

CIAT 8251

H 8

9049

• B4

C8

1977

V.1

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL

C I A T

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO

//  
EN PRODUCCION DE FRIJOL

PARA INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA

Marzo 28 a Abril 23 de 1977



BIBLIOTECA

40145

EDICION PRELIMINAR

8251

LIMITANTES FISIOLÓGICOS DEL RENDIMIENTO EN FRIJOL  
COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.)

8251

Douglas R Laing, Fisiólogo

INTRODUCCION

La anterior conferencia destacó algunos aspectos del crecimiento y desarrollo de Phaseolus vulgaris en los trópicos. En esta conferencia se describirán los resultados de los experimentos que demuestran factores limitantes, así como algunas conclusiones con respecto a los límites de rendimiento potencial que han sido evaluados en la investigación llevada a cabo en CIAT en 1975 y 1976. El trabajo en esta sección se concentró más que todo en la variedad de tipo II, Porrillo Sintético (P566). Esta variedad fue seleccionada por su amplia adaptación, buen potencial de rendimiento (2.2-2.8 ton/ha) en muchos ensayos en CIAT y otras localidades en latitudes tropicales. La razón por la cual se seleccionó una variedad fue permitir llevar a cabo una extensa investigación que produjera un mejor entendimiento de los principios de formación de rendimiento antes de evaluar otras variedades en una forma similar pero con menos tratamientos y manipulaciones.

Los experimentos cubren tratamientos ya sea que aumentan o disminuyen la provisión de fotosintatos durante periodos específicos del crecimiento. De esta forma se puede evaluar el proceso del rendimiento más limitante al potencial de rendimiento. El proceso de rendimiento es definido como una formación subsiguiente de componentes de rendimiento, o sea: formación de nudos, floración, formación de vainas, llenado de semillas.

## CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE PORRILLO SINTETICO

Se llevaron a cabo dos experimentos en 1975 en los semestres A y B para estudiar el crecimiento y desarrollo de esta variedad durante dos épocas de la misma forma como fue descrita para las cuatro variedades en el informe anterior. El rendimiento final y los componentes de rendimiento para P566 se observan en la Tabla 1. El índice de rendimiento entre los dos semestres es típico de la variación del rendimiento a veces medida en esta variedad en CIAT bajo condiciones de irrigación, fertilización y protección. Sería útil considerar las razones por las cuales se exhibió esta variación en el rendimiento. Los componentes de rendimiento que muestran el cambio más grande entre épocas es granos/vaina. No hubo cambio en vainas/m<sup>2</sup> y en tamaño de grano. La población de plantas (30/m<sup>2</sup>) fue idéntica. El número de nudos medido a tiempo de madurez no fue diferente. El porcentaje de rendimiento de las ramas fue más alto en el semestre A. El crecimiento de los dos cultivos para todo el ciclo de crecimiento se observa en las Figuras 1 y 2. El índice de área foliar fue muy similar a pesar de que la producción total de materia seca y el crecimiento de grano fueron más altos en el semestre B. La producción de nudos y la producción final de vainas fueron similares a pesar de que el Semestre B mantuvo su número de nudos un poco más alto que el máximo antes de disminuir al mismo valor a la cosecha.

El verdadero factor asociado con la variación en el rendimiento en este trabajo parece ser volcamiento, lo cual ocurrió en el Semestre A pero en ningún caso en el B. El volcamiento justo después de floración no redujo el número de vainas en A pero afectó el número de granos que se colocó en las vainas. Granos por vaina es el próximo componente de rendimiento en las series seguidas después de que se han formado las vainas. Por lo tanto, la efi-

Tabla 1 Parámetros de rendimiento y cosecha final asociada para cv de Porrillo Sintético en experimento de análisis de crecimiento en dos semestres en CIAT

Parámetro	A	B	
Rendimiento, t/ha, (14% humedad)	2 28	2 71	(119) <sup>1</sup>
Pendimiento, g/m <sup>2</sup> , (peso seco)	195 85	232 89	(119)
Tamaño grano, mg/grano	191 00	191 00	(100)
Índice de cosecha, (%)	0.57	0 62	(109)
<sup>2</sup> Materia seca total, g/m <sup>2</sup>	342 60	376 70	(110)
Peso tallo, g/m <sup>2</sup>	81 70	82 20	(101)
Peso vaina vacía, g/m <sup>2</sup>	65 00	61 50	( 94)
Número nudos/m <sup>2</sup>	410 00	421 70	(103)
Número Pacimos/m <sup>2</sup>	111 80	118 30	(106)
Número vainas /m <sup>2</sup>	210 40	205 50	( 98)
Altura tallo, cm <sup>2</sup>	71 86	87 18	(121)
Peso raíz, g/m <sup>2</sup>	17 95	16 66	( 93)
Número granos/vaina	4 87	5 93	(122)
Rendimiento granos/vaina, g	0 93	1 13	(122)
Porcentaje rendimiento en ramas, %	22 60	12 0	

<sup>1</sup> Porcentaje de 1975A

<sup>2</sup> Materia seca por encima del suelo al momento de madurez, sin incluir peciolo ni hojas

Experimento 7503-Porrillo Sintético

● Semestre A

○ Semestre B

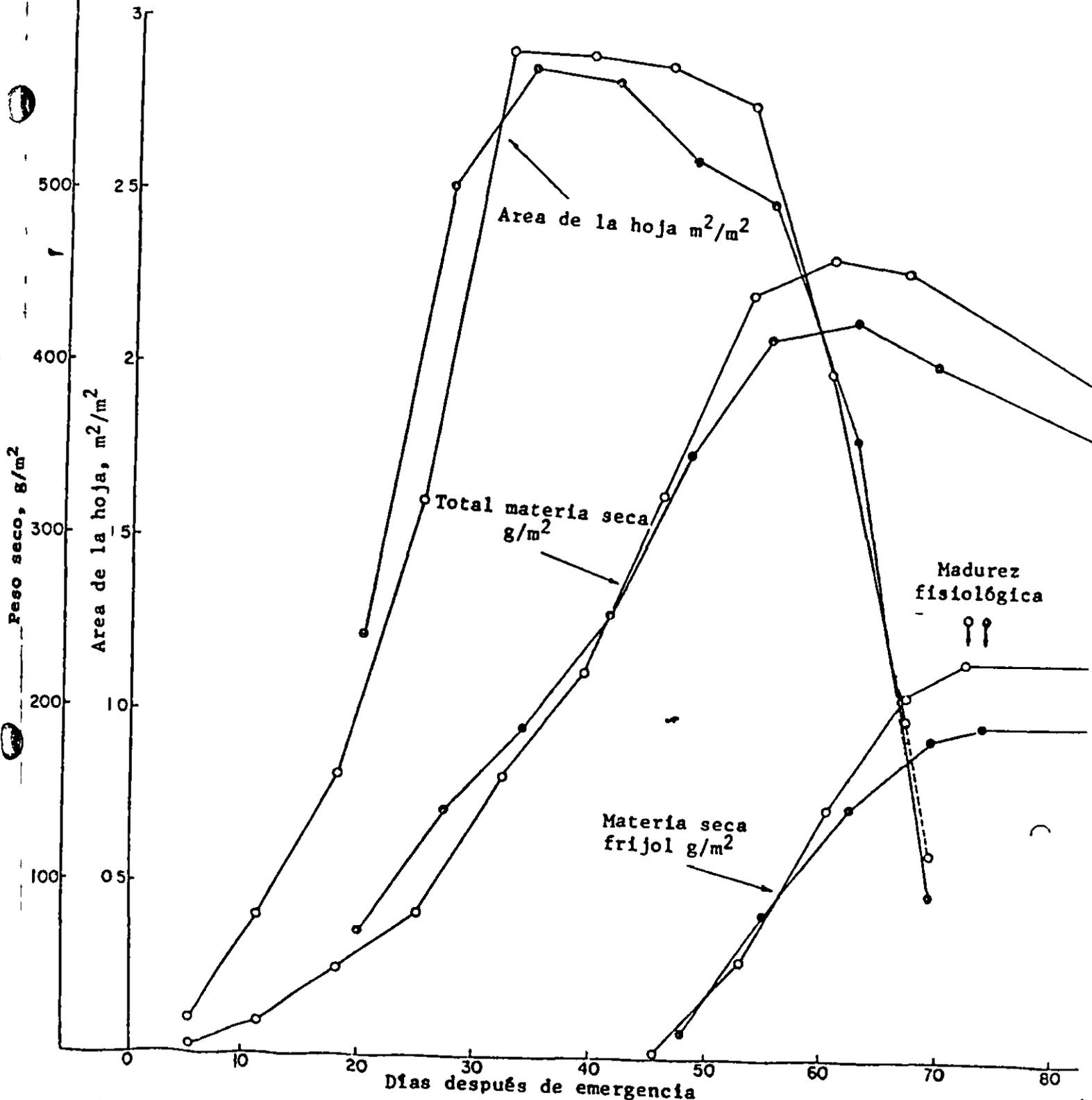


Figura 1 Parámetros claves para Porrillo Sintético en experimentos de análisis de crecimiento, 1975A y B

Experimento 7503, Porrillo Sintético

- Semestre A
- Semestre B

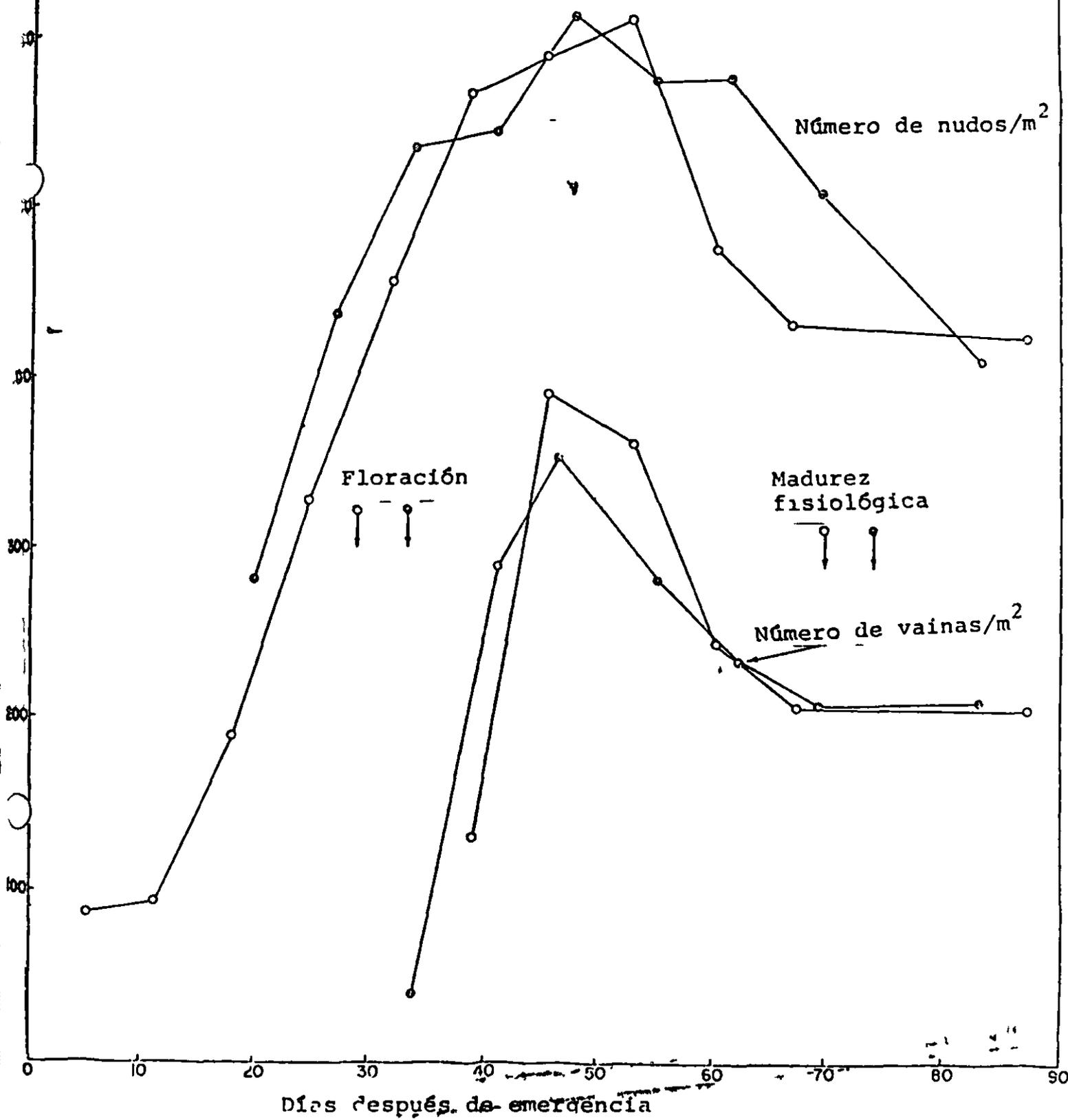


Figura 2 Parámetros claves para Porrillo Sintético en experimentos de análisis de crecimiento en 1975A y B

reducida de la copa debido a volcamiento, lo cual causa disminución de la penetración de la luz, resultó en una disminución de fotosintatos durante el período cuando el número de granos por vaina estaba siendo determinado. Debido a esto la habilidad de un cultivo para resistir el volcamiento es un carácter de gran importancia en la influencia de niveles de rendimiento.

Se llevó a cabo un experimento para ensayar el efecto del volcamiento en 1975B. El cultivo se le colocó soportes con alambre hasta el día en el cual se creó artificialmente el volcamiento, volcando las plantas suavemente con un poste de g. adua. El volcamiento se llevó a cabo a intervalos semanales comenzando nueve días antes de floración. Los resultados del rendimiento se observan en la Figura 3. Las parcelas de control con soportes artificiales rindieron 2.65 ton/ha mientras que las que volcaron en forma natural rindieron 2.42 ton/ha. La depresión en rendimiento para el tratamiento con volcamiento artificial dependió de la etapa de desarrollo. El volcamiento 12 días después de la floración redujo el rendimiento a 2.18 ton/ha. Los datos sugieren que el período de pos-floración es el más crítico con respecto a volcamiento particularmente cuando el número final de vainas y granos por vaina están siendo determinados. La resistencia al volcamiento por lo menos hasta el período de 20 días después de floración parece ser crítico al determinar el rendimiento de frijol en esta variedad erecta en el grupo de tipo II. Esta conclusión también se aplica probablemente a otros tipos erectos. Ya que las variedades postradas de tipo III no exhiben volcamiento repentino, puede ser razonable asumir que la resistencia al volcamiento por se no se aplica en estos tipos.

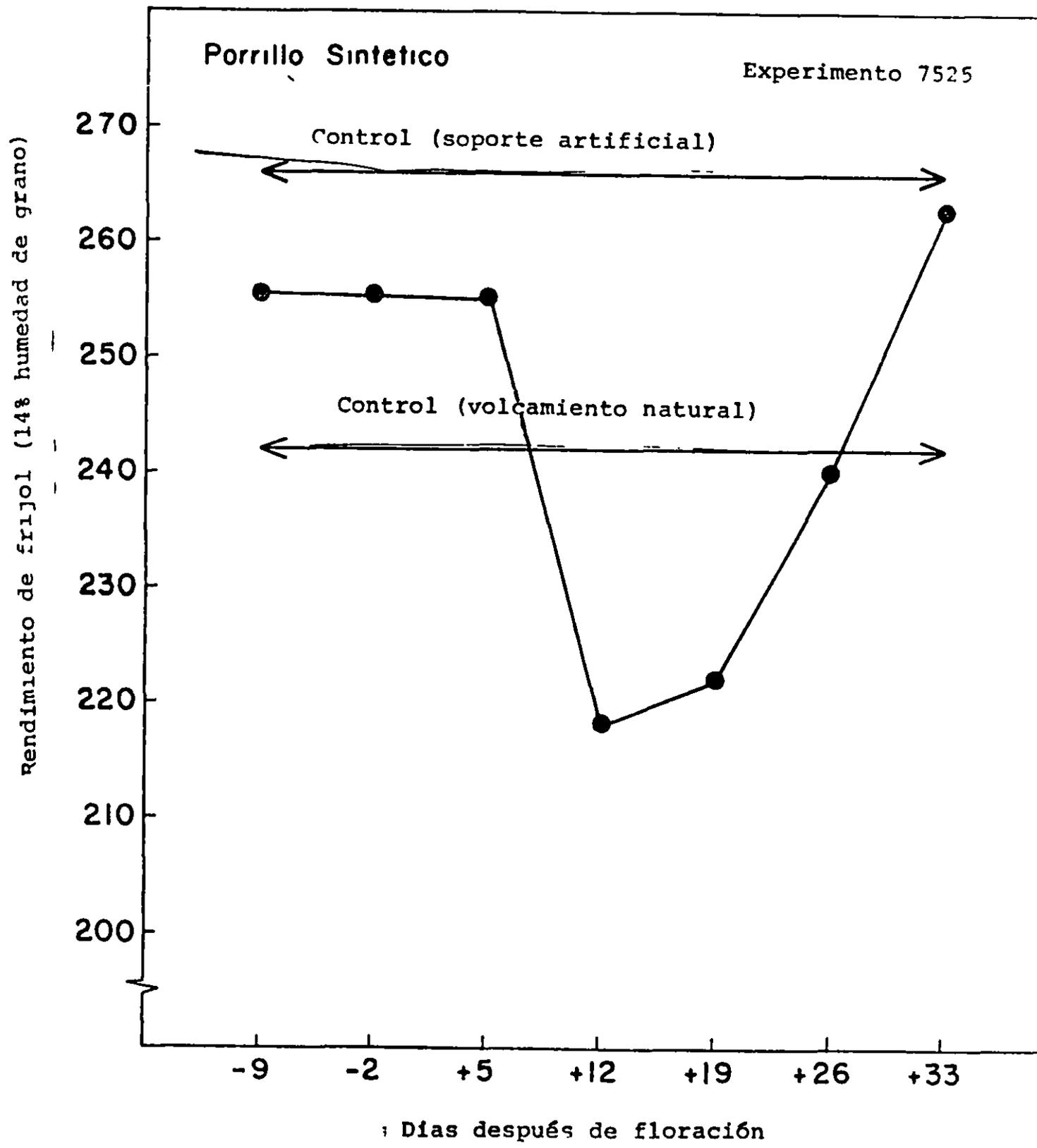


Figura 3 Efecto del volcamiento artificial sobre el rendimiento de Porrillo Sintetico en relación al volcamiento natural y l con soportes artificiales tc

## EFECTO DE LAS SOMBRAS E. FL RENDIMIENTO

Un experimento diseñado para disminuir la disponibilidad de fotosintatos en la planta durante etapas específicas de crecimiento fue llevado a cabo en 1976A con P566 Sombras hechas de fibra de vidrio mallas para insectos (2 capas), dando aproximadamente 56% de intercepción de radiación solar, fueron colocadas sobre el cultivo a intervalos semanales comenzando 20 días antes de la floración. Los resultados son presentados en la Figura 4. Los datos de rendimiento (columna A en la tabla) muestran un aumento significativo en rendimiento comenzando un día después de floración. Las vainas/m<sup>2</sup> se redujeron en esta etapa de crecimiento. 15 días después de floración el rendimiento también se redujo pero en este caso el componente de rendimiento primario más afectado fue el número de granos maduros por vaina. 22 días después de floración la aplicación de sombra durante una semana redujo el tamaño de grano (mg/grano) y hasta cierto punto el rendimiento. Por lo tanto, una disminución de fotosintatos en cada etapa afectó el componente de rendimiento que se estaba formando en esa etapa. De nuevo, podemos observar una ilustración de formación subsiguiente de componentes de rendimiento.

También se llevó a cabo un experimento para evaluar este efecto en otras variedades de hábitos de crecimiento I, II y III. Las sombras (37% de intercepción) fueron aplicadas durante intervalos de dos semanas comenzando 28 días antes de la floración. Los resultados del rendimiento se observan en la Figura 5. Todas las variedades se redujeron en rendimiento al efectuar sombras a partir del día 0 (floración). Los porcentajes de reducción en rendimiento fueron mayores en algunas variedades sugiriendo que existe variación en este material para resistencia a abscisión de vainas cuando falta el suministro de fotosintatos. Esto podría ser de suma importancia en cultivos asociados donde el maíz pro-

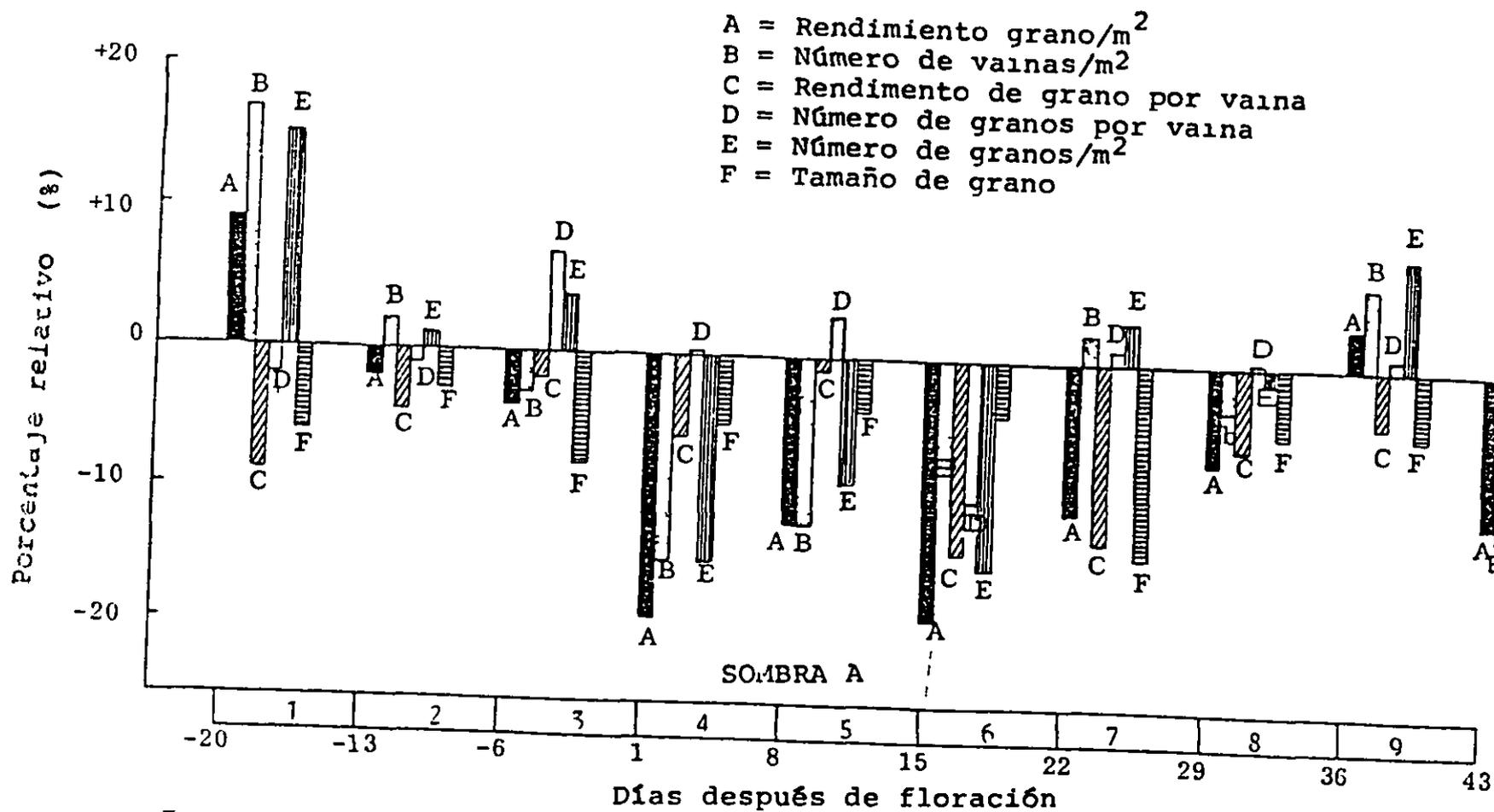


Figura 4 Efecto de las sombras en diferentes etapas del rendimiento y componentes de rendimiento de Porrillo Sintetico los datos expresados como valores relativos (lote de control 100%)

Experimento 7540

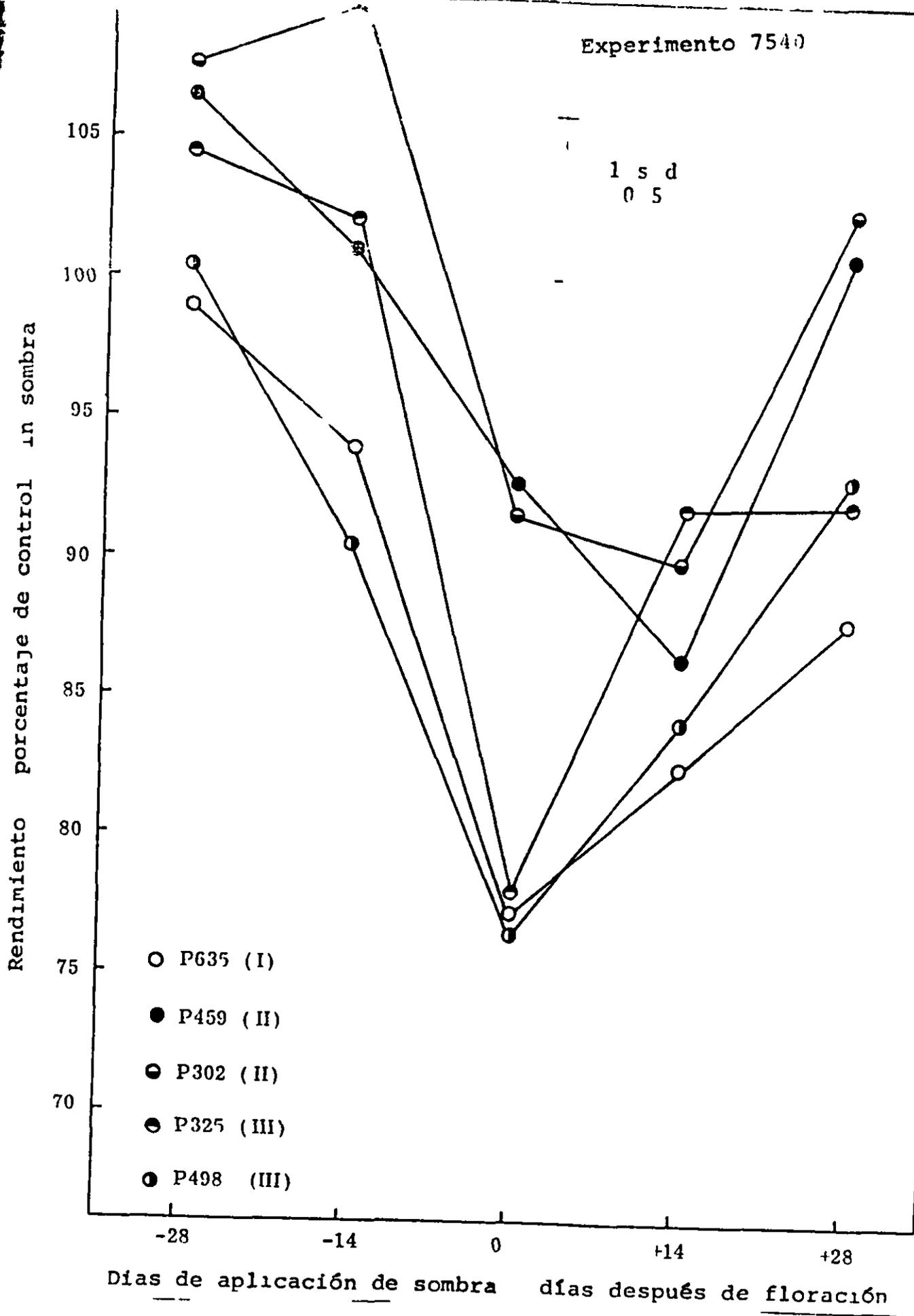


Figura 5 Efecto de sombra en cinco etapas de crecimiento de cinco variedades en 1975B.

vee gran competencia para la luz. En todos los casos la reducción en rendimiento se relaciona en gran parte con la reducción en formación de vainas, o sea, aumentó en abscisión de flores y pequeñas vainas.

### EFFECTO DE BIOXIDO DE CARBONO EN LA FERTILIZACION DEL AIRE

La fertilización del bioxido de carbono del aire provee un instrumento experimental muy útil para aumentar la cantidad de fotosintatos en la planta en etapas específicas de crecimiento. Una concentración mayor de CO<sub>2</sub> (1200 ppm comparado a 300 ppm que es lo normal) permite que la planta fotosintetice a un índice mayor. Esto se logró al proporcionar CO<sub>2</sub> al aire en cámaras (1m x 1m), las cuales fueron ventiladas con aire utilizando un ventilador. El rendimiento de las cámaras con CO<sub>2</sub> se comparó con las cámaras que solo recibieron niveles normales de CO<sub>2</sub>. Los resultados de un experimento, donde se agregó CO<sub>2</sub> por períodos de 10 días comenzando dos días antes de floración, se observan en la Tabla 2. El mayor aumento en rendimiento ocurrió a -2 a +8 días y esto se asoció con un aumento similar en formación de vainas. Por lo tanto, un suministro de fotosintatos aumentados en períodos cortos reduce el número de flores y pequeñas vainas las cuales abortan.

El control de abscisión de flores parece estar relacionado directamente ya sea para aumentar (fertilización de CO<sub>2</sub>) o disminuir (sombras) el suministro de fotosintatos.

Tabla 2 Respuesta<sup>1</sup> a fertilización con dióxido de carbono a cuatro etapas de crecimiento en Porrillo Sintético, 1976A

Etapa de crecimiento	Rendimiento, g/m <sup>2</sup>		No vainas/m <sup>2</sup>	
	Control	CO <sub>2</sub>	Control	CO <sub>2</sub>
-7 - +3	330	363 (110) <sup>2</sup>	267	297 (111) <sup>2</sup>
+8 - +18	297	310 (104) <sup>4</sup>	268	282 (105)
+18 - +28	272	286 (105)	253	261 (104)
+28 - +38	288	298 (103)	265	271 (102)
L S D 05	31 4		23 3	

<sup>1</sup> Promedio de 5 cámaras en control y tratamientos de CO<sub>2</sub> en cada etapa

<sup>2</sup> CO<sub>2</sub> como % de tratamiento control

<sup>3</sup> Días después de floración

<sup>4</sup> Promedio de solo tres replicaciones

## EFFECTO DEL AUMENTO DE LONGITUD DEL CICLO DE CRECIMIENTO

En la primera conferencia se mostró que variedades de ciclo más largo tienen un potencial de rendimiento más alto. Se condujo un experimento en 1976A para estudiar el efecto del aumento en la longitud de la fase de prefloración en Porrillo Sintético. Esta variedad es sensitiva al fotoperiodo, lo cual significa, en una planta de día corto, que días más largos causan una demora en floración. Se sembró P566 en parcelas normales y se aumentó la duración del día a lo largo del centro del campo con bombillos incandescentes de 300W a una altura de 3.5 m y espaciadas 7 m y colocadas sobre postes. La influencia de las luces en el tiempo de floración disminuye a cero a aprox 12-15 de las luces. El fotoperiodo provee un instrumento útil para aumentar la longitud de la fase de crecimiento. De esta forma se puede realizar un estudio sobre los efectos de la fase de crecimiento aumentada dentro del mismo antecedente genético.

Se midió el rendimiento a varias distancias de la fuente de la luz. Los resultados se observan en la Tabla 3. El periodo de prefloración aumentó de 36 días en las parcelas de control (19-20 m de la luz) a 51 días en las parcelas a una distancia de 1-2 m de la luz. El rendimiento aumentó en un 48% de 2.77 ton/ha a 4.12 ton/ha. El componente de rendimiento primario que más se afectó fue el número de vainas/m<sup>2</sup>, lo cual a su vez se asoció con un aumento de nudos vegetativos. Un aumento en la producción de nudos antes de floración significa que estos son más lugares para la producción de vainas cuando la floración tardía comienza. Se produjeron nuevas ramas pequeñas en los nudos superiores del tallo principal y estas causaron un dramático aumento en la formación de las vainas ya que había más lugar disponible para las flores. La abscisión de flores también se redujo en un 9% cerca a las luces sugiriendo que los fotosintatos disponibles aumentaron. Esto pa-

Tabla 3 Parametros de cultivo para cv Porrillo Sintetico medidos a diferentes distancias desde una fuente de luz linear con un fotoperiodo de 16h 30 min

Parametro	Distancia de la fuente de luz, m			
	1-2	7-8	13-14	19-20
<sup>1</sup> Rend grano, g/m <sup>2</sup> (14%)	412	347	298	277
<sup>2</sup> Vainas/m <sup>2</sup>	314	255	214	208
Granos/vaina	5 73	5 78	5 65	5 49
Peso grano, mg/grano	197	201	210	207
<sup>3</sup> Nudos en tallo ppal /m <sup>2</sup>	520	460	407	370
<sup>3</sup> Nudos en ramas/m <sup>2</sup>	268	272	147	179
<sup>4</sup> Materia seca total, g/m <sup>2</sup>	778	646	614	532
<sup>5</sup> Indice de cosecha, %	40	50	51	54
Area foliar maxima, m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	3 95	3 76	3 01	2 66
<sup>6</sup> Dias a floración	51	43	36	36
<sup>6</sup> Dias madurez fisiologica	95	84	71	69
<sup>7</sup> Rend grano/dia, g/dia	4 04	3 81	3 22	3 64
Porcentaje rend ramas, %	82	39	18	14
<sup>8</sup> Porcentaje absición total	59	-	-	68

- <sup>1</sup> Promedio 4 replicaciones, area lote 8 m<sup>2</sup> por replicación
- <sup>2</sup> Todos los componentes de rendimiento derivados de area submuestra 1m
- <sup>3</sup> Nudos contados a madurez
- <sup>4</sup> Menos hojas y peciolo a madurez, submuestra 1 m<sup>2</sup>
- <sup>5</sup> Determinado en submuestra de 1 m<sup>2</sup>
- <sup>6</sup> Dias de emergencia planta (siembra a emergencia 7 dias)
- <sup>7</sup> Siembra a madurez fisiológica
- <sup>8</sup> Porcentaje total de flores en 8 plantas por tratamiento

rece deberse al aumento en el relativo índice de área foliar de 2.66 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> a 3.96 cerca a la luz. El índice de cosecha se redujo un poco cerca a la luz sugiriendo que el cultivo produjo un crecimiento vegetativo excesivo en el tiempo extra disponible.

Este experimento muestra por lo tanto una evidencia muy importante que sugiere que un aumento en la longitud del ciclo vegetativo puede aumentar en gran parte el rendimiento.

En algunos sistemas agropecuarios un periodo más largo no fue posible debido a la disminución de lluvias al final de la época de crecimiento, o sea las siembras de frijol de octubre en América Central. Sin embargo, muchas áreas de producción no utilizan toda la época de lluvias disponible. En esos casos, una variedad tardía de frijol parece ser la forma más apropiada para aumentar el potencial de rendimiento. La resistencia al volcamiento será crítica en esta situación ya que las plantas serán más grandes y por lo tanto más susceptibles al volcamiento.

#### EFFECTO DEL SOPORTE DE COPAS EN PORRILLO SINTETICO

La necesidad de tener un tallo principal más fuerte parece ser crítica para aumentos en rendimiento para mejoramiento en el futuro. Se llevó a cabo un experimento en 1976A para demostrar el efecto de sembrar P566 en un sistema de soportes. Se utilizaron tres tratamientos:

- 1) Cultivo normal con volcamiento normal
- 2) Cultivo sostenido por dos alambres horizontales
- 3) Cultivo sostenido por un enrejado vertical de cuerda

P566 muestra una debil capacidad para trepar en los sopor-  
tes El cultivo fue permitido a crecer más alto por medio de  
soporte artificial Se aumentó el rendimiento en un 28%, de  
2 77 ton/ha a 3 55 ton/ha (cultivo normal 1) y cultivo soste-  
nido, respectivamente) Una comparación de rasgos de este ex-  
perimento se observan en la Figura 6

El cultivo creció 140 cm en soportes comparado con una  
altura maxima prevolamiento de 63 cm en las parcelas de control  
El area foliar máxima no cambió Se produjeron nuevas hojas en  
los nudos superiores del tallo principal y mantuvieron un area  
foliar más alto durante el periodo de pos-floración El número  
de nudos tambien aumentó Los resultados sugieren que un aumen-  
to considerable podría ser alcanzado simplemente desarrollando  
tipos de frijol con una capacidad de mantener erecto el tallo  
a través del periodo de pos-floración

#### RESPUESTA A LA DENSIDAD DE PLANTA

Se llevó a cabo un experimento para estudiar el efecto de  
aumentar la densidad de plantas en variedades de los tres grupos  
de habito (I, II, III) Los resultados se presentan en la Figura  
7 P498, tipo III y con extensa formación de ramas virtualmente  
no mostró respuesta del rendimiento a la densidad Las ramas  
compensaron la baja densidad de 6 plantas/m<sup>2</sup> el cultivo logró un  
rendimiento de más de 3 ton/ha Las variedades en el tipo II  
mostraron una gran respuesta a la densidad aumentada, lo cual  
parece deberse al bajo grado de desarrollo de ramas P498 tiene  
aproximadamente el 80-90% de su rendimiento localizado en las  
ramas a densidades bajas de planta Esto disminuye a altas den-  
sidades de planta debido a competencia lo cual reduce el tamaño

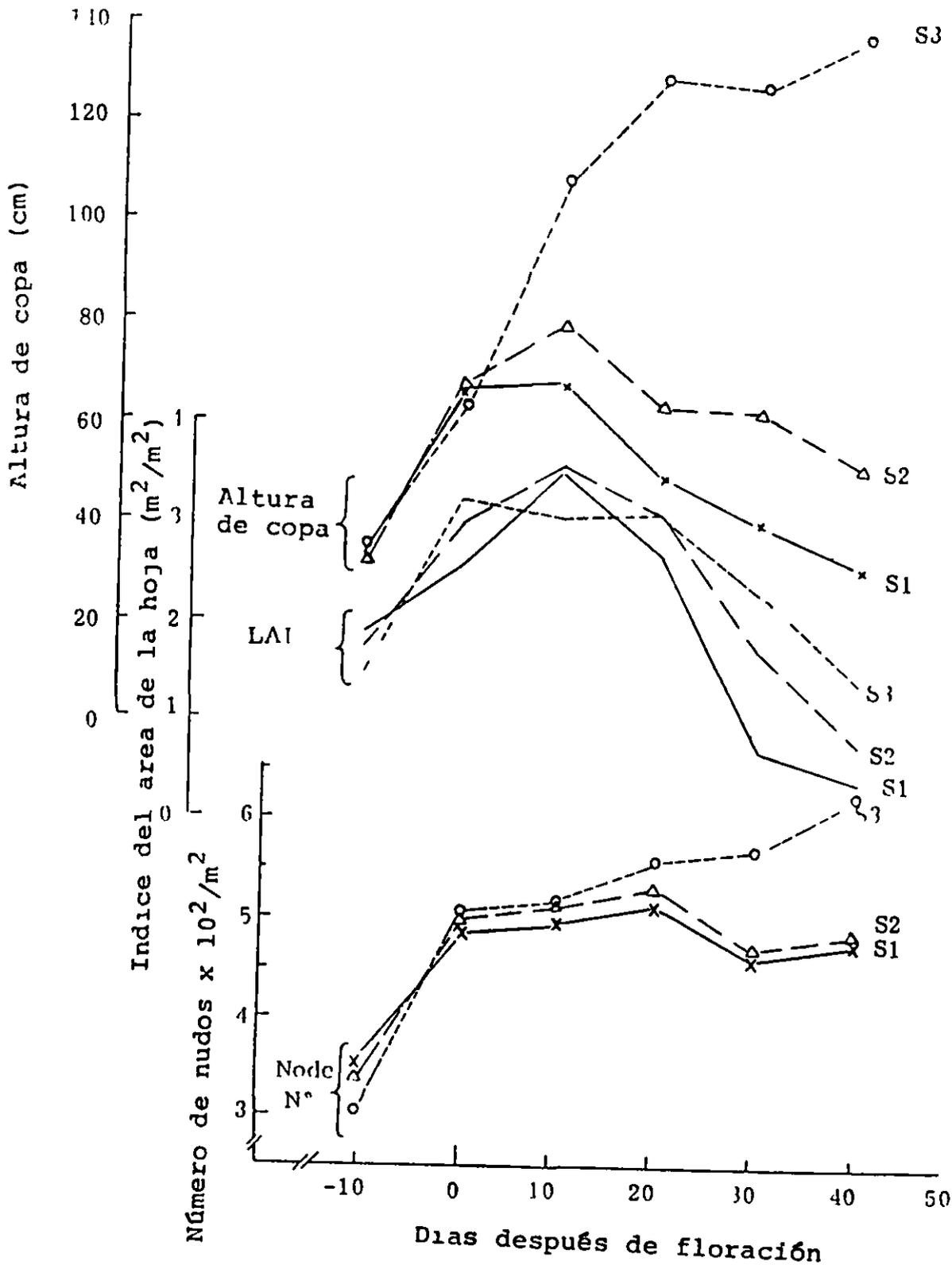


Figura 6 Altura de copa, LAI y número total de nudos en tres sistemas de soporte (S1, S2, S3) en diferentes etapas de desarrollo de Porrillo Sintético.

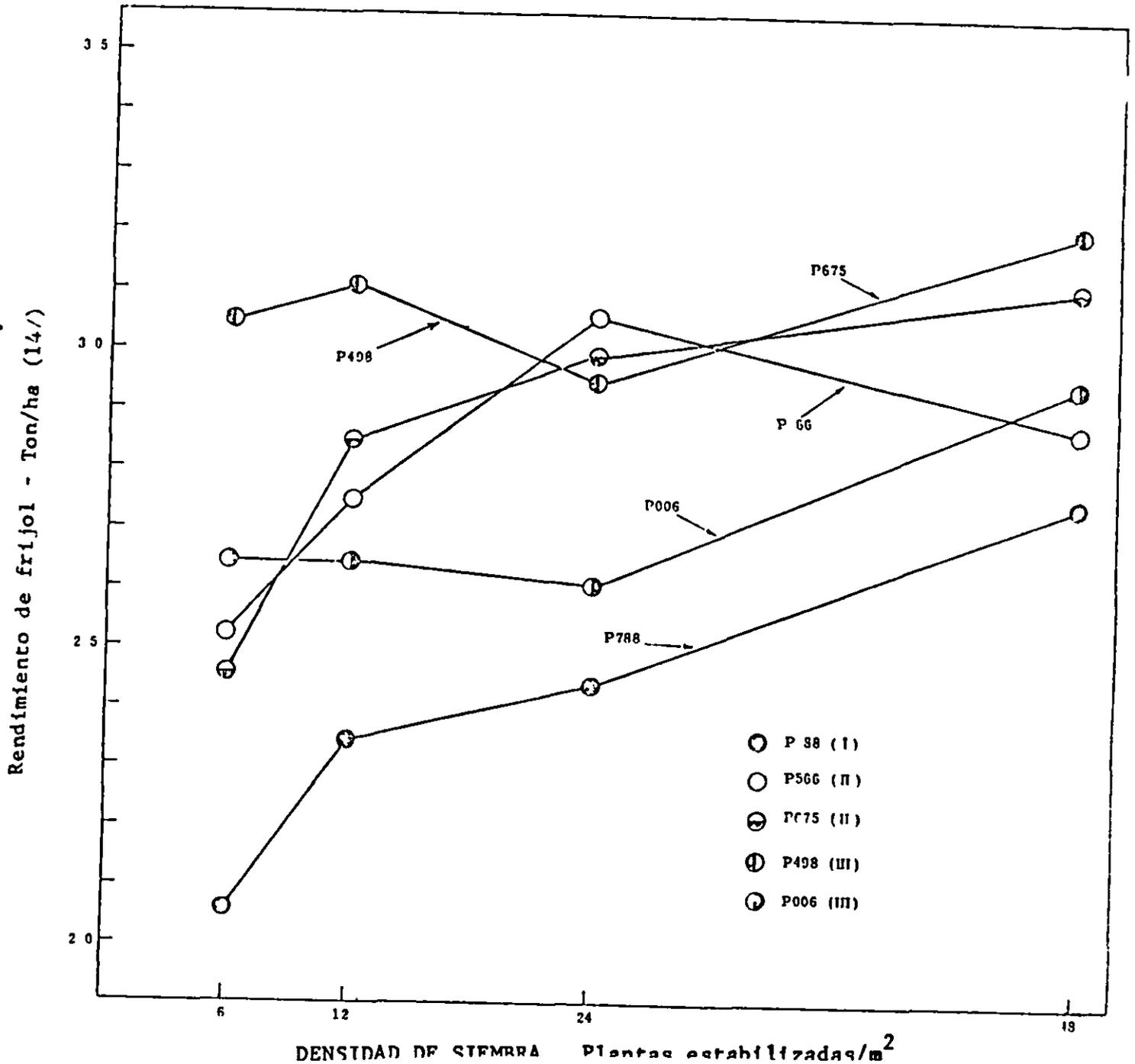


Figura 7 Respuesta de rendimiento a densidad de planta en cinco variedades de frijol de hábitos de crecimiento I-III

de las ramas y concentran el rendimiento en el tallo principal. La habilidad que tiene una planta para compensar su baja densidad al crecer en condiciones agropecuarias donde densidades bajas e irregulares de planta son comunes. Muchas variedades locales o criollas en la producción comercial en América Latina son de este hábito de crecimiento en las ramas. Los agricultores obviamente han seleccionado un tipo que mejor se acomoda a las condiciones de cultivo.

### CONCLUSIONES

En este informe se han demostrado varios factores que controlan el potencial de rendimiento. En condiciones sub-óptimas de producción, donde la falta de agua es común o donde la fertilidad del suelo es baja, obviamente otros efectos limitarían el rendimiento. Estos efectos se están estudiando actualmente.

Los resultados sugieren formas por las cuales el rendimiento puede ser aumentado efectivamente en Phaseolus vulgaris por medio de mejoramiento. En el informe final de este curso discutiremos los aspectos del mejoramiento del cultivo, particularmente con respecto al desarrollo de ideotipos apropiados para los diversos sistemas de cultivo bajo los cuales se siembran los frijoles. La necesidad de mejorar variedades para todos los sistemas de cultivo es muy importante si logra aumentos significativos en el rendimiento.

LA C LEMENARIA

Reporte Anual, CIAT 1975 y 1976    Sistemas de Producción de  
Frijol    Fisiología    Frijol

Evans, L T    1975    Crop Physiology    Some case Histories  
Cambridge University Press, U K

Milthorpe, F L and Moorby, J    1974.    An introduction to crop  
physiology,    Cambridge University Press, U K