

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION APLICADA A LA ASOCIACION FRIJOL-MAIZ

Jeremy H. C. Davis

A. Tamaño óptimo de parcela y el efecto de bordes

En CIAT, Palmira, se llevaron a cabo tres ensayos para cuantificar el efecto de los bordes de parcelas y el tamaño de la parcela útil (Davis, Amézquita y Muñoz, 1980).

En asociación, el maíz fue raleado para dejar una distancia de 25 cm entre plantas por 1 m entre hileras (densidad 40,000 pl/ha), y los frijoles fueron sembrados en surcos a 15 cm a cada lado de la hilera de maíz, dejando 16 cm entre plantas (densidad 120,000 pl/ha). Los unicultivos fueron sembrados a las mismas densidades respectivamente, utilizando para frijol una espaldera de postes de bambú con alambre e hilos de polipropileno a una altura de 1.8 m. Se aplicaron 200 kg/ha de fertilizante 10-30-10 para mejorar la uniformidad del lote y se hizo un control adecuado de plagas y enfermedades.

Ensayo 1. El objetivo de este ensayo, sembrado en octubre de 1977, fue estudiar el efecto de competencia entre variedades distintas de frijoles volubles en parcelas adyacentes y el efecto de las calles sobre los bordes de las parcelas. El diseño experimental fue en látilice 6 x 6 con tres repeticiones, de 36 variedades de frijol voluble asociadas con un maíz braquítico, el híbrido ICA H-210. Cada parcela contaba con cuatro camas de 6 m de largo con 1 m entre camas (superficie total = 24 m²). Las calles entre bloques tenían 2 m de ancho. De cada parcela el rendimiento fue medido de cuatro maneras diferentes: de la parcela entera (24 m²); de la parcela menos 50 cm de borde a cada lado (20 m²); de las dos camas centrales (12 m²) y de las dos camas centrales menos el 50 cm de borde a cada lado (10 m²).

Los rendimientos correspondientes se aprecian en el Cuadro 1. A medida que se aumenta el área de parcela cosechada, se incrementa el valor de la prueba F para el efecto de variedades y se reduce el coeficiente de variación (C.V.).

El efecto de los bordes laterales (las dos camas externas vs. las dos camas internas de la parcela) no fue significativo (Cuadro 2), lo que indica una falta de competencia significativa entre parcelas adyacentes. Por otra parte, hubo un efecto varietal sobre el efecto de bordes de cabecera tanto para dos camas cosechadas como para cuatro camas. Algunas variedades aprovechaban más que otras la luz adicional que penetraba de la copa de maíz de las calles. Los rendimientos de las variedades de frijol más productivas (con más capacidad para competir con el maíz) fueron menos sobre-estimados cuando se incluyeron los bordes de cabecera que los rendimientos de las variedades menos productivas (Figura 1).

Ensayos 2 y 3. Para investigar el alcance del efecto de bordes se llevó a cabo un ensayo de uniformidad durante dos semestres (octubre de 1977 y marzo de 1978), con una variedad de maíz y una variedad de frijol, sembradas en hileras orientadas Norte-Sur, con distancias de siembra iguales al Ensayo 1. La parcela experimental medía 11 x 11 m con calles de 5,2 m de ancho alrededor, y la cosecha se efectuó por unidades de 1 m². El análisis de rendimiento se hizo sumando las unidades de cosecha en "anillos" de 1 m de ancho hacia adentro, el primer anillo siendo el perímetro de la parcela y el anillo 5 siendo el último anillo interno.

El Ensayo 2 se sembró con tres repeticiones utilizando la variedad de frijol voluble P589 y el maíz ICA H-207, híbrido comercial de 2.5 m de altura. El Ensayo 3 tenía cuatro repeticiones con la misma variedad de frijol asociada con el maíz ICA H-210, híbrido braquíptico de 1.8 m de altura.

Los resultados para el Ensayo 2 se aprecian en la Figura 2, demostrando un efecto de bordes de por lo menos 2 m, con mayor efecto para la asociación que los unicultivos. Los rendimientos de maíz en asociación fueron superiores a los del unicultivo en los primeros "anillos" debido a que hubo más volcamiento del maíz en unicultivo que en asociación. El frijol asociado le sirvió como anclaje para los tallos de maíz, reduciendo así el volcamiento.

Los resultados para el Ensayo 3 se aprecian en la Figura 3, demostrando un efecto de bordes sobre los rendimientos apenas en el primer metro (anillo). Más adentro de la parcela se mantuvieron constantes. Para calcular el tamaño óptimo de parcela se utilizó el método de Hatheway (1961), descrito por Franco (1977). El método se basa en la agrupación de las unidades de cosecha (de 1 m²) para formar parcelas de varios tamaños y así estimar el tamaño óptimo de acuerdo al número de repeticiones y la diferencia mínima significativa que se desee obtener. Estas alternativas se aprecian en la Figura 4. Para lograr una diferencia significativa del 24% sobre el promedio, por ejemplo ($d = 24\%$) en un ensayo con tres repeticiones, hay que sembrar parcelas de 11 m² (parcela neta) para el frijol asociado, o de 8 m² para el frijol unicultivo. Por lo tanto, para conseguir el mismo nivel de precisión para un ensayo en asociación como para un ensayo en unicultivo hay que sembrar parcelas un poco más grandes. Asimismo, para evaluar maíz en asociación el tamaño óptimo de parcela es más grande que para el unicultivo.

Se sacaron las siguientes conclusiones:

1. No había un efecto significativo de competencia entre parcelas adyacentes y por lo tanto no había necesidad de dejar bordes laterales entre parcelas.
2. Existía un efecto muy grande de los bordes de cabecera que no fue uniforme para todas las variedades. Se recomienda dejar 1 m, por lo menos, de borde de cabecera a cada lado de la parcela.

3. Para frijol voluble asociado con maíz una parcela útil de aproximadamente 11 m² es requerida para detectar diferencias significativas del 24% sobre el promedio, con tres repeticiones.

B Descripción y comparación de distintos métodos para cuantificar la producción del sistema asociado en conjunto y en relación al unicultivo de cada componente

El sistema de cultivos asociados presenta una variación en cuanto a la evaluación de su producción respecto a los sistemas de unicultivos, que deriva de la necesidad de sumar distintas unidades o asignar valores a distintos productos obtenidos. Esta evaluación cobra importancia tanto para comparar variedades de las especies en asociación dentro de un sistema dado, a los efectos de elegir la mejor asociación, como para el caso de hacer evaluación entre sistemas, como unicultivo vs. asociación o el comportamiento de variedades en cada sistema.

En trabajos anteriores se han introducido algunos de estos métodos, a los efectos de hacer contrastes agroeconómicos de la asociación frijol-maíz vs. los unicultivos respectivos. En la presente conferencia se nombrarán esos y otros métodos atendiendo a los objetivos de la evaluación de un programa de investigación.

1. Comparación entre tratamientos en la asociación maíz-frijol

El análisis conjunto de rendimiento de la asociación maíz-frijol se puede realizar utilizando los datos de ambos cultivos y transformándolos según el objetivo, para distintos métodos de evaluación:

a. Rendimiento de frijol equivalente

Cuando se trata de comparaciones entre combinaciones de genotipos en las cuales no puede cambiar el costo de producción, se ha venido utilizando el concepto de frijol equivalente para sumar la producción de grano del sistema:

Rendimiento de frijol equivalente =

$$\text{Rendimiento F} + \text{Rendimiento M} \times \frac{\text{Precio M/kg}}{\text{Precio F/kg}}$$

La relación de precios para frijol/maíz varía para los distintos países y también según el color y tamaño de grano dentro del mismo país.

b. Ingreso neto

Cuando cambia el costo de producción para cada tratamiento, no se puede usar el rendimiento de frijol equivalente para comparar los sistemas. En este caso, hay que estimar el costo total de producción de cada tratamiento y el ingreso bruto, el

cual depende del valor comercial de cada tipo de grano. El ingreso neto es el ingreso bruto menos el costo de producción.

c. Producción de proteína/ha

Conociendo el porcentaje de proteína para cada variedad de frijol y maíz se realiza el cálculo de la siguiente manera:

Producción de proteína =

$$\text{Rend. F} \times \frac{\% \text{ proteína F}}{100} + \text{Rend. M} \times \frac{\% \text{ proteína M}}{100}$$

d. Costo de producción de proteína

Este valor puede cobrar importancia cuando el objetivo es nutrición en un área y existen alternativas de producción. Se calcula directamente a través de los datos de producción de proteína y el costo total.

2. Comparación entre el sistema asociado maíz-frijol y el unicultivo de cada uno

Los datos ya mencionados se pueden calcular asimismo para el sistema de unicultivo de cada componente, a los efectos de hacer posteriormente la comparación entre sistemas: Asociación vs. Unicultivo. Normalmente los rendimientos en unicultivo deben corresponder a la densidad óptima en términos económicos, ya que se trata de lograr que cada cultivo tenga las condiciones óptimas del unicultivo normal. Se ha encontrado en frijol que la densidad óptima en unicultivo es igual a la densidad óptima en asociación. Por otro lado, el maíz se siembra normalmente a una densidad más alta en unicultivo (55,000 pl/ha aproximadamente vs. 40,000 pl/ha para la asociación).

Para evaluar la competencia entre cultivos en asociación, la siembra tiene que hacerse a la misma densidad tanto en unicultivo como en asociación. Importante para la interpretación fisiológica es el índice de competencia:

$$\frac{\text{Rendimiento en asociación}}{\text{Rendimiento en unicultivo}} \quad \%$$

Para comparar la productividad total de la asociación con los unicultivos, se ha usado el índice de uso eficiente de la tierra UET (LER):

$$\text{UET} = \frac{\text{Rendimiento frijol asociado}}{\text{Rendimiento frijol unicultivo}} + \frac{\text{Rendimiento maíz asociado}}{\text{Rendimiento maíz unicultivo}}$$

El UET puede interpretarse como el número de hectáreas totales con ambos unicultivos necesario para alcanzar la producción de 1 ha de asociación, a semejanza de tecnología y condiciones.

Sin embargo, normalmente la comparación más indicada es la de ingreso neto y de ganancia neta por peso invertido ya que la rentabilidad de cualquier tecnología es lo más importante para el agricultor.

Cuadro 1. Rendimiento promedio (kg/ha) de 36 variedades de frijol voluble en asociación con maíz en parcelas con y sin bordes laterales y de cabecera.

Descripción	Area de parcela (m ²)	Rendimiento (kg/ha)	Razón de varianza para variedades (35/70 g.l.)	C.V. % error
Y ₁ - Cosechando la parcela entera (4 camas)	24	1034	9.06	10.5
Y ₂ - Cosechando las 4 camas pero excluyendo 50 cm de bordes de cabecera a cada lado	20	736	7.64	13.0
Y ₃ - Cosechando las 2 camas centrales	12	1008	5.92	12.4
Y ₄ - Cosechando las 2 camas centrales pero excluyendo 50 cm de bordes a cada lado	10	742	4.35	16.5

Cuadro 2. Análisis de varianza para los efectos de competencia entre parcelas (bordes laterales) y bordes de cabecera.

Variables	Descripción	Razón de varianza para variedades (35/70 g.l.)	Diferencia de rendimiento promedio (kg/ha)
$Y_2 - Y_4$	Efecto de bordes laterales	1.42 N.S.	-6
$Y_3 - Y_4$	Efecto de bordes de cabecera, 2 camas	1.94 **	266
$Y_1 - Y_2$	Efecto de bordes de cabecera, 4 camas	2.53 ***	298

*** Probabilidad \leq 0.01

** Probabilidad \leq 0.1

Referencias

- Davis, J. H. C.; Amézquita, M. C.; y Muñoz, J. E. 1981. Efectos de bordes y tamaño óptimo de parcela para frijoles volubles (Phaseolus vulgaris) y maíz en asociación y monocultivo. Experimental Agriculture 17, 127-135.
- Franco, J. E. 1977. Uso de las superficies de respuesta en el cálculo del tamaño óptimo de parcela experimental. Revista ICA-Bogotá (Colombia) Vol. XII, No. 3, pp. 325-341.
- Hatheway, W. H. 1961. Agron. J. 53 (4), 279-280.
- Trenbath, B. R. 1976. Plant interactions in mixed crop communities. En Multiple Cropping, eds. Papendrick, Sánchez y Triplett, American Society of Agronomy No. 27.

Fig. 1.-

EFFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE 35 VARIETADES DE FRIJOL VOLUBLE EN ASOCIACION CON MAIZ AL INCLUIR BORDES DE CABECERA EN LAS PARCELAS

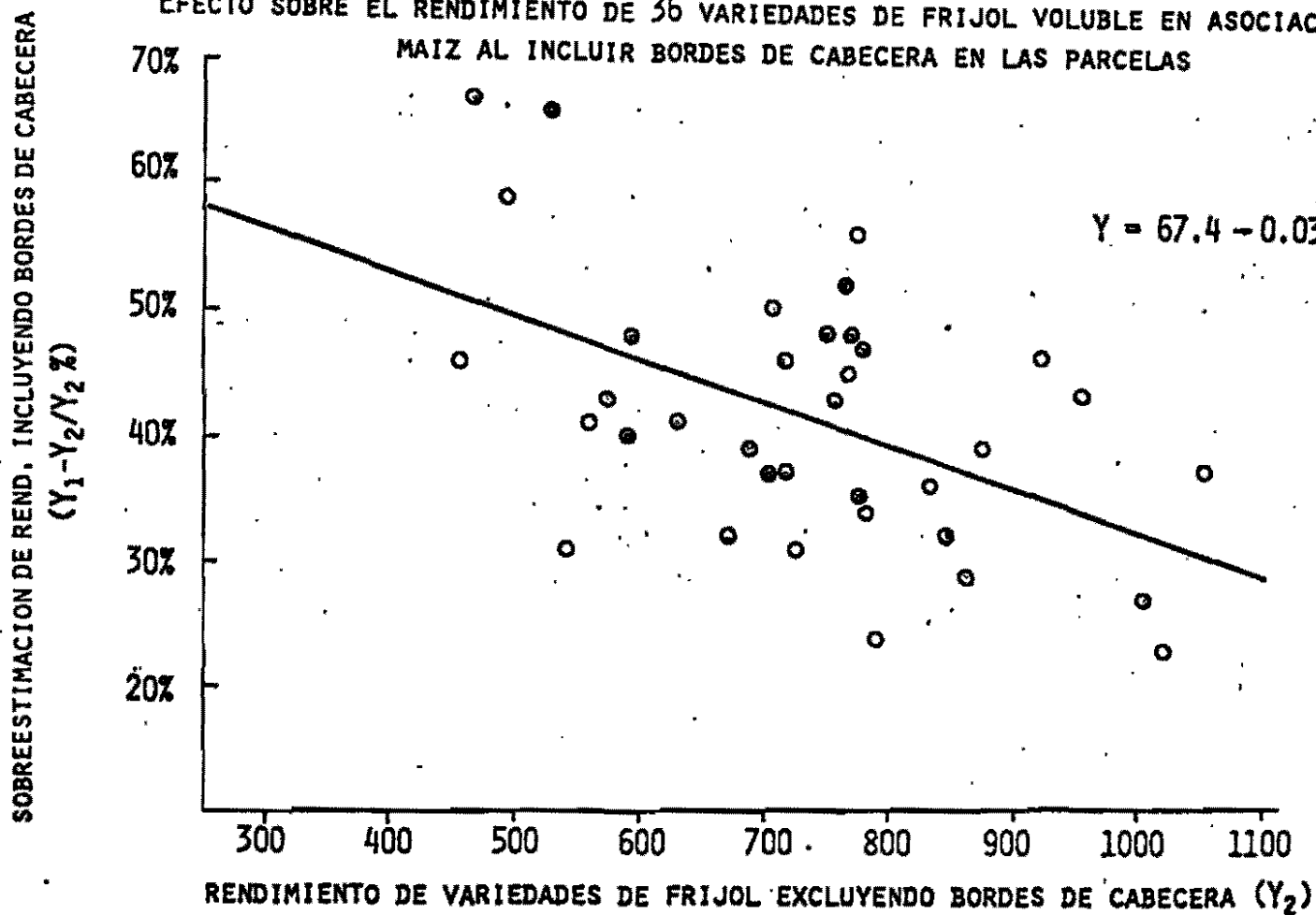


FIG. 2 RENDIMIENTO PROMEDIO POR ANILLO DENTRO DE LA PARCELA.
ENSAYO 2.

MAIZ = ICA H-207

FRIJOL = G 2525

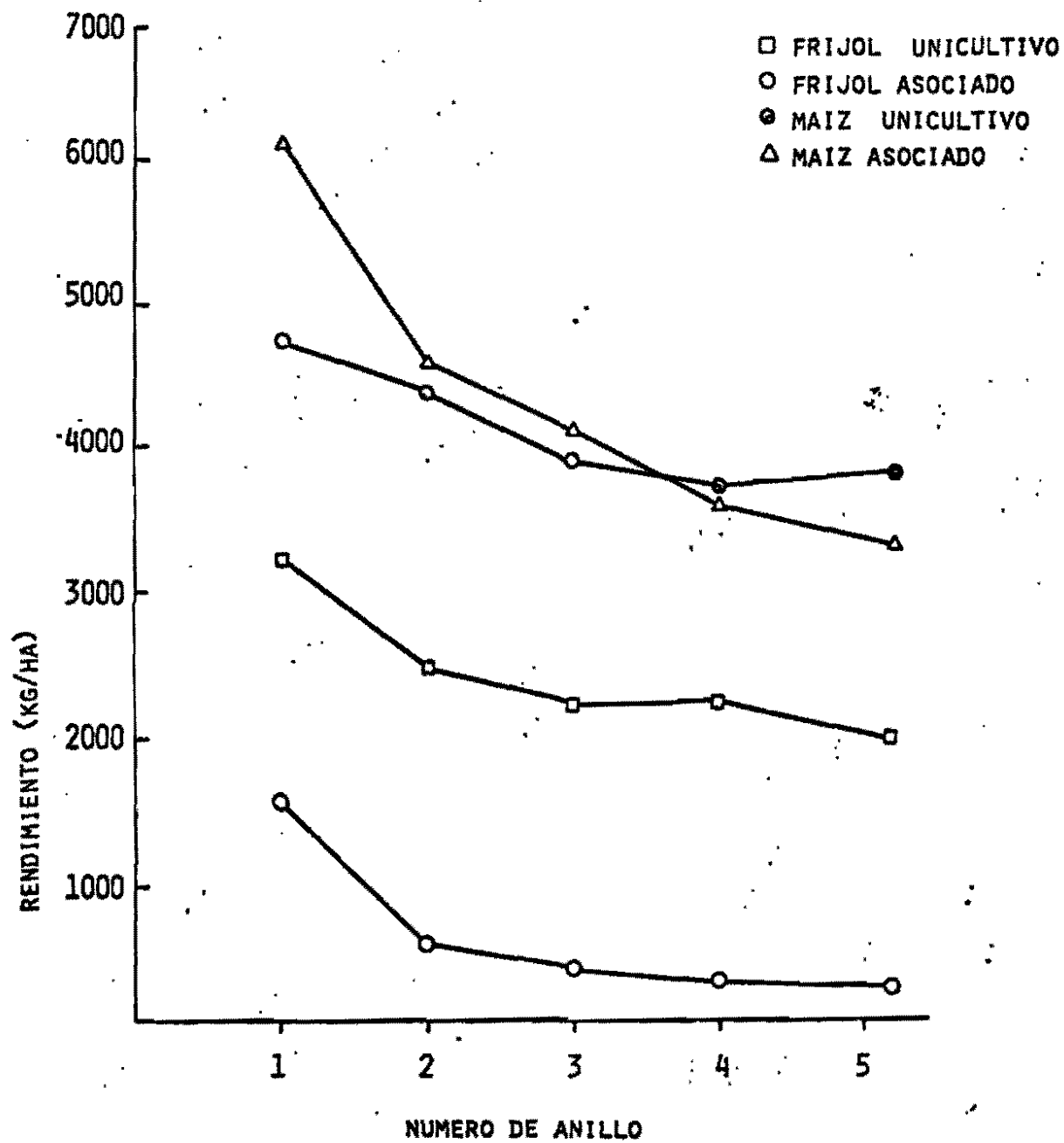
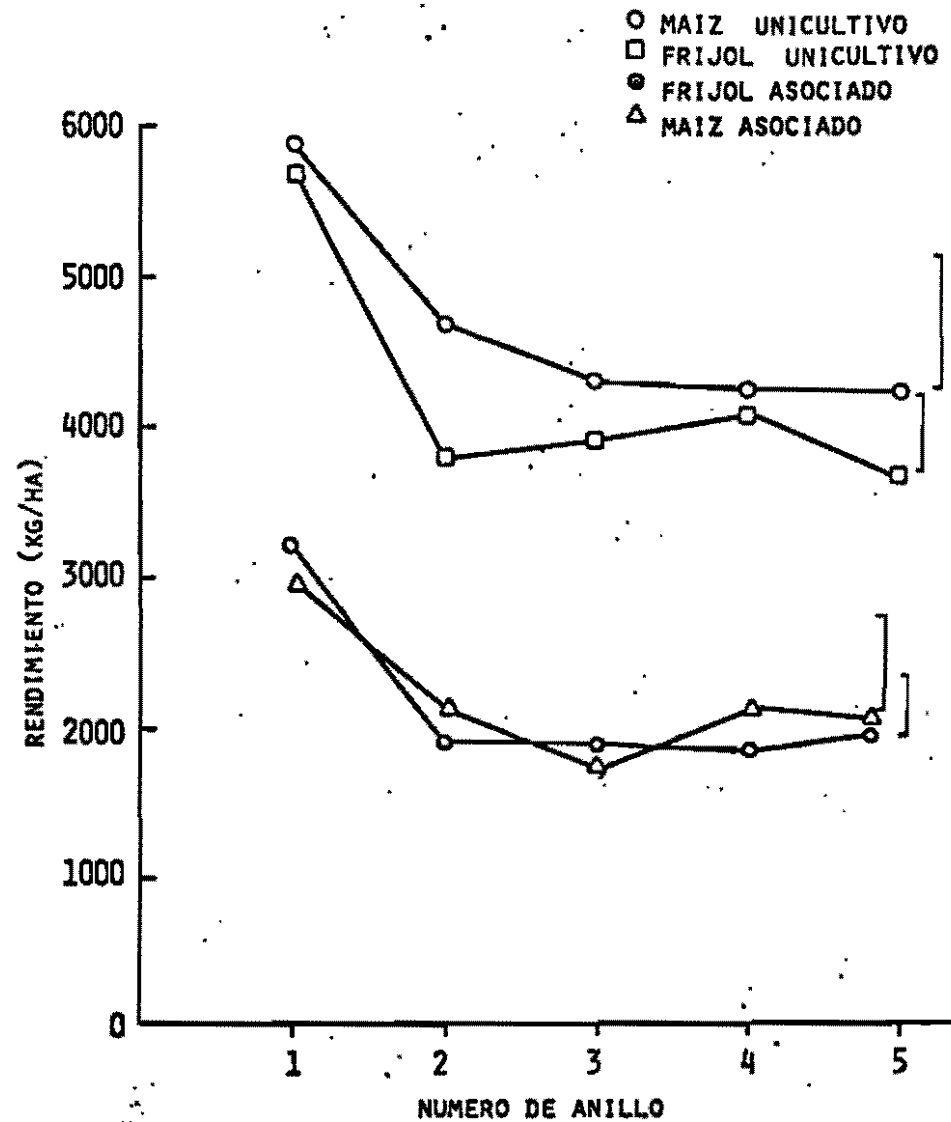


FIG. 3 RENDIMIENTO PROMEDIO POR ANILLO DENTRO DE LA PARCELA.
ENSAYO 3

MAIZ = ICA H210

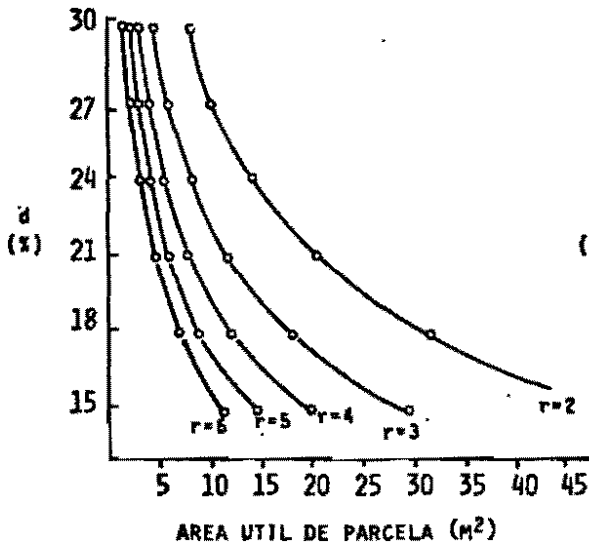
FRIJOL = G 2525



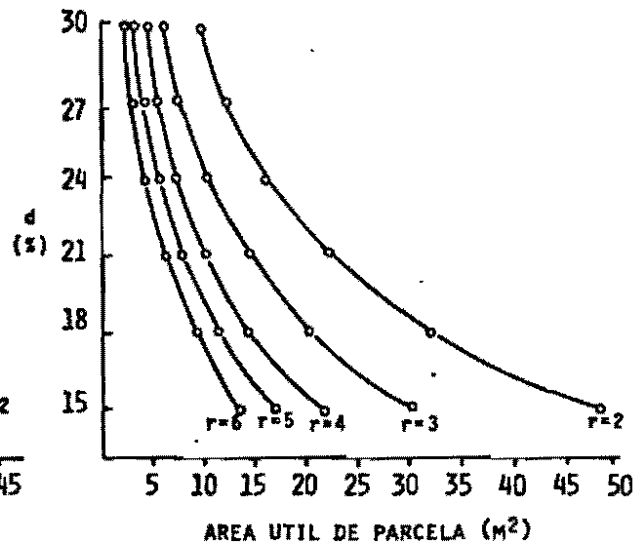
] = DMS P < 5%

FIG. 4 RELACION ENTRE d (DIFERENCIA MINIMA SIGNIFICATIVA A DETECTAR COMO PORCENTAJE DE LA MEDIA) Y AREA UTIL DE PARCELA PARA 2, 3, 4, 5 Y 6 REPETICIONES EN MONOCULTIVO Y ASOCIACION FRIJOL VOLUBLE-MAIZ.

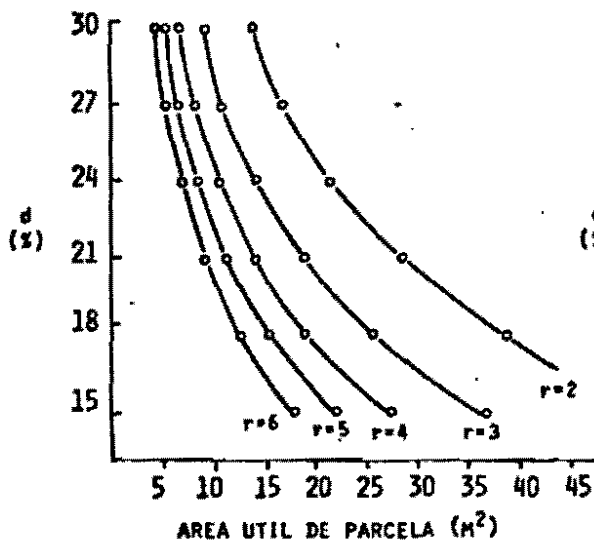
4A : FRIJOL VOLUBLE EN MONOCULTIVO



4B : FRIJOL VOLUBLE ASOCIADO CON MAIZ



4C : MAIZ EN MONOCULTIVO



4D : MAIZ ASOCIADO CON FRIJOL VOLUBLE

