

16.929

COMPENDIO



" Mejoramiento de frijoles volubles para sistemas de siembra de asociación con maíz "

16929

J. H. C. Davis\*

El maíz y los frijoles volubles son tradicionalmente sembrados juntos en asociación en las Sierras de Latino-América, por encima de alrededor de 1500 m. El sistema ha demostrado tener una serie de ventajas en términos de: reducida incidencia de ciertas plagas y enfermedades; menor acame de la raíz del maíz y menos riesgo para el agricultor.

Se están estudiando los tipos de planta de los frijoles volubles y de maíz para asociación. Los rendimientos de maíz y frijol están generalmente relacionados negativamente, y se ha encontrado que el rendimiento de genotipos de maíces altos no es tan grandemente afectado por los frijoles como lo son los maíces bajos. El acame de la raíz de un maíz de genotipo alto es reducido grandemente en asociación. El acame del tallo de maíces cortos puede suceder debido a un crecimiento muy vigoroso de algunas variedades de frijol voluble. Variedades de frijol muy vigorosas no pueden alcanzar su propio potencial de rendimiento con maíces bajos debido a la falta de soporte.

Para ensayos de rendimiento de materiales de mejoramiento de frijoles volubles, ya sea relevo o asociación directa con maíz es mucho menos costoso que el monocultivo, como también es el más representativo de los sistemas utilizados más ampliamente por los agricultores. Los rendimientos de los genotipos de frijol en asociación son generalmente más bajos y menos diferentes significativamente que en monocultivo, pero con un manejo adecuado de tamaño de parcela y efectos de bordes se cree que el rendimiento de ensayos de frijol voluble se conducen mejor en asociación y con evaluación en términos económicos.

\* Agrónomo post-doctorado en el programa de frijol del CIAT.  
Apartado Aéreo 67-13, Cali, Colombia.

Documento presentado en la XXIV Reunión del PGGMCA. San Salvador, 10-14 de Mayo de 1978.



BIBLIOTECA

12 FEB. 1978

## INTRODUCCION

Ya que los frijoles son ampliamente cultivados en los trópicos en asociación con otros cultivos, especialmente maíz, los objetivos de mejoramiento deben ser modificados para sistemas de siembra específicos. Frijoles arbustivos son mucho más ampliamente cultivados en monocultivo que los volubles, y Francis *et al.* (1978) indicaron que el monocultivo era el mejor sistema para selección de frijoles arbustivos en un programa de mejoramiento en vista de la interacción insignificante de genotipos por sistemas de siembra. Los frijoles volubles son ampliamente sembrados en las tierras altas de Latinoamérica y requieren soporte, el cual es proporcionado más que todo por maíz, ya sea en sistema de relevo o en directa asociación. Los tutores artificiales se utilizan en algunas áreas, aunque usualmente en asociación con otros cultivos como arracacha (*Arracacia esculenta*) o papas. El objetivo de este trabajo es examinar las metodologías y objetivos de mejoramiento para los frijoles volubles en el campo de intensa competencia con maíz.

## TIPO DE PLANTA

Variedades de frijol voluble en monocultivo pueden dividirse en tres tipos, en la clasificación básica de hábitos de crecimiento de CIAT.

Tipo 4b.- Trepador vigoroso, más de 2 m. de alto, relativamente poca ramificación y carga de vainas más que todo en la parte alta de la planta.

Tipo 4a.- Trepador, 1.5-2.0 m. de alto, relativamente poca ramificación y la carga de las vainas repartida a todo lo largo de la planta.

Tipo 3b.- Trepador facultativo, menos de 1.5 m. de altura, considerable baja ramificación, y carga de vainas principalmente hacia la parte baja de la planta.

Para asociación directa con maíz (siembra simultánea), se cree que el tipo 4b. va mejor con un maíz alto, de maduración tardía, y el tipo 3b. en el lado opuesto de la escala, con un maíz corto de maduración precoz. La evidencia de esta propocición será examinada ahora. Los resultados de dos ensayos de rendimiento de 36 variedades de frijol voluble en asociación con un híbrido de maíz en CIAT, Palmira, (cuadro 1) indican que el rendimiento de maíz estuvo negativamente correlacionado con los rendimientos de las variedades de frijol. Pero más significativos fueron las correlaciones negativas con la altura del

fríjol. En este caso el híbrido de maíz fué un braquíptico bajo cuyo rendimiento fué agudamente reducido por los fríjoles volubles vigorosos trepadores (tipo 4b).

En otro ensayo de 20 genotipos de maíz y una variedad de fríjol voluble (P589), la relación entre rendimientos de maíz y fríjol fué menos directa (Figura 1). Los más bajos rendimientos en fríjol fueron obtenidos con los más bajos rendimientos de los maíces, los cuales eran bajos de tipo precoz (e.j. Kamuchasain). Rendimientos pobres de fríjol fueron también obtenidos con los maíces de más altos rendimientos, los cuales eran altos de tipo tardío (e.j. Mezcla Tropical Blanco, La Posta). Los más altos rendimientos del fríjol, que era tipo intermedio con hábito de crecimiento 4a., fueron alcanzados con el rendimiento intermedio de los maíces.

Para el mismo ensayo, la figura 2 demuestra que la reducción en el rendimiento de el maíz ocasionada por la variedad de fríjol voluble fué significativamente correlacionada con la altura del maíz. En general, maíces altos sufren muy poca reducción en su rendimiento como resultado de competencia con fríjol. Para el mismo resultado para ser alcanzado con maíces precoces y bajos, variedades de frijol menos competitivas (tipo 3b) serán necesarias de seleccionar.

Para el sistema de relevo, las consideraciones arriba mencionadas no son pertinentes y el factor principal influyendo el tipo de fríjol requerido es la duración del período de crecimiento y fuerza del sistema de soporte.

#### ESTABILIDAD DEL HABITO DE CRECIMIENTO

Muchas variedades de fríjol no retienen el mismo hábito de planta en diferentes temperaturas. Los fríjoles volubles se siembran en un amplio rango de altitudes y en la mayoría de los casos la adaptación de variedades es relativamente específica. Padres para mejoramiento han sido seleccionados para ambos, adaptación específica y amplia; ejemplos de esto se encuentran en la figura 3: P364 es relativamente alto en todos los ambientes; P112 es alto solo en altitudes altas; P483 es alto solo en bajas altitudes; y P303 es relativamente corto en todas las altitudes.

#### RESISTENCIA A ENFERMEDADES Y PLAGAS

La importancia relativa de enfermedades y plagas en fríjol cambia considerablemente con la altitud. Sin embargo, es de importancia general y alta prioridad en el programa de fríjol la resistencia múltiple a antracnosis (Colletotrichum lindemuthianum), roya (Uromyces phaseoli); a Mosaico Común (BCMV), a mancha angular (Isariopsis griseola) y

Lorito Verde (Empoasca kraemeri).

Las poblaciones F2 son tamizadas en monocultivo en viveros inoculados con roya y mosaico común y se toman selecciones individuales. Plantas individuales son mejor observadas en monocultivo y grandes cantidades de semilla (más de 150) son cosechadas de las plantas individuales seleccionadas. Los ensayos empiezan en asociación con maíz en la generación F3 y esto incluye ensayos preliminares de rendimiento en dos localidades, y viveros de resistencia a plagas e insectos. En F4 empiezan ensayos uniformes en localidades múltiples sin protección a enfermedades. Investigaciones sobre las más apropiadas metodologías para ensayos de rendimiento de frijoles volubles se presentan en las siguientes secciones:

### ENSAYOS DE RENDIMIENTO DE FRIJOL EN ASOCIACION Y EN MONOCULTIVO

A pesar de que mucha de la selección y el mejoramiento de los frijoles volubles tiene que llevarse a cabo en altitudes mayores que la localización de Palmira de CIAT, ciertos principios de metodologías de selección pueden ser establecidos en Palmira. Datos de cuatro ensayos utilizados por Francis et al. (1978) fueron reanalizados y los resultados son presentados en el cuadro 2. Los frijoles volubles redujeron significativamente el rendimiento de maíz donde los frijoles arbustivos no lo hicieron.

En general hubo de todas formas más grandes diferencias significativas entre las variedades de frijol en monocultivo que en asociación. La evidencia para interacciones significativas de variedades arbustivas por sistemas fue inconsistente, por lo que la evidencia favorece el mejoramiento en monocultivo. Por otro lado, con frijoles volubles hubo una gran interacción de genotipo x sistema en ambos ensayos. La selección de frijoles volubles en asociación es, por lo tanto, no solo mucho más barata y más conveniente, sino más apropiada para los sistemas comunmente encontrados en las pequeñas fincas.

### EFEECTO DEL BORDE DE LA PARCELA EN ASOCIACION

La metodología para conducir ensayos de rendimiento de variedades o líneas de mejoramiento en asociación ha sido poco estudiada. En un ensayo rutinario de rendimiento de 36 variedades de frijol voluble, por lo tanto, los bordes laterales y de cabecera de cada parcela fueron cosechados como se cosechó la porción central, según se indica en la figura 4. Los resultados del análisis son dados en el cuadro 3. El efecto de competencia entre parcelas (bordes laterales) no fué significativa, mientras que el rendimiento de frijol fue mucho más

alto en el borde de cabecera que en la parte central de la parcela. Este efecto, sin embargo, no fué uniforme para todas las variedades, como se indica por la interacción significativa. Aparentemente hubo muchas diferencias en la habilidad competitiva de las variedades, por lo que hubo menos sobre-estimación del rendimiento de las variedades de más alto rendimiento que de las variedades de más bajo rendimiento cuando los bordes de cabecera se incluyeron (Figura 5). El resultado de este efecto es que, si se cosecha el lote completo, incluyendo los bordes de cabecera, habrá menos diferencia entre los rendimientos de las variedades que cuando solo se cosecha la parte central. Los bordes laterales entre parcelas no son necesarios aparentemente.

Un estudio más detallado fué conducido para descubrir el alcance del efecto del borde de cabecera y para determinar un tamaño óptimo de lote. El diseño de la parcela utilizada en este experimento se muestra en la figura 6, y el ensayo fué replicado tres veces con monocultivos y con asociación de maíz y fríjoles volubles. Los frijoles en monocultivo fueron cultivados en espalderas de cuerda plástica sostenidas por postes de bambú. El maíz fué raleado a una planta cada 25 cm. en camas de 1 m. de separación (40.000 plantas/ha) y los fríjoles fueron sembrados en dos surcos en las camas y raleados a una densidad de 120.000 pl/ha. Los lotes fueron cosechados dividiéndolos en porciones de 1 m<sup>2</sup> y los resultados fueron resumidos en la figura 7 como promedio de rendimientos por anillo.

Los rendimientos de fríjoles en asociación continúan cambiando significativamente hasta el cuarto anillo y el rendimiento de fríjoles en monocultivo decrecen significativamente hasta el tercer anillo también, y el rendimiento de maíz en monocultivo hasta el segundo anillo. El gran alcance del efecto del borde, particularmente en asociación fué una sorpresa.

Las relaciones entre rendimiento asociado y de monocultivo para frijoles y maíz se muestran en la figura 8. En los dos primeros anillos el rendimiento de maíz no fué afectado por los fríjoles. Del tercero en adelante, hubo un declinamiento relativo y estable debido a la competencia por luz. El rendimiento del fríjol en asociación decreció del 50% en monocultivo al 27% en el primer metro, pero continuó decayendo de este punto hasta 13% en el centro del lote. El resultado fué que la eficiencia de la tierra (LER) decreció del todo hacia el centro del lote. Esto indica que debe tenerse muchísimo cuidado en la interpretación de las relaciones de eficiencia de tierra (LER) publicadas para asociaciones de cultivos.

Competencia por luz, entonces, es crucial en los frijoles volubles en asociación con maíz, y el hecho de que el valor de la LER decrezca a menos del 100% en este experimento, indica que las ventajas para el

pequeño agricultor tal vez no signifique mucho en terminos de incremento total de rendimiento, sino más en terminos de evitar riesgos y despliegue de requerimientos de labor (Andrews, 1972; Donald, 1963). El hecho de que la iluminación lateral de los bordes incrementa la eficiencia de un cultivo asociado a un punto tan alto, puede también explicar porqué los pequeños agricultores generalmente siembran el maíz y el frijol juntos en posturas de tres a cuatro semillas de maíz separadas por un metro o más en un cuadrado. Este patrón de siembra incrementa mucho la penetración de la luz a la copa.

### CONCLUSIONES

Los ensayos de rendimiento de frijoles volubles pueden llevarse a cabo exitosamente en asociación con maíz, y la separación de rendimiento entre las variedades de frijol puede mejorarse quitando los bordes cabeceras de las parcelas. Los bordes laterales en el lote no son necesarios y 1 m. de borde de cabecera en cada extremo es probablemente suficiente para los ensayos de rendimiento, aunque los rendimientos de frijoles y maíz aún están como para ser sobre-estimados. Los más apropiados tipos de planta para asociación dependerán en parte en la relación del precio prevalente de maíz y frijol.

### RECONOCIMIENTOS

Estoy en deuda con la Sra. María Cristina Amézquita y el Sr. Jaime Eduardo Muños por ayudarme en el diseño y análisis de algunos de los experimentos, y también a los I.A. Gerardo Tejada y Susana García por su asistencia en la conducción de los ensayos.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDREWS, D.J. (1972). Intercropping with sorghum in Nigeria. *Expl. Agric.* 8, 139-150.
- DONALD, C. M. (1963). Competition among crop and pasture plants. *Adv. Agron.* 15, 1-118.
- FRANCIS, C. A., PRAGER, M. and LAING, D. R. (1978a). Genotype x environment interactions in climbing beans cultivars in monoculture and associated with maize. *Crop Sci.* 18, 242-246.
- FRANCIS, C. A., PRAGER, M., LAING, D. R. and FLOR, C. A. (1978b). Genotype x environment interactions in bush bean cultivars in monoculture and associated with maize. *Crop Sci.* 18, 237-241.

CUADRO 1. Coeficientes de correlación en dos ensayos de rendimiento (6x6 latice) de frijoles volubles promisorios en asociación con maíz, ICA H-210.

		Rendi - miento frijol	Rendimien- to del maíz
Rendimiento	-grano color	-	-0.30
Frijol	-grano negro	-	-0.61***
Altura	-grano color	0.32*	-0.68***
Frijol	-grano negro	0.38*	-0.51**



CUADRO 2. Resultados del ANOVA para rendimiento en 4 ensayos de 20 variedades de frijol en monocultivo y en asociación con maíz, ICA H-210.

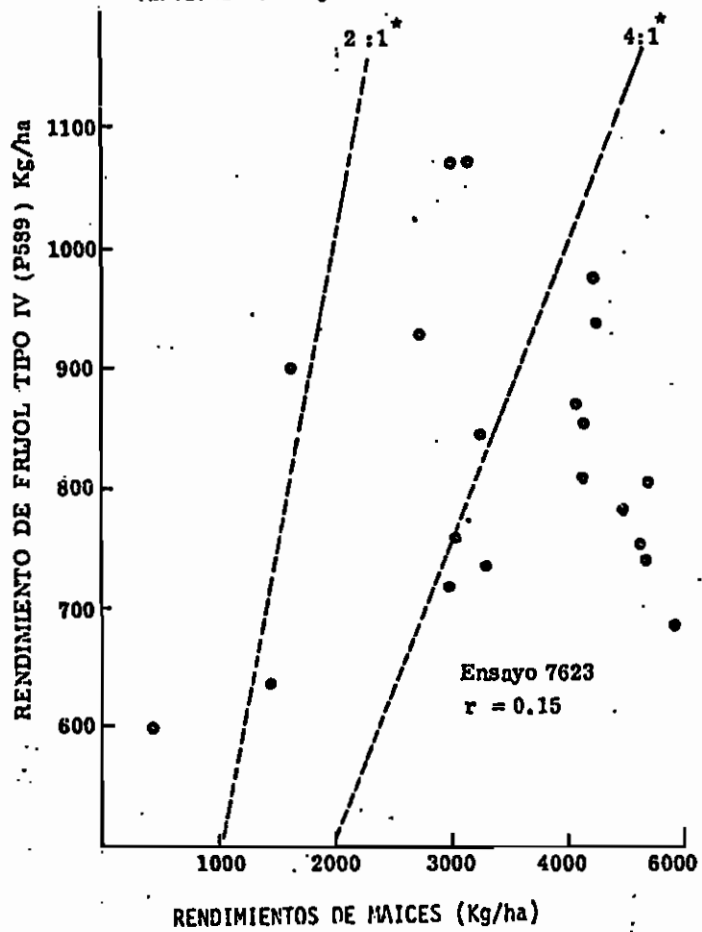
	g.l.*	Prueba F	
		Arbustivos	Volubles
a/ Efecto variedad de frijol sobre rendimiento del maíz	19	1.16 1.33	2.36** 4.26***
Variedades de frijol en asociación	19	5.82*** 1.76	8.36*** 2.77**
Variedades de frijol en monocultivo	19	9.53*** 3.14***	8.61*** 6.52***
Variedades x Sistemas	19	1.79* 1.46	4.15*** 3.68***
Sistemas	1	305.42*** 958.40***	846.69*** 2303.01***
b/ <u>Promedios</u>			
		<u>Rendimiento, Kg/ha</u>	
		<u>Arbustivos</u>	<u>Volubles</u>
Maíz con...		2940 4400	4602 4236
Frijoles en asociación		1158 971	616 1038
Frijoles en monocultivo		1873 2294	2024 2897

\* g.l. Error = 114

CUADRO 3. Efecto de los bordes en un ensayo de rendimiento (6 x 6 latice) de líneas promisorias de frijol voluble, grano negro; en asociación con maíz, ICA H-210.

	g.l.	F
Bordes laterales	1	1.1
Bordes de cabecera	1	874.2***
Variedades x bordes cabecera	35	1.5*
Error	271	

FIGURA 1. Rendimiento de 20 genotipos de maíz con una variedad de frijol voluble. 7623



\* Relaciones de rendimientos de maíz : frijol

FIGURA 2. Asociación de la reducción del rendimiento de maíz en asociación con la altura de la planta. 7623

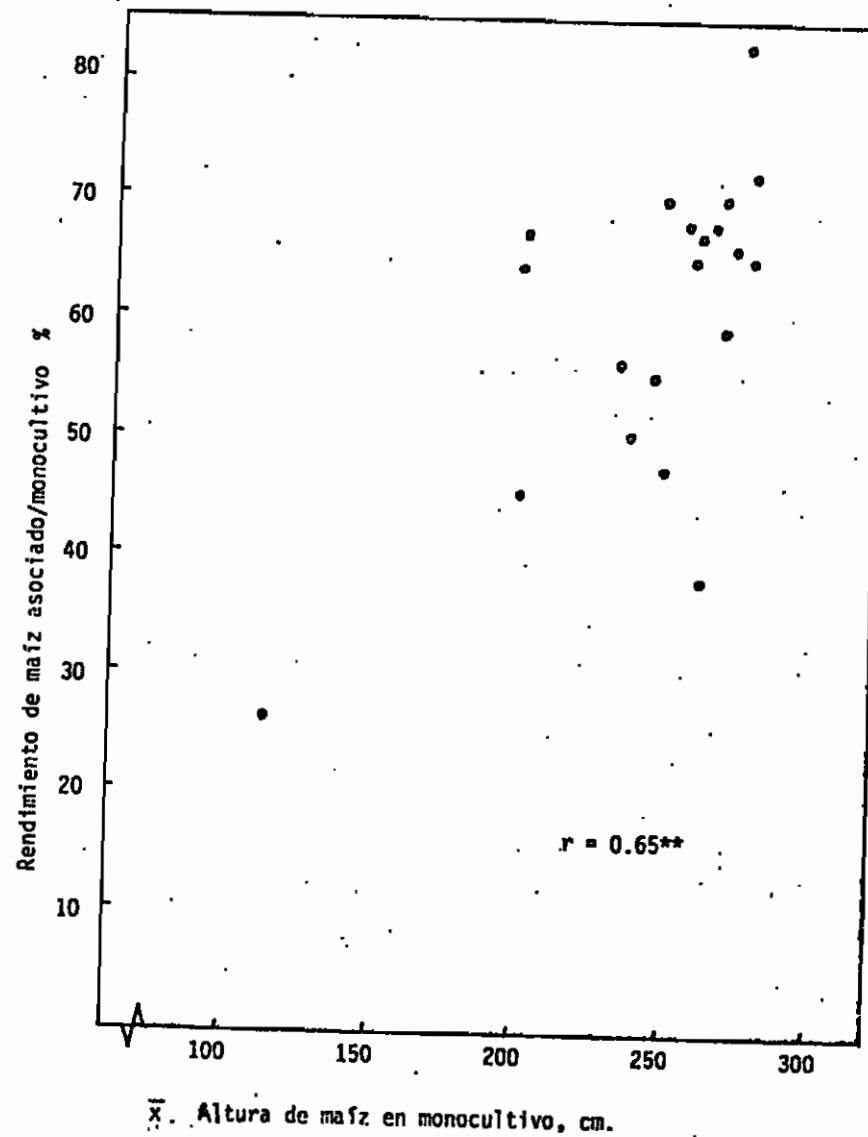


FIGURA 3. Cambio de altura de crecimiento de 4 variedades de frijoles volubres con altitud s.n.m.

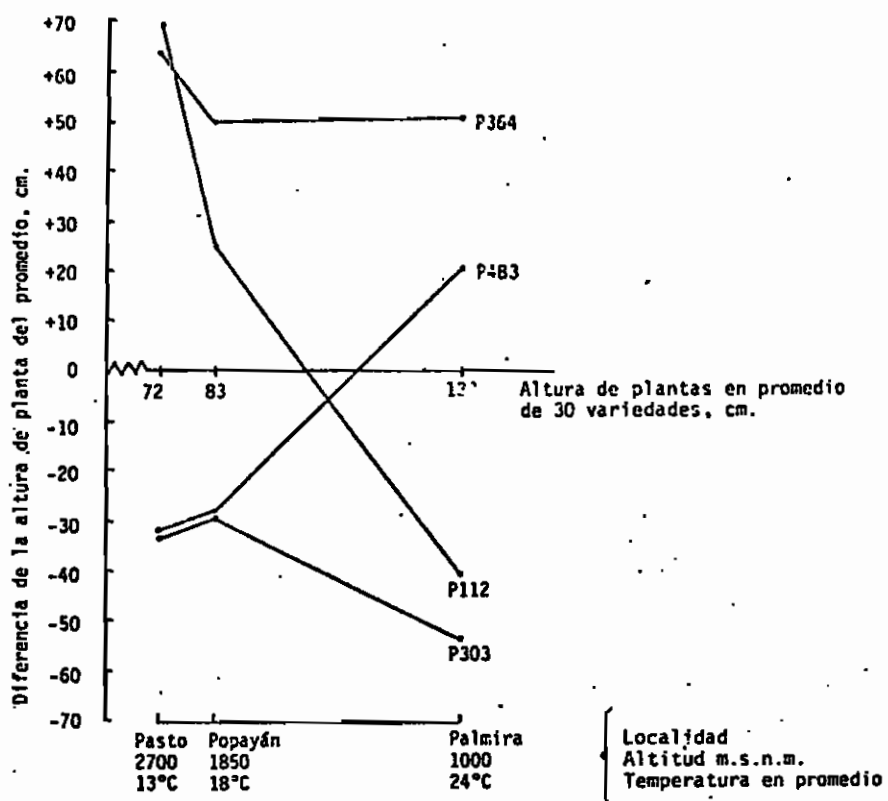


FIGURA 4. Diseño preliminar para ensayos de rendimiento de frijoles con maíz. 7715, 7716.

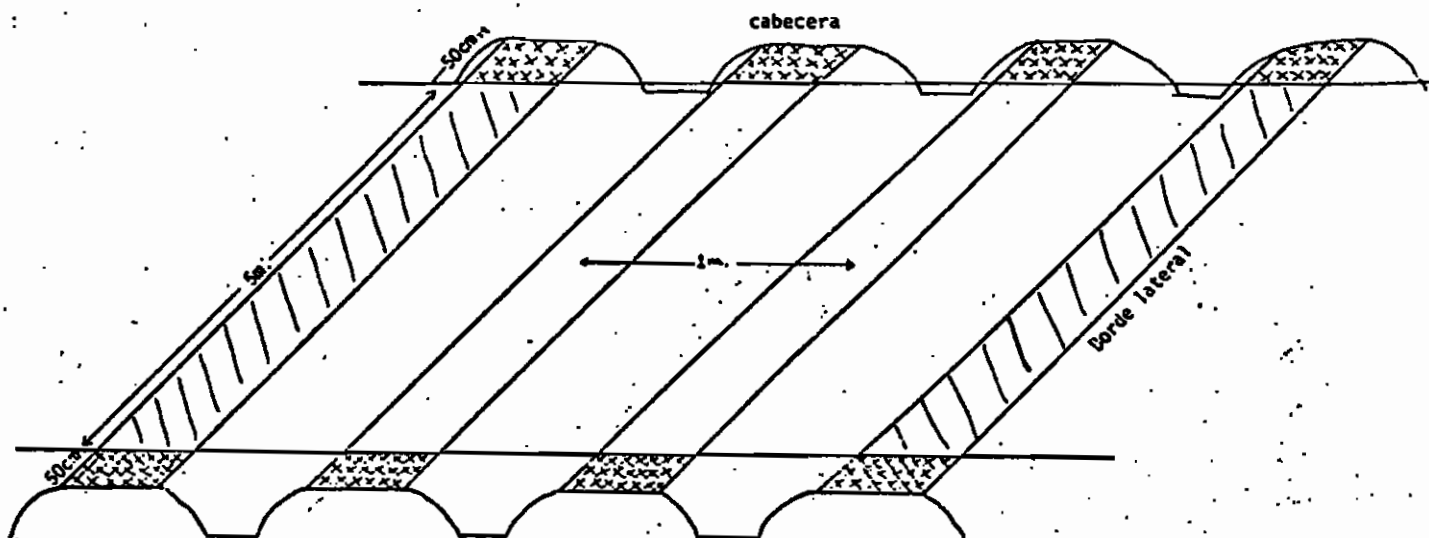


FIGURA 5. Efecto sobre rendimiento de 36 variedades al incluir las cabeceras en las parcelas

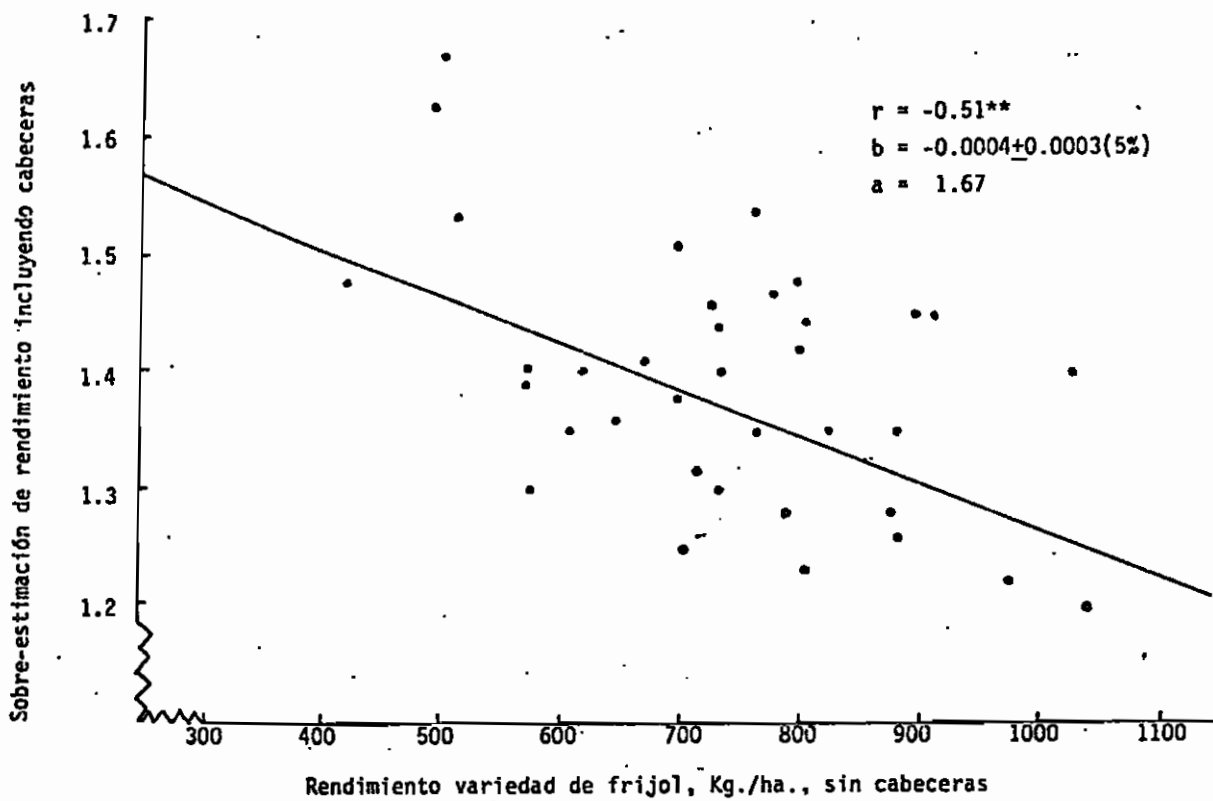


FIGURA 6. Diseño de la parcela para estudiar el efecto de bordes sobre frijol voluble y maíz asociados.

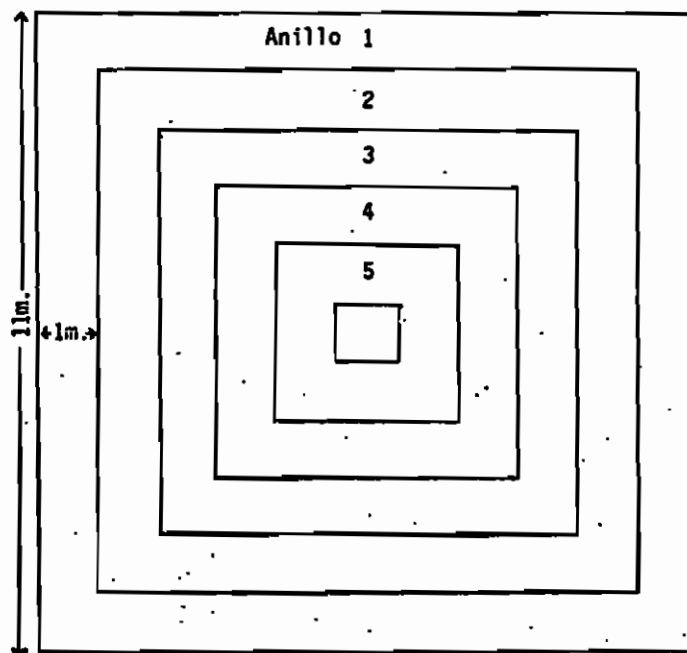


FIGURA 7. Ensayo de los bordes. Maíz ICA H-207. Frijol P589 (trepador)

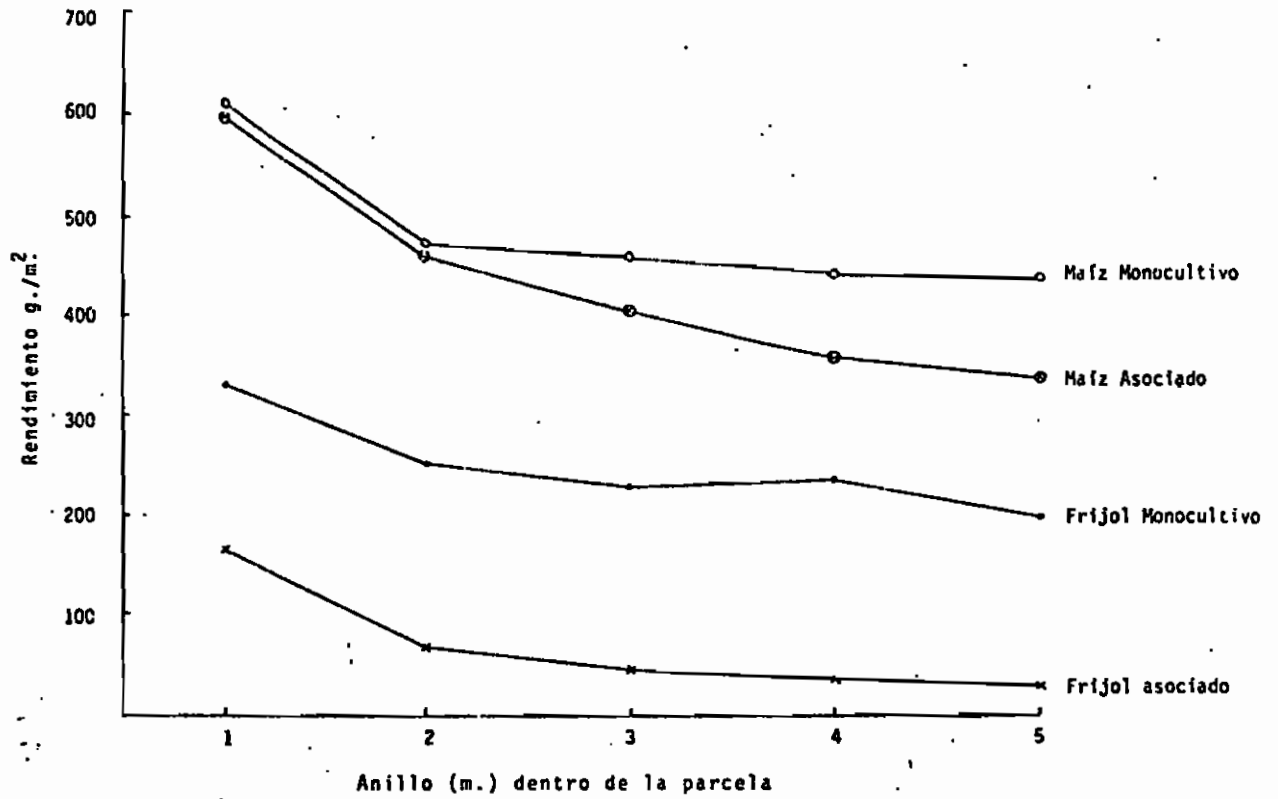
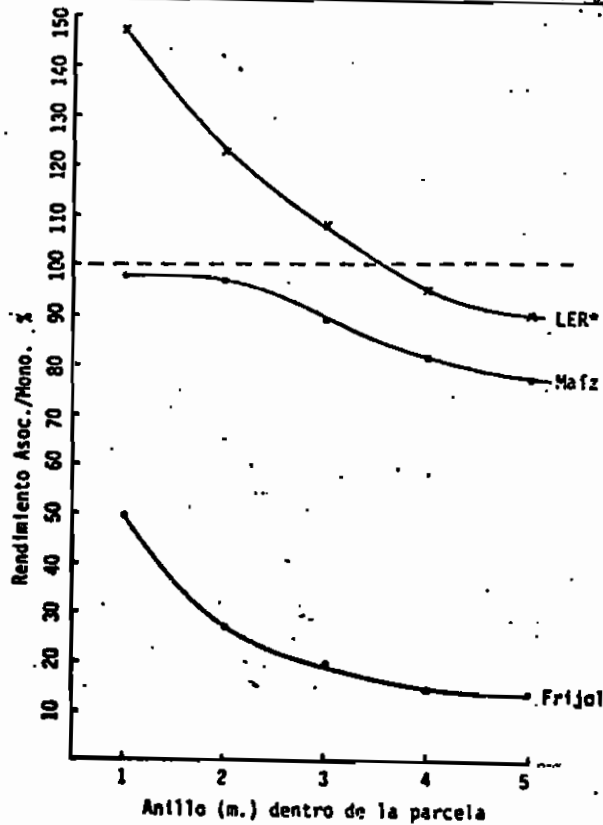


FIGURA 8. Ensayo de los bordes. Maíz ICA H-207. Frijol P589(trepador)



$$* LER = \frac{\text{Rend.Frijol Asoc.}}{\text{Rend.Frijol Mono.}} + \frac{\text{Rend.Maíz Asoc.}}{\text{Rend.Maíz mono.}}$$