importante, sin embargo, la soya es más importante cuando se considera el área en término de producción de aceite de soya. Los rendimientos en grano por unidad en area de campo de Phaseolus vulgaris son y han sido bajos. Además los intentos hechos para incrementar el rendimiento no han sido tna buenos como en el caso de los cereales. Otros investigadores han pensado que el Phaseolus vulgaris es un cultivo relativamente ineficiente con respecto a la producción de grano.

El propósito de este estudio es el de comparar la eficiencia en producción de grano del Phaseolus vulgaris contra otras ocho leguminosas de grano a saber: Cajanus cajan, Glycine max, Vigna unguiculata, Phaseolus lunnatus, Arachis hypogea, Vigna radiata, Vigna angularis, Phaseolus acutifolius. Las técnicas usadas para cuantificar los componentes del crecimiento son colectivamente conocidos como "Análisis de Crecimiento". Tales procedimientos representan el primer paso en el análisis de producción primaria y son los más simples y más prácticos para evaluar la producción fotosintética neta.

Un requisito importante para analizar el crecimiento de la planta es la disponibilidad de datos precisos con respecto al tamaño de las partes asimilantes, tales como en área foliar y la acumulación de la biomasa resultante expresada en términos del peso seco de la planta entera ó sus partes. Estos datos deben obtenerse a intervalos regulares durante el período de crecimiento del cultivo. A

1/ Fisiólogo, Director de Investigación de cultivos y Científico visitante, respectivamente. Centro Internacional de Agricultura Tropical; Apartado Aéreo 67-13, Cali-Colombia, Sur América.


BIBLIOTECA

través de estos datos es posible calcular varios índices de crecimiento. Índices comúnmente usados y utilizados en este estudio son: el Índice del Área Foliar (IAF = área foliar/área de tierra), Duración del Área Foliar (DAF = área foliar x tiempo), Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC = $(\text{Peso}_2 - \text{Peso}_1) / (\text{área de tierra} (\text{tiempo}_2 - \text{tiempo}_1))$), y el Índice de Cosecha (IC = rendimiento económico/rendimiento biomasa total). Cada uno de estos índices dan una medida de la eficiencia de producción de grano. El índice del área foliar y la duración del área foliar dan una medida del área fotosintética de la planta. La tasa de crecimiento del cultivo provee una medida de la eficiencia del área fotosintética para la producción biomasa total. Los dos índices, el índice de cosecha y el rendimiento/DAF dan una medida de la eficiencia de la planta en la producción de rendimiento económico. El índice de cosecha es una medida indicativa de la habilidad de la planta para movilizar el material fotosintético disponible hacia las áreas de demanda requeridas, v.g. vainas y semillas.

Materiales y Métodos

Los genotipos representativos adaptados para cada especie fueron escogidos en base a las evaluaciones varietales conducidas previamente por la Unidad de Estudios especiales del CIAT y por otros.

Cada genotipo fué sembrado en lotes de 60m^2 a una densidad de 25 plantas/ m^2 . El plano del lote fué de bloque completo al azar con cuatro replicaciones. Los datos de los componentes de rendimiento fueron calculados en base a seis plantas tomadas dos veces por semana desde el comienzo del período de crecimiento hasta llegar a la primera madurez fisiológica. Para algunas especies (C. cajan, P. lunnatus, V. unguiculata, V. radiata) las cuales tenían un período de crecimiento extenso el muestreo continuó hasta llegar a la primera madurez fisiológica. El área foliar fué calculada en base a la primera muestra de cada semana. Los días a la floración (50% de las plantas con una ó más flores por planta desde la fecha de siembra) y los días a la madurez fisiológica (90% de las vainas están maduras desde la fecha de siembra) fueron anotados para todas las especies. Para los datos finales de rendimiento, 10m^2 se cosecharon y el rendimiento en granos se calculó al 14% de humedad. Una muestra de 2m^2 se utilizó para los datos finales de los componentes de rendimiento.

Para obtener curvas de los índices a través del período de crecimiento se derivaron ecuaciones usando coeficientes obtenidos a través de los datos del muestreo. Las ecuaciones finales de las curvas obtenidas son presentadas a continuación.

$$\text{Rendimiento acumulado} = at + b \text{ seno } t + c \text{ seno } 2t + d \text{ coseno } t + c \text{ coseno } 2t.$$

$$\text{Peso seco total y IAF} = at + b \text{ seno } t + c \text{ seno } 2t + d \text{ seno } 3t + c \text{ coseno } t + f \text{ coseno } 2t + g \text{ coseno } 3t..$$

$$\text{TCC} = a + b \text{ coseno } t + 2c \text{ coseno } 2t + 3d \text{ coseno } 3t - e \text{ seno } t - 2f \text{ seno } 2t - 3g \text{ seno } 3t.$$

donde $t = \frac{d \pi}{M}$, d = número de días intervalo y M = días a la primera madurez fisiológica y $a - g$ son coeficientes.

Estas curvas son presentadas de tal manera que el P. vulgaris aparece en todas las curvas para facilidad de comparación. Cada figura contiene una tabla de los días a la floración (F) y los días a la madurez fisiológica (M).

Resultados y Discusión

La producción total de biomasa acumulada se muestra en la Figura 1. C. cajan obtuvo la mayor producción total de biomasa, la cual fué medida hasta llegar a la primera madurez fisiológica, seguido por A. hypogea. P. acutifolius y P. vulgaris, los dos productores más bajos de biomasa total, alcanzaron su producción total de biomasa más temprano que las otras especies. Los datos de el índice de cosecha para C. cajan y A. hypogea, sin embargo, muestran que solo el 40.9% y el 47.2%, respectivamente fué en término de rendimiento económico. P. vulgaris y P. acutifolius tuvieron los índices de cosecha de 61.1-65.9 y 64.5-66.7, respectivamente, dependiendo de la variedad utilizada (Tabla 1). El uso más eficiente del material fotosintético para la producción de rendimiento económico, no rendimiento vegetativo, fué aparente para las dos últimas especies.

La tasa de crecimiento de cultivo (TCC), en función de tiempo, es mostrada en la Figura 2. Como se esperaba, de acuerdo con su producción total de biomasa, el A. hypogea y C. cajan tuvieron los más altos TCC, 12.5 y 7.6 g/m²-día. P. vulgaris logró su máximo TCC de 5.0 g/m²-día mucho antes que las otras especies, continuando floración y el período de ensanchamiento de las vainas. Todas las otras especies lograron el máximo TCC justamente antes ó después de la floración de la cual declinaron paulatinamente.

La capacidad del sistema fotosintético está demostrado por el Índice del Area Foliar (IAF) y la Duración del Area Foliar (DAF). Las curvas de crecimiento del área foliar para las nueve especies se muestran en la Figura 3. La duración del área foliar desde la emergencia hasta la primera madurez fisiológica estaba significativamente correlacionada con los rendimientos de grano, ($r=0.63^{**}$) (Ver Tabla 1). El crecimiento precoz del área foliar fué aparente en todas las especies excepto C. cajan y V. radiata, sin embargo, estas dos especies eventualmente mostraron la misma tasa que las otras. A. hypogea no alcanzó su máximo IAF (5.9) sino hasta al llegar a la mitad de su período de floración. El IAF de Arachis hypogea fué el más alto obtenido en este experimento. Comparado con las otras especies P. vulgaris mostró los más bajos IAF (2.5) y DAF (181-212, dependiendo de la variedad) (Tabla 1). Aún cuando el P. vulgaris tenía los más bajos IAF y DAF es aparente, desde el punto de vista de la tasa de rendimiento/DAF (1.03-1.29, dependiendo de la variedad), que esta especie tiene la eficiencia más alta de utilización del área fotosintética disponible. El alto índice de cosecha implica que la eficiencia se debe a la translocación del material fotosintético disponible hacia los sitios requeridos, por ejemplo vainas y semillas. G. max y P. acutifolius mostraron resultados similares.

P. vulgaris fué el primero en llegar a su máximo rendimiento de grano. G. max obtuvo el mismo rendimiento aproximadamente diez días más tarde y eventualmente produjo más que P. vulgaris. C. cajan, el más alto rendidor al punto de primera cosecha (68% del rendimiento total), alcanzó su máximo a los 120 días, 55 días más tarde que P. vulgaris (Figura 4). Las dos especies más eficientes en base al rendimiento/día fueron P. vulgaris y G. max (Tabla 1).

La Figura 5 muestra la distribución de los rendimientos por nudos del tallo principal para los tres hábitos de crecimiento de P. vulgaris y las dos variedades de G. max usadas en este estudio. Las líneas indeterminadas de tipo II y III de P. vulgaris produjeron la mayor parte de su rendimiento de grano entre los nudos 3 y 12 mientras que la línea determinada de tipo I entre los nudos 2 y 7. G. mas, sin embargo, tuvo sus rendimientos bien distribuidos entre los nudos 2 y 8 en una variedad y entre 2-14 los nudos en la otra. Dos posibles razones para la mejor distribución de rendimiento de grano en una planta de G. max son: 1) El tamaño de la demanda y su fortaleza v.g. el número de semillas/vaina y el número de vainas. 2) El tamaño de la fuente, v.g. el área foliar. G. max tiene menos semillas/vaina y las vainas mejor distribuidas sobre la planta. La demanda de P. vulgaris es más fuerte y, por consiguiente, con más semillas/vaina. La demanda de P. vulgaris se establece demasiado temprano. El área foliar no se ha formado lo suficientemente como para permitir una mayor producción de material fotosintético.

P. vulgaris es una planta eficiente en la producción de rendimiento de grano, sin embargo, el rendimiento en grano de las variedades ahora disponibles es generalmente más bajo que en otras leguminosas debido a sus períodos de crecimiento más corto. El ciclo de vida del fríjol común P. vulgaris se puede dividir en 4 fases: crecimiento vegetativo, floración, crecimiento de las vainas y crecimiento del grano. Si se extiende el crecimiento vegetativo la capacidad del área fotosintética puede ser también incrementada. Extendiéndose el período de floración (más nudos reproductivos), distribuiría mejor los sitios de formación de las vainas e incrementaría el tamaño de la demanda. Según parece, de acuerdo con los datos, el mayor factor limitante del rendimiento de grano parece ser el tamaño de la demanda y del área fotosintética.

Durante las etapas de floración y fijamiento de las vainas, es decir, cuando el porcentaje de fijamiento de las vainas es determinado por la disponibilidad de carbohidratos sobre las vainas en desarrollo, la capacidad de la demanda generalmente excede la capacidad de la fuente. Esto debido al traslape de las fases de crecimiento. Por lo tanto, parece ser que el número de vainas fijadas es controlado por la capacidad de la fuente durante las fases de floración y crecimiento de las vainas. La capacidad de la fuente es más grande que la demanda durante la fase de crecimiento del grano, por lo que el factor limitante del rendimiento de grano es generalmente, a esta etapa, el número de vainas fijadas.

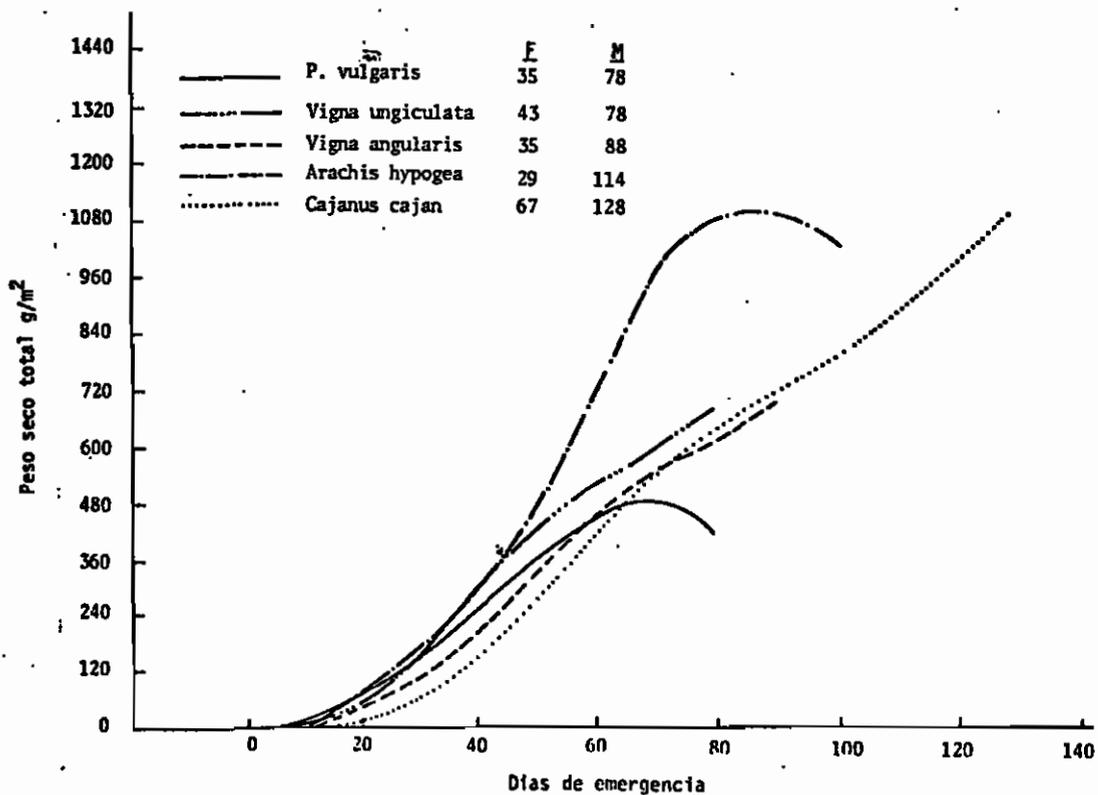
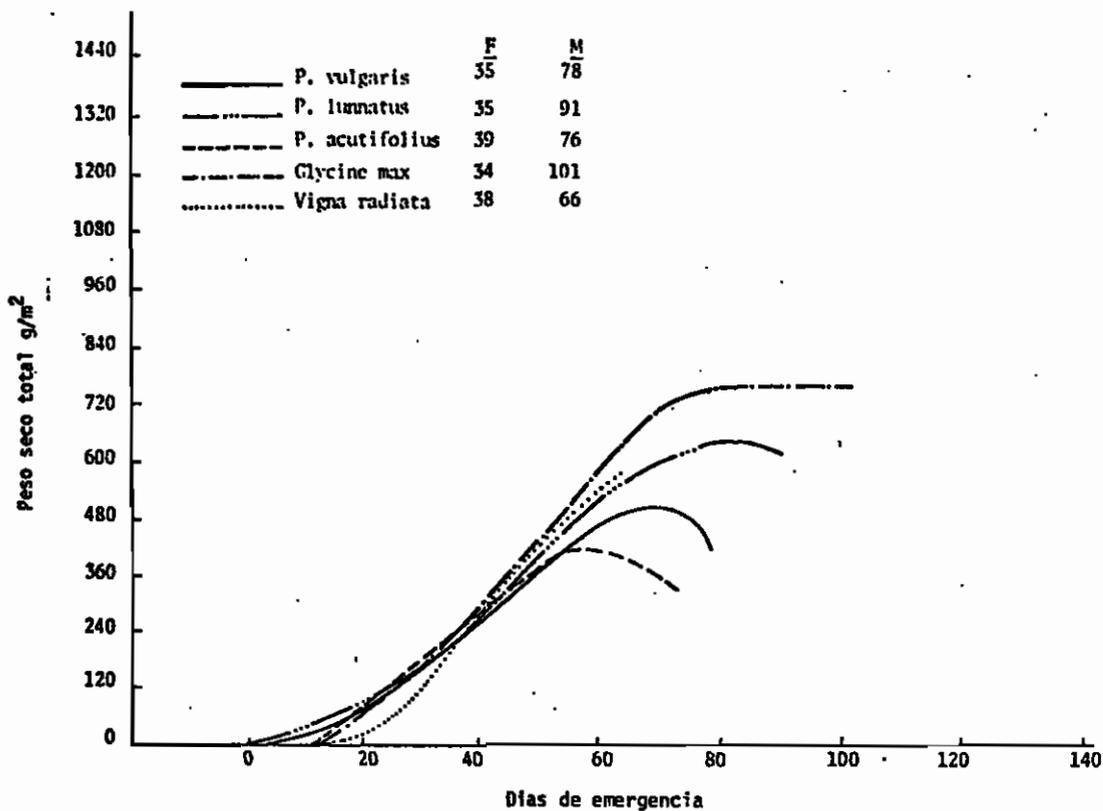


Figura 1. Promedio acumulado de peso seco vegetativo para nueve especies de leguminosas contra días de emergencia; las curvas se derivan del valor estimado de las ecuaciones de la forma: $PST = at + b \text{ seno } t + c \text{ seno } 2t + d \text{ seno } 3t + e \text{ coseno } t + f \text{ coseno } 2t + g \text{ coseno } 3t$. F = días a floración, M = días a la primera madurez.

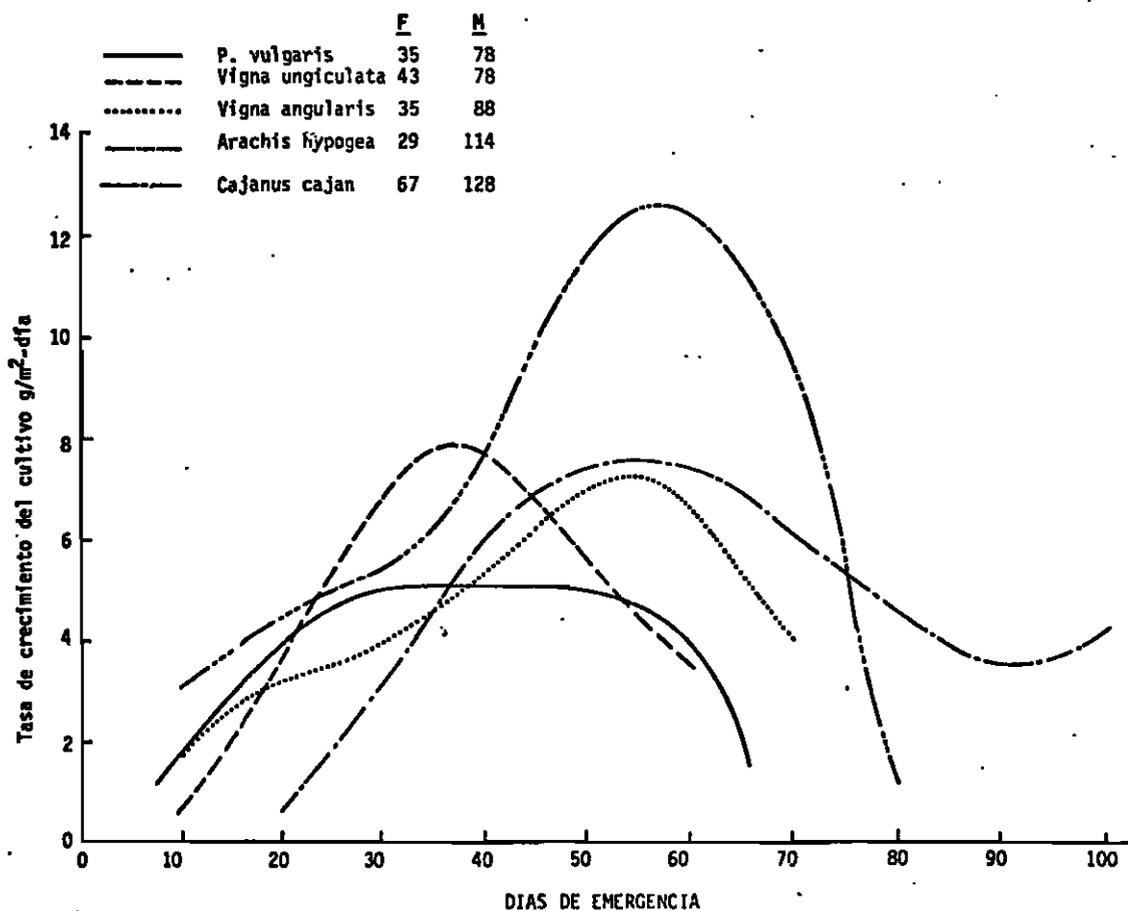
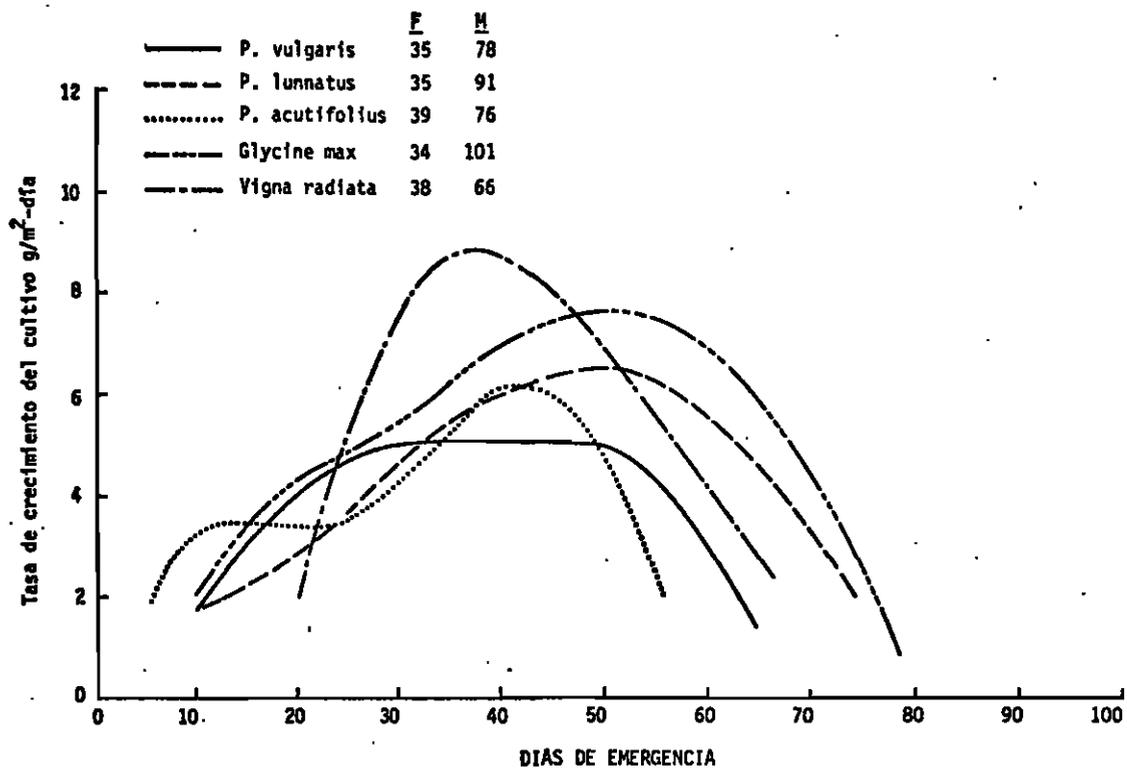


Figura 2. Curva de tasa de crecimiento del cultivo para nueve especies de leguminosas contra días de emergencia; las curvas se derivan del valor estimado de las ecuaciones de la forma $ICC = a + b \coseno t + 2c \coseno 2t + 3d \coseno 3t - e \text{ seno } t - 2f \text{ seno } 2t - 3g \text{ seno } 3t$. F = días a floración, M = días a la primera madurez fisiológica.

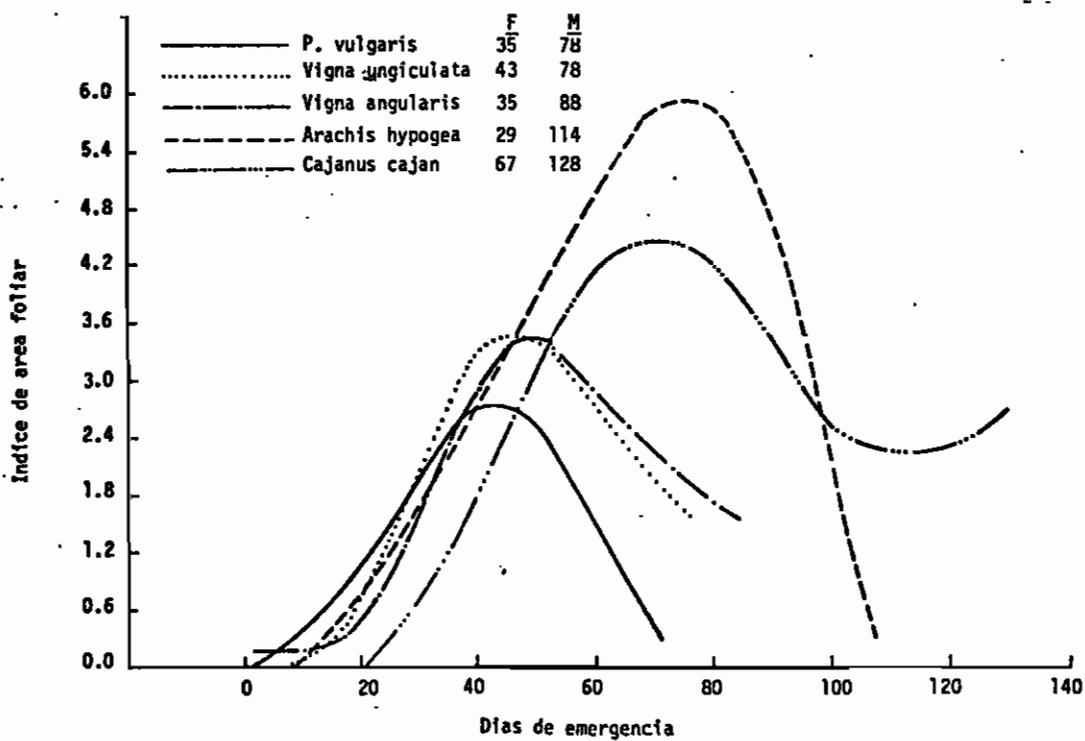
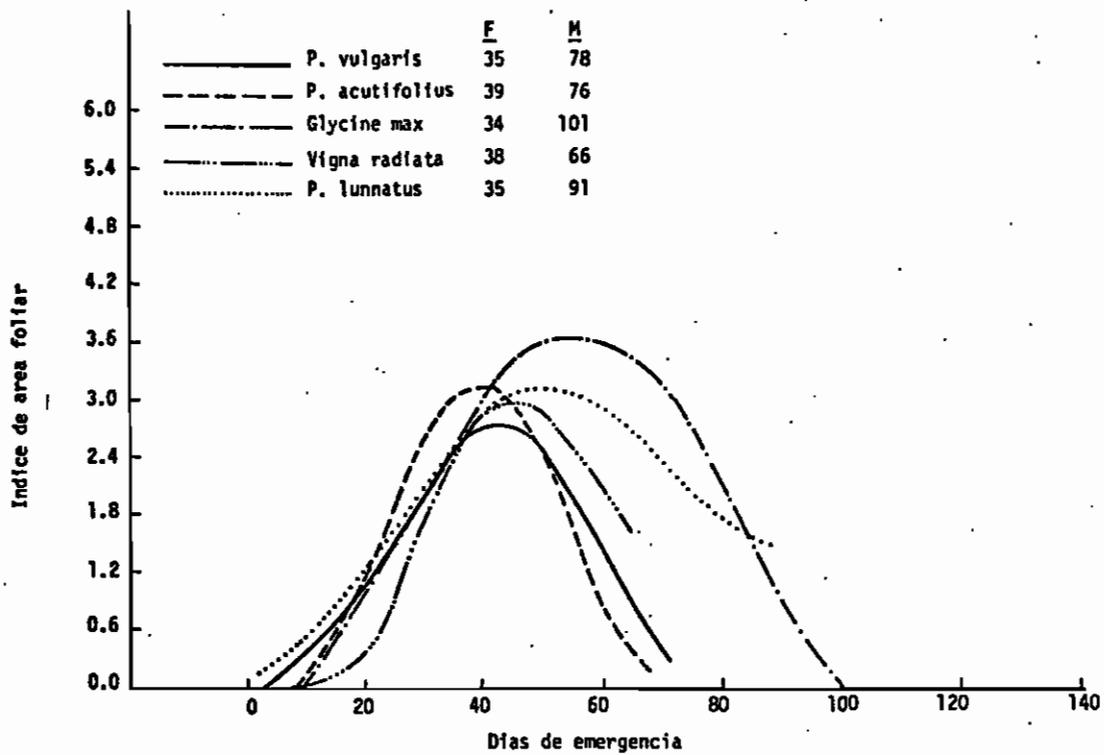


Figura 3. Curva de crecimiento del área foliar para nueve especies de leguminosas contra días de emergencia; las curvas se derivan del valor estimado de las ecuaciones de la forma $AF = at + b \text{ seno } t + c \text{ seno } 2t + d \text{ seno } 3t + e \text{ coseno } t + f \text{ coseno } 2t + g \text{ coseno } 3t$. F = días a floración, M = días a la primera madurez fisiológica.

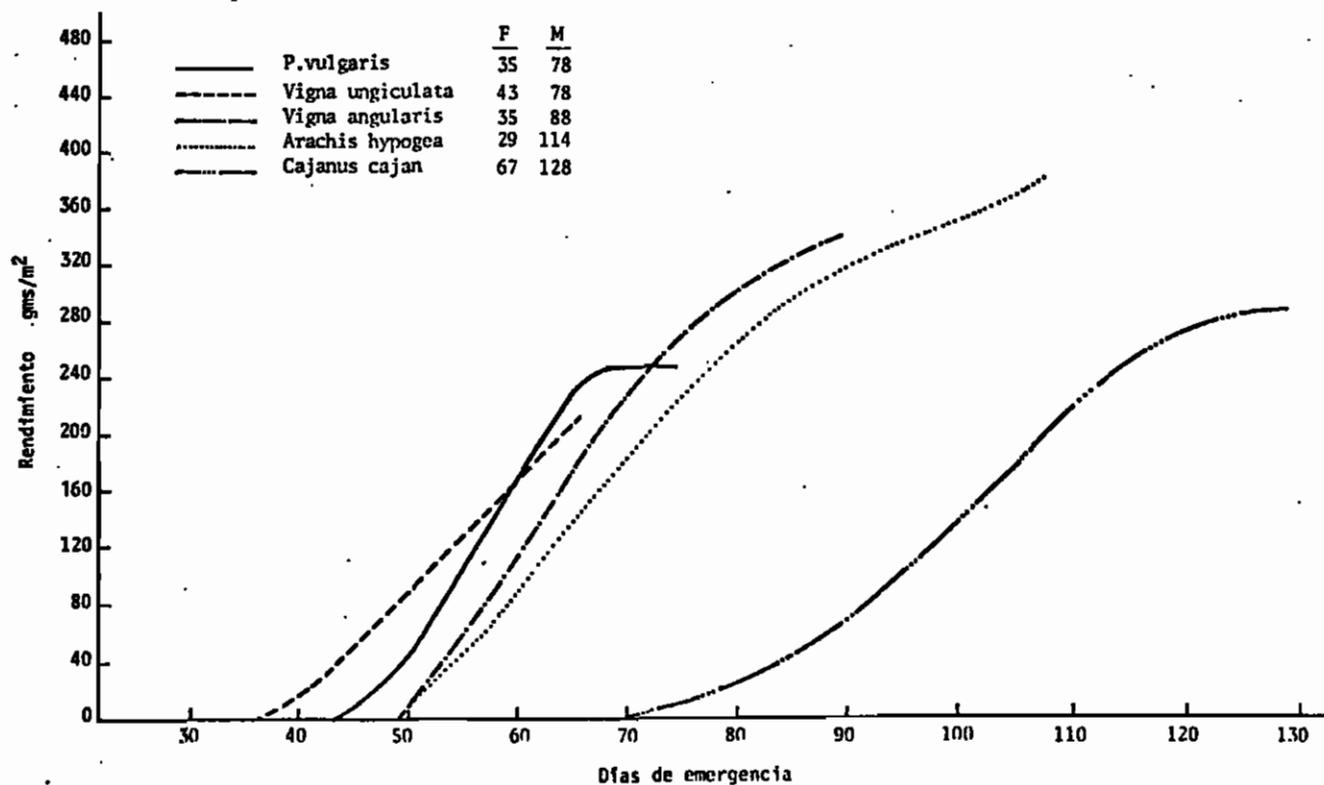
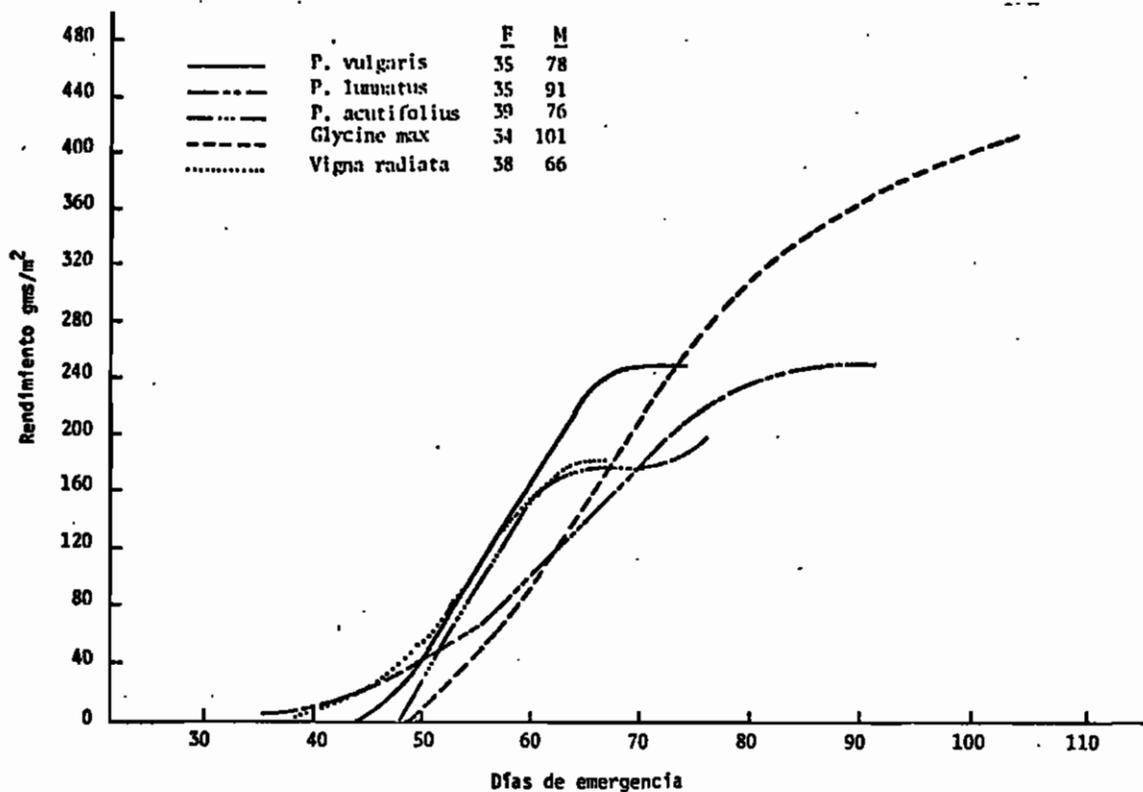


Figura 4. Promedio de rendimiento acumulado para nueve especies de leguminosas contra días de emergencia; las curvas se derivan del valor estimado de las ecuaciones de la forma $R = at + b \text{ seno } t + c \text{ seno } 2t + d \text{ coseno } t + e \text{ coseno } 2t$. F = días a floración, M = días a la primera madurez fisiológica.

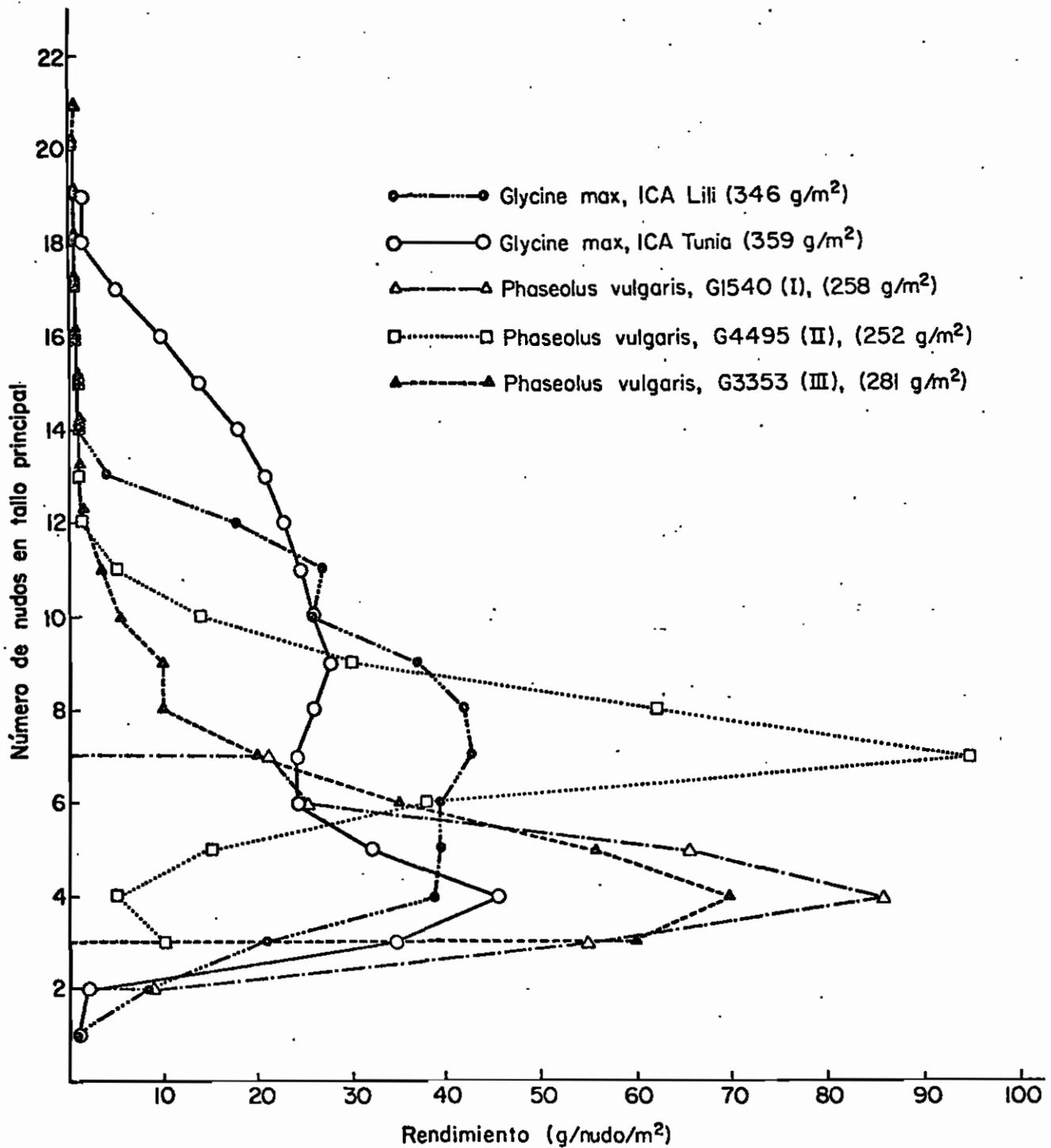


Figura 5. Número de nudos en tallo principal contra el rendimiento por cada nudo para tres variedades de Phaseolus vulgaris y dos variedades de Glycine max.

TABLE 1. ANALISIS COMPARATIVO DE CRECIMIENTO EN NUEVE ESPECIES DE LEGUMINOSAS POR RENDIMIENTO Y OTROS PARAMETROS SELECCIONADOS

ESPECIES Y VARIEDADES	RENDIMIENTO TOTAL (kg/ha)	% DE 1 ^a COSECHA DE REND. TOTAL	RENDIMIENTO POR DIA ¹ (kg/ha/día)	DIAS A:		PESO SECO VEGETATIVO (kg/ha)	INDICE DE COSECHA ² %	DAF ³	REND/DAF
				FLORACION	MADUREZ FISIOLÓGICA				
<u>Cajanus cajan</u> (3D 8111)	4479	68	25.7	67	174	6512	40.9	595	0.52
<u>Glycine max</u> (ICA Tunia)	3977	100	39.4	32	101	2459	61.8	395	1.02
<u>Phaseolus lunatus</u> (G25165)	3918	66	28.2	35	139	2903	57.3	384	0.69
<u>Glycine max</u> (ICA Lili)	3821	100	37.5	35	102	2172	63.7	383	1.00
<u>Vigna unguiculata</u> (TUN 201-1D)	3495	80	30.9	42	113	3562	50.2	303	0.92
<u>Phaseolus lunatus</u> (G25139)	3446	70	24.8	34	139	3203	52.0	330	0.76
<u>Vigna unguiculata</u> (Línea 302)	3089	83	29.7	44	104	3011	50.6	282	0.91
<u>Arachis hypogea</u> (ICA Tatui)	3080	100	27.0	28	114	3465	47.2	645	0.49
<u>Phaseolus vulgaris</u> (G03353)	2809	100	31.2	39	90	1733	62.1	277	1.01
<u>Vigna radiata</u> (2010M-314)	2780	83	28.7	38	97	2342	54.6	212	1.10
<u>Vigna angularis</u> (Adzuki)	2748	100	31.2	35	88	1579	63.5	316	0.87
<u>Phaseolus vulgaris</u> (G01540)	2583	100	36.4	31	71	1341	65.9	171	1.52
<u>Phaseolus vulgaris</u> (G04495)	2520	100	34.1	36	74	1599	61.1	197	1.29
<u>Vigna radiata</u> (Mungo Ber Ken)	2286	82	22.9	37	100	2080	52.4	181	1.03
<u>Phaseolus acutifolius</u> (G40035)	2193	100	30.9	38	71	1211	64.5	204	1.11
<u>Phaseolus acutifolius</u> (G40036)	2146	100	26.8	39	80	1085	66.7	216	1.05
L.S.D (0.05)	277	-	3.0	4.9	23.7	448	0.38	48.5	0.13
C.V (%)	9.4	9.4	9.9	1.4	3.1	18.7	6.9	16.0	14.6
r (contra rendimiento)	-	-	0.52**	0.36**	0.76**	.70**	-	0.63**	-

1/ Días de siembra hasta madurez fisiológica final

2/ Rendimiento / Peso seco total menos los p \acute{e} tioles y hojas

3/ Area integrada bajo la curva de \acute{a} rea foliar de emergencia a madurez fisiológica