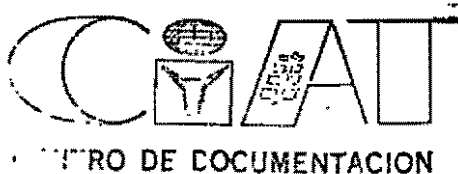


SELECCION EN GENERACIONES TEMPRANAS DE FRIJOLES VOLUBLES EN  
ASOCIACION CON MAIZ<sup>1</sup>

CIAT - Apartado Aéreo No. 6713  
Cali, Colombia S. A.



Jeremy Davis  
Susana García  
Gerardo Tejada

Teóricamente selección por caracteres cuantitativos, tales como rendimiento, debe comenzar en la generación más temprana posible, normalmente la  $F_3$  (Sneep, 1977). Sin embargo, en la práctica, la experiencia no ha sido siempre muy positiva (De Pauw y Shebeski, 1973; Knott, 1977). El problema se basa en la falta de eficiencia en los ensayos de rendimiento en las generaciones tempranas normalmente debido a la poca disponibilidad de semilla y la gran cantidad de materiales para probar. El presente trabajo tenía dos objetivos : 1/. Probar una nueva metodología para mejorar la eficiencia de los ensayos de rendimiento en  $F_3$ , a través del uso de un diseño experimental jerárquico, y 2/. Probar una nueva metodología para seleccionar el frijol en asociación con maíz, tomando en cuenta el rendimiento del maíz, así buscando mayor complementación entre los dos cultivos.

<sup>1</sup> Trabajo presentado en la XXVI Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA), Guatemala 24-28 de marzo de 1980



17 ABR. 1980

## MATERIALES Y METODOS

En el proceso rutinario de selección del frijol voluble para sistemas de asociación con maíz que se lleva a cabo en CIAT, se hacen selecciones de plantas individuales en la generación  $F_2$ , buscando siempre plantas con tipo de grano comercial, buen desarrollo y sanidad en general, bajo las condiciones de campo sin protección contra enfermedades. El grupo de plantas seleccionadas de un cruzamiento en una sola localidad forma una familia de selecciones. La semilla de cada planta seleccionada se divide en cinco partes para las siguientes pruebas en  $F_3$ : 1/. Vivero de resistencia a *Empoasca kraemei* (15 semillas) 2/. Prueba de resistencia a mosaico común (20 semillas) 3/. Prueba de resistencia a antracnosis (20 semillas) 4/. Ensayo de rendimiento en dos localidades distintas (100 semillas).

Ensayo  $F_3$  Para probar la eficiencia de los ensayos rutinarios de rendimiento se hizo una selección especial en un ensayo  $F_3$  llevado a cabo en CIAT-Palmira (altitud 1000 m., 25°C). El ensayo fue sembrado en marzo de 1979 en asociación con el maíz Suwan-1, con fecha simultánea de siembra. La parcela tenía 6 m. de largo por 1 m. de ancho con el maíz sembrado en sitios a 66 cm. de distancia, dejando 2 plantas por sitio (30.000 pl/ha.). El frijol se sembró a un lado del maíz con 25 cm. entre semillas (40.000 semillas/ha.). Se dejaron bordes de cabecera de 1 m. sin cosechar, dejando una parcela neta de 4 m<sup>2</sup>. El ensayo tenía dos repeticiones con las parcelas (líneas  $F_3$ ) agrupadas según la familia en parcelas principales. La randomización se hizo primero entre parcelas principales (familias) y después entre sub-parcelas (líneas  $F_3$ ). Había en total 49 familias en el experimento con un número variado de líneas en cada familia, y un total de 221 líneas en el ensayo. El análisis de los datos de rendimiento se hizo primero en base a los rendimientos medios de las familias (parcelas principales) y después sacando los rendimientos de las líneas individuales.

Ensayo F<sub>4</sub> Para el propósito de estudiar la eficiencia del ensayo de rendimiento en F<sub>3</sub> en un ensayo especial de F<sub>4</sub>, se hizo la selección no solamente de las mejores familias F<sub>3</sub> sino también las peores dividiendo las familias en cuatro grupos (Cuadro 1) : 1/. Rendimiento bajo de maíz y de frijol; 2/. Rendimiento alto de maíz y bajo de frijol; 3/. Rendimiento alto de ambos cultivos; 4/. Rendimiento alto de frijol y bajo de maíz.

El diseño experimental fue un látice 9 x 9 con 3 repeticiones con las líneas agrupadas de acuerdo al diseño sin tomar en cuenta su familia de origen. Había 80 líneas en total y un testigo, la variedad de frijol P 589. El maíz (variedad Suwan-1) y el frijol se sembraron a golpe, juntos en el mismo sitio, dejando una distancia de 0.66 x 1.00 m. entre sitios y sembrando cuatro granos de maíz por sitio para dejar dos plantas (30.000 pl/ha.) y sembrando seis granos de frijol por sitio (91.000 semillas/ha.). La parcela tenía 11 sitios de largo por 2 de ancho y la cosecha se hizo en los 14 sitios centrales (parcela neta = 9.2 m<sup>2</sup>).

El ensayo fue sembrado el 10 de octubre de 1979 con fertilización de 200 kg/ha. de 10-30-10 y 22.5 kg./ha. de Furadán insecticida de suelo, aplicados a golpe en el mismo sitio con la semilla. Después de la siembra se hizo una aplicación de herbicida Afalón + Preforán + Gramoxone en mezcla. No se hizo aplicación alguna para control de enfermedades en el ensayo F<sub>4</sub> ni en el ensayo F<sub>3</sub>.

## RESULTADOS

En el ensayo F<sub>3</sub>, por ser un ensayo preliminar con parcelas relativamente pequeñas, se obtuvo un valor alto del coeficiente de varianza para el rendimiento de frijol (C.V. = 35.7%) y para maíz (C.V. = 33.4%). Sin embargo, debido al diseño jerárquico se pudo separar un efecto muy signifi

cativo entre familias para rendimiento de frijol ( $F = 4.79^{***}$ ) y para rendimiento de maíz por familia ( $F = 1.99^{***}$ ), y un efecto menos significativo dentro de las familias ( $F = 1.48^*$  para frijol;  $F = 0.70$  N.S. para maíz).

Los rendimientos medios de las familias para frijol y maíz pueden apreciarse en la Figura 1, con una relación negativa ( $r = -0.3581^*$ ) entre rendimiento de frijol y maíz debido a la competencia entre los dos cultivos: más rendimiento de frijol tiende a asociarse con menos rendimiento de maíz y viceversa.

La selección se hizo en base a las familias, dividiendo la gráfica en cuatro partes: Grupo 1 (Rendimiento bajo de maíz y de frijol) = familias 22, 25, 32, 37, 43 y 44. Grupo 2 (Rendimiento alto de maíz y bajo de frijol) = familias 1, 2, 12, 34, 35. Grupo 3 (Rendimiento alto de ambos cultivos) = familias 5, 15, 18, 28, 45, 48. Grupo 4 (Rendimiento alto de frijol y bajo de maíz) = familias 10, 21, 41, 29.

En los grupos dos a cuatro la agrupación de líneas tendía a asociarse con el hábito de crecimiento del frijol (Cuadro 1): el grupo 2 se asociaba con hábito IIIB (poco vigor, ramificación en la parte inferior de la planta); el grupo 3 con el hábito IVA (vigor intermedio, poca ramificación); el grupo 4 con los hábitos IVA y IVB (mucho vigor y ramificación en la parte superior de la planta). Obviamente el grupo más deseable para producción tanto de frijol como de maíz es el grupo 3 (alta producción de ambos cultivos).

El ensayo de estas líneas en la generación siguiente ( $F_4$ ) tuvo un coeficiente de varianza ya mucho más bajo para frijol (C.V. = 13.0%) y para maíz (C.V. = 7.7%), por ser un diseño látice con más repetición y parcelas más grandes.

Los rendimientos de frijol de las familias en  $F_4$  se compararon con los rendimientos de las mismas familias en el ensayo anterior de  $F_3$  (Figura 2). Hubo una relación positiva y altamente significativa entre los rendimientos en  $F_3$  y en  $F_4$  ( $r = 0.5582^{**}$ ). Sin embargo, de las veintinueve familias en la prueba, siete de ellas no tenían sino una sola línea para representar la familia (Cuadro 2). Entre menos líneas en la familia se espera más error en la estimación de rendimiento. Este efecto puede apreciarse en la Figura 3 en donde se han sacado las familias de una sola línea, mostrando una relación ya mucho más estrecha ( $r = 0.8563^{***}$ ).

Los rendimientos de maíz en asociación con las familias en  $F_3$  y en  $F_4$  se ven en la Figura 4, también con una relación positiva y altamente significativa ( $r = 0.5934^{**}$ ). Sacando las familias de una sola línea (Figura 5) se consiguió una relación un poco más estrecha ( $r = 0.6346^*$ ).

Ya que el hábito de crecimiento del frijol en  $F_3$  se asociaba con el rendimiento tanto del frijol como del maíz, se hizo una comparación de los hábitos observados en  $F_4$  con los hábitos en  $F_3$  (Cuadro 2). Las líneas de hábito IIIB en  $F_3$  conservaban su hábito en la generación siguiente. La mayor parte de las líneas de hábito IVA también se comportaban igual en la  $F_4$ , pero algunas líneas perdieron vigor, cambiando al hábito IIIB. El caso de las líneas con hábito IVB era diferente, la mayoría de ellas cambiando al hábito IVA, demostrando una pérdida, quizás, de vigor híbrido, o una selección natural.

En el Cuadro 3 se incluyen otras características normalmente relacionadas con rendimiento de maíz y de frijol en asociación. Mirando la media de acame de tallo de maíz se observa el valor menor en el grupo 2, que eran en su mayoría de hábito IIIB (Cuadro 1). Un valor intermedio de acame se asociaba con el grupo 3 (hábito IVA) y la cifra más alta se encontraba para el grupo 4 (hábitos IVA y IVB). Este último grupo era el más tardío en promedio, y el grupo 2 el más precoz (Cuadro 3).

Los rendimientos de las líneas en  $F_4$ , de acuerdo al grupo, se muestran en el Cuadro 4. Los grupos fueron formados en base a los datos en  $F_3$ . Sin embargo se ve que los rendimientos más pobres de frijol se encuentran siempre en los grupos 1 y 2 en  $F_4$ , y los rendimientos más altos en los grupos 3 y 4.

### CONCLUSIONES

Existe una buena correlación entre los rendimientos de familias de frijol en  $F_3$  y sus rendimientos correspondientes en la generación (semestre) siguiente. Tomando en cuenta las diferencias que siempre ocurren entre semestres diferentes en cuanto al medio ambiente y el efecto de segregación en las generaciones tempranas, demuestra en efecto una alta heredabilidad de rendimiento cuando se usa la metodología del diseño jerárquico para hacer selecciones por rendimiento. La ventaja del método sobre otros métodos más tradicionales es que permite la eliminación de familias enteras de poco potencial ya en  $F_3$ , de manera que se puede concentrar el esfuerzo de selección únicamente en las familias de buen potencial en las generaciones siguientes. Las mejores líneas se encuentran siempre en las mejores familias y, por consiguiente, no vale la pena buscar más selecciones en las familias pobres.

La eficiencia de la metodología es mejor todavía si se trata de trabajar siempre con familias de más de una sola línea porque a medida que aumenta el número de líneas por familia se reduce el error experimental.

La metodología funciona no solamente para frijol, sino para evaluar la productividad de la asociación con maíz. Existen genotipos de frijol que se combinan mejor con el maíz, es decir con buena producción de frijol

sin perjudicar el maíz, y estos genotipos deseables pueden detectarse ya en la generación  $F_3$  : eran del grupo 3 en estos ensayos. Genotipos que se comportan así causan relativamente poco acame de tallo del maíz, tienen en su mayoría el hábito IVA y un período vegetativo intermedio respecto a los otros hábitos.

Para situaciones en donde existe una alta relación de precios de frijol relativo al precio de maíz, se ha mostrado en trabajos anteriores (Davis y García, 1979) que el hábito IVB puede tener una ventaja en términos económicos para la asociación a pesar de su efecto perjudicial en el maíz. Para contar con selecciones adecuadas para todas las posibles relaciones de precios, selecciones del grupo 4 (rendimiento alto de frijol y bajo de maíz) deben incluirse con las del grupo 3 para pruebas en las generaciones siguientes.

#### BIBLIOGRAFIA

- DAVIS, J.H.C. y GARCIA, S. (1979). Efectos del hábito de crecimiento en la productividad y la rentabilidad de la asociación maíz-frijol voluble. Proc. XXV Reunión Anual del PCCMCA, Tegucigalpa, Honduras, Marzo 19-23 de 1979
- De PAUW, R.M. y SHEBESKI, L.H. (1973). Una evaluación del método de pruebas de rendimiento en las generaciones tempranas en trigo (Triticum aestivum). Con. J. Plant Sci. 53, 465-470
- KNOTT, D.R. (1979). Selección por rendimiento en mejoramiento de trigo. Euphytica 28, 37-40
- SNEEP, J. (1977). Selección por rendimiento en generaciones tempranas de plantas autógamias. Euphytica 26, 27-30

Cuadro 1. FRECUENCIA DE LINEAS DE FRIJOL EN LOS CUATRO GRUPOS DE FAMILIAS SELECCIONADAS SEGUN EL HABITO DE CRECIMIENTO.

Grupo	Hábito	IIIB	IVA	IVB	Total
1. Rend. bajo F + bajo M		4	7	7	18
2. Rend. bajo F + alto M		18	7	-	25
3. Rend. alto F + alto M		4	19	-	23
4. Rend. alto F + bajo M		-	10	4	14

F = Frijol  
M = Maíz  
IIIB = Poco vigor, ramificación en la parte inferior de la planta

IVA = Vigor intermedio, poca ramificación  
IVB = Mucho vigor, ramificación en la parte superior de la planta



Cuadro 2. FRECUENCIAS DE CAMBIOS DE HABITO DE CRECIMIENTO F<sub>3</sub>/F<sub>4</sub>

<u>Cambio F<sub>3</sub> / F<sub>4</sub></u>	<u>Número de líneas</u>	<u>%</u>
IIIB/IIIB	22	28
IIIB/IVA	4	5
IIIB/IVB	0	0
IVA/IIIB	10	13
IVA/IVA	33	41
IVA/IVB	0	0
IVB/IIIB	0	0
IVB/IVA	10	13
IVB/IVB	1	1
Total	80	100

Cuadro 3. RESULTADOS ADICIONALES SOBRE MAIZ Y FRIJOL DEL ENSAYO F<sub>4</sub>

Grupo	Familia	N	Acame de Tallo %		Días a Floración	Días a Madurez Fisiológica
			MAIZ	FRIJOL	FRIJOL	
1	22	6	5.5	36	76	
	25	3	6.4	37	88	
	32	3	5.4	37	77	
	37	4	3.6	37	77	
	43	1	7.1	43	91	
	44	1	3.6	34	76	
	Media		5.2	37	79	
2	1	12	1.1	35	78	
	2	7	1.8	35	79	
	12	4	0.9	38	74	
	34	1	10.7	38	77	
	35	1	0.0	35	75	
	Media		1.6	36	77	
3	5	9	8.0	38	82	
	15	5	3.2	36	77	
	18	5	0.7	35	77	
	28	2	10.1	38	83	
	45	1	0.0	43	79	
	48	1	1.8	37	73	
	Media		4.9	37	79	
4	10	7	6.2	38	80	
	21	2	15.2	39	82	
	41	1	8.9	38	76	
	29	4	14.4	39	83	
	Media		10.0	38	81	

Grupo 1 = Rendimiento bajo de maíz y de frijol

Grupo 2 = Rendimiento alto de maíz y bajo de frijol

Grupo 3 = Rendimiento alto de ambos cultivos

Grupo 4 = Rendimiento alto de frijol y bajo de maíz

N = Número de líneas en la familia

Cuadro 4. FRECUENCIAS DE LINEAS F<sub>4</sub> EN CADA GRUPO SELECCIONADO EN F<sub>3</sub>  
CON LOS RENDIMIENTOS DE FRIJOL INDICIADOS.

Rendimiento Kg/Ha.	≤600	> 600 ≤800	> 800 ≤1000	>1000	
Grupo 1	6	11	1	0	
Grupo 2	18	6	1	0	
Grupo 3	3	8	10	2	
Grupo 4	0	4	5	5	
Total	27	29	17	7	80

Grupo 1 = Rendimiento bajo de maíz y de frijol  
 Grupo 2 = Rendimiento alto de maíz y bajo de frijol  
 Grupo 3 = Rendimiento alto de ambos cultivos  
 Grupo 4 = Rendimiento alto de frijol y bajo de maíz

Figura 1.

MFV-7906. RENDIMIENTOS DE 49 FAMILIAS DE LINEAS F<sub>3</sub> DE FRIJOL VOLUBLE EN ASOCIACION CON MAIZ, SUWAN-1.

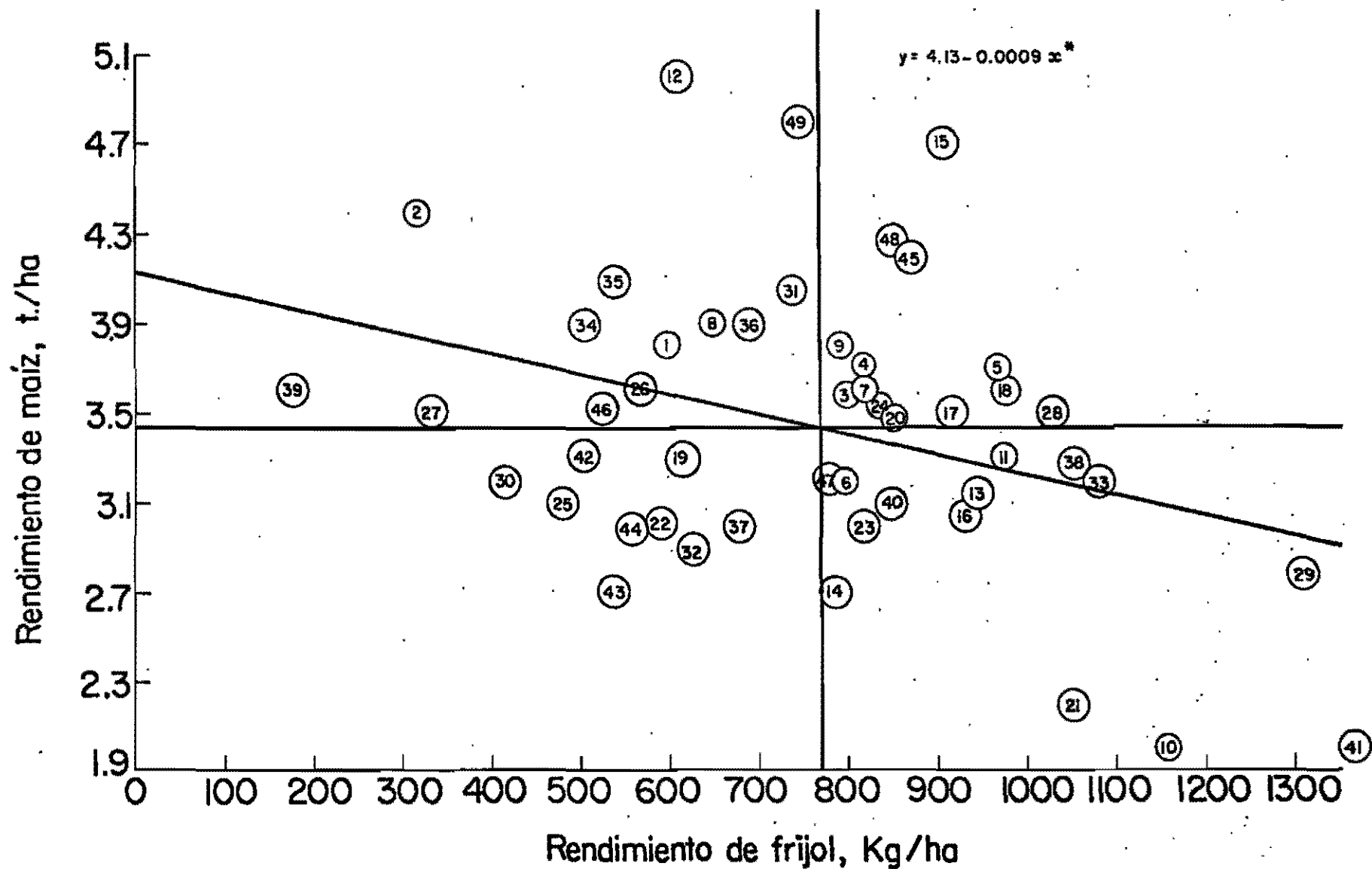


Figura 2.

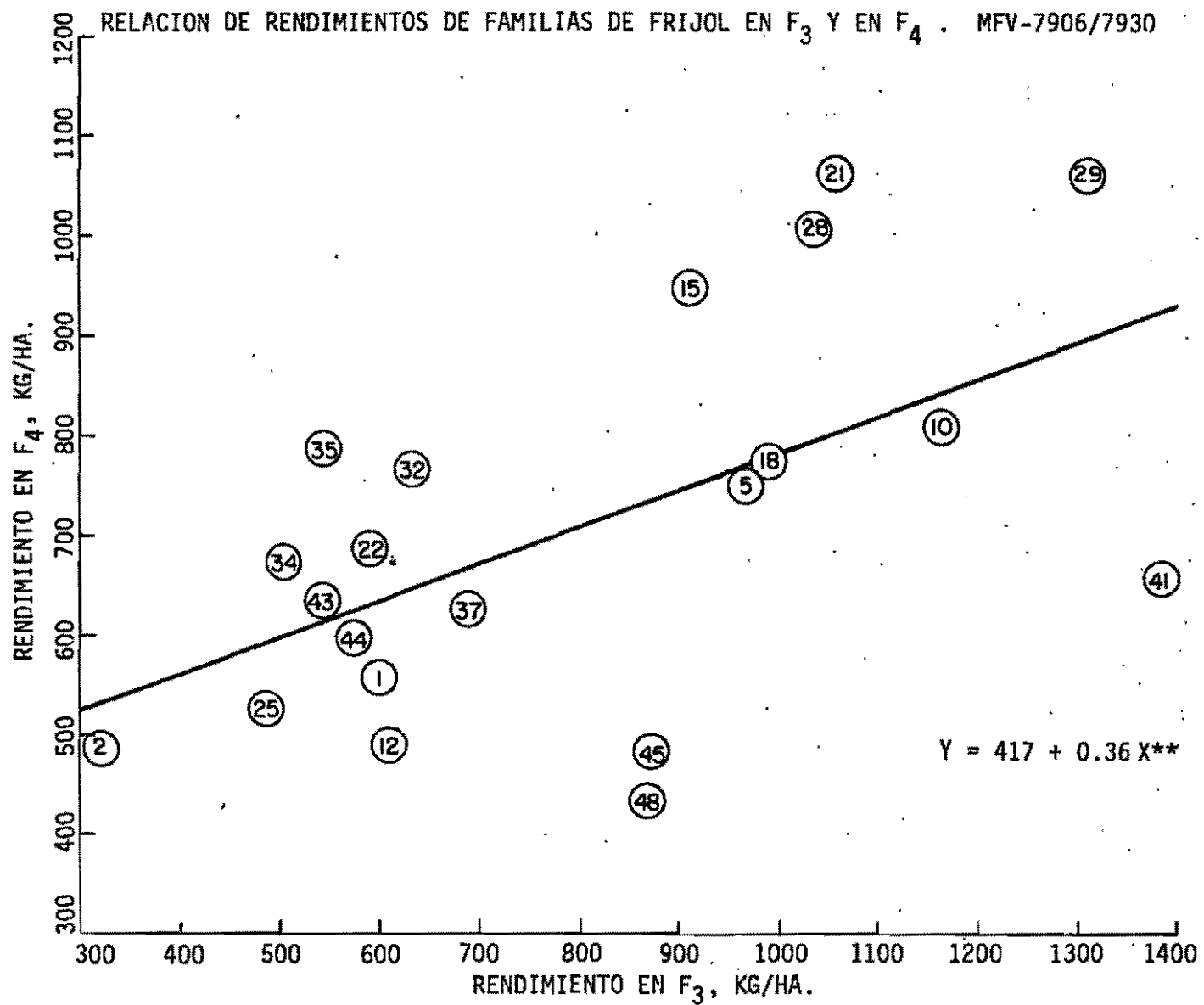


Figura 3.

RELACION DE RENDIMIENTOS DE FAMILIAS DE DOS O MAS LINEAS SELECCIONADAS EN F<sub>3</sub> Y EN F<sub>4</sub>

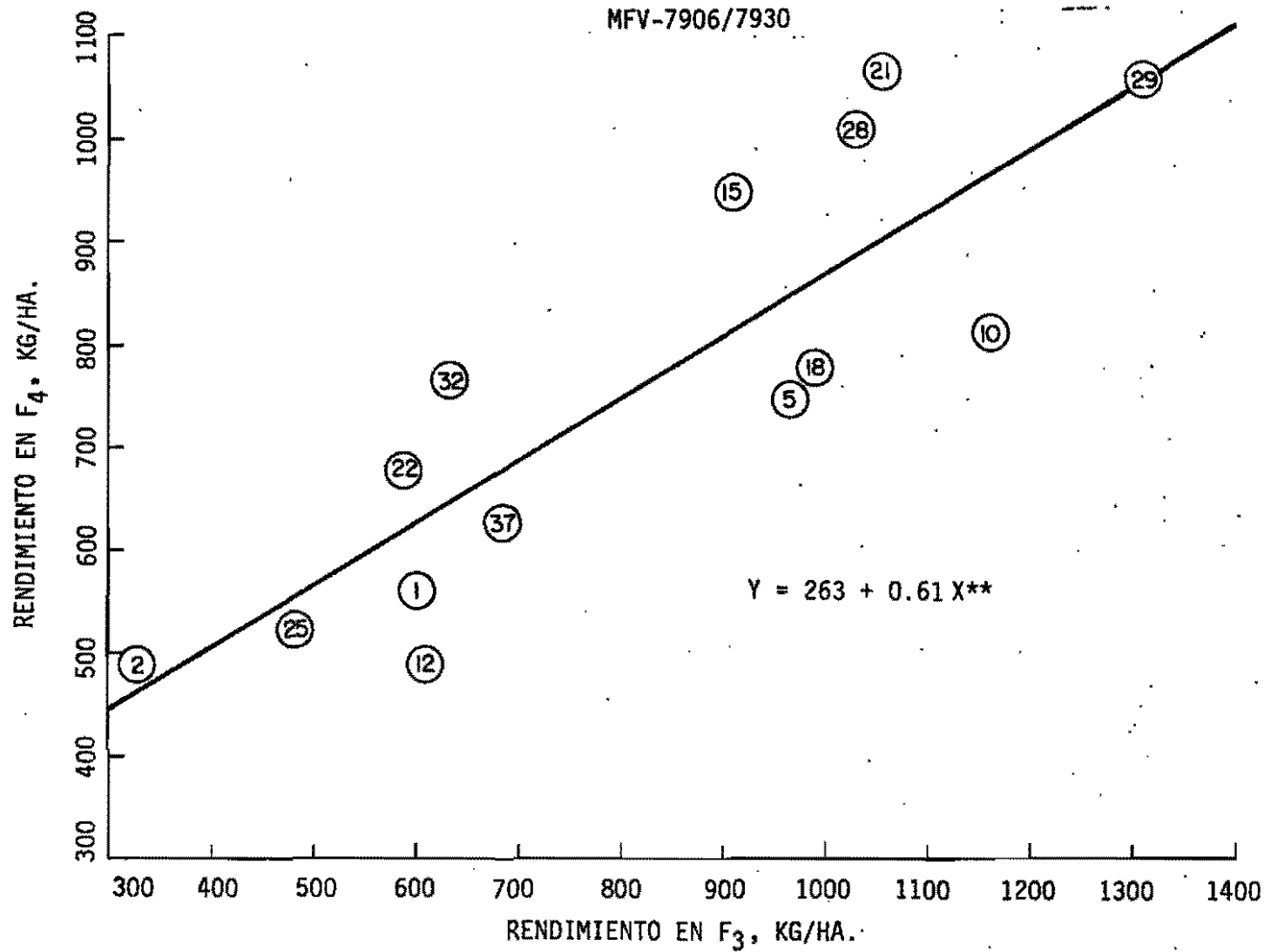


Figura 4.

RELACION DE RENDIMIENTOS DE MAIZ EN ASOCIACION CON FAMILIAS DE FRIJOL  
EN F<sub>3</sub> Y EN F<sub>4</sub> MFV-7906 / 7930

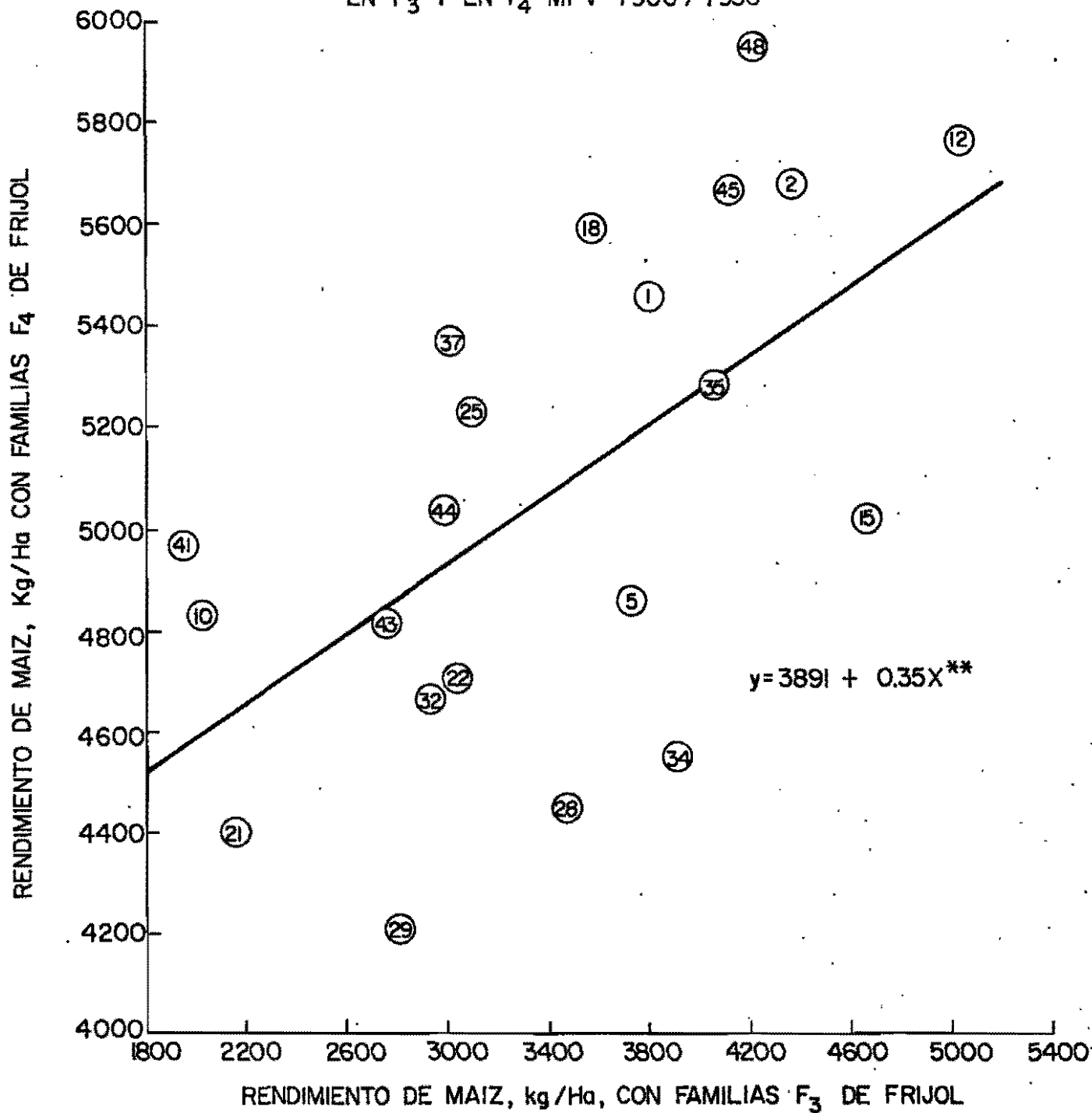


Figura 5.

RELACION DE RENDIMIENTOS DE MAIZ EN ASOCIACION CON FAMILIAS DE FRIJOL DE DOS O MAS LINEAS SELECCIONADAS EN F<sub>3</sub> Y EN F<sub>4</sub>, MFV-7906 / 7930

