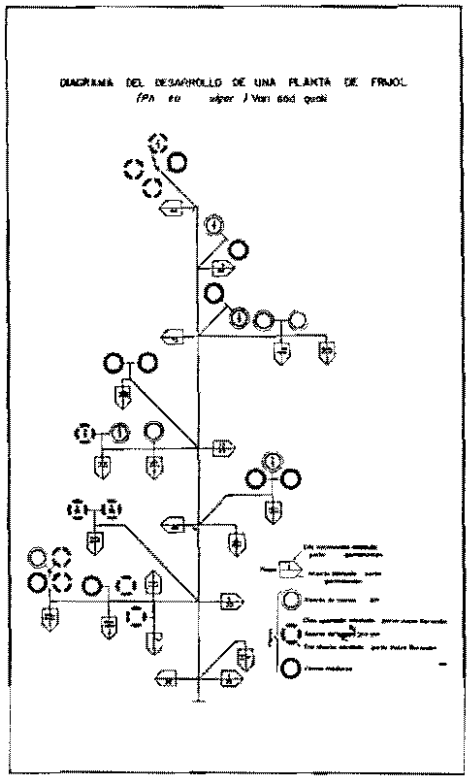
CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical

CIAT

Edicion preliminar



CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL

Para Investigadores de América Latina

Tomo II

rzo 23 al 28 de Abril/77

TOMO II

CONTENIDO

1 - Fríjol/Maíz Principios de la Asociación y Prioridades en la Investigación

2 - Factores Agronómicos de la Asociación Fríjol/Maíz

3 - Interacciones Genotipo por Sistema en la Asociación Fríjol/Maíz

4 - Contrastes Agroeconómicos entre el Monocultivo de Maíz y la Asociación Maíz/Fríjol

5 - Antecedentes Fisiológicos y Agronómicos para cultivar la Yuca y el Fríjol en Asociación

6 - Cultivos Asociados - Resúmen IC, Oct 1976

7 - Metodología en el Mejoramiento Genético del Fríjol

8 - Información Complementaria a Mejoramiento Genético

9 - Utilización de la Estadística y el Diseño Experimental en Investigación en Fríjol

10- Ejemplos de Diseños Experimentales

11- Estudio de la Heterogeneidad del Suelo, del Tamaño y Forma de Parcela y del número de Repeticiones Optimas en Ensayos de Uniformidad en Fríjol (Phaseolus vulgaris L)

12- Barreras y los Incrementos de la Productividad de Fríjol a nivel de Finca en Colombia

13-- Análisis Económico de Algunos sistemas de Producción de Fríjol en Colombia 1974-1975

14- Incorporación de Riesgo en el Análisis de Resultados Experimentales

15- Programa Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales

16- Proyecto de Nueva Tecnología para la Producción de Fríjol para pequeños Agricultores en Huila-Colombia

FRIJOL/MAIZ PRINCIPIOS DE LA ASOCIACION Y PRIORIDADES EN LA INVESTIGACION[1/]

8259

C A Francis[2/]

La asociación de cultivos en el trópico tiene una historia casi tan larga como la historia de la agricultura Es seguro que los sistemas complejos el campesino actual en latinoamérica tienen sus raíces en las culturas indígenas y sus cultivos de subsistencia, hace siglos en esta zona Su importancia se preserva en las numerosas zonas de minifundio en nuestra región, así como en todas las partes del tropico La agricultura moderna y tecnificada, y especialmente la investigación agrícola, han dejado a un lado estos sistemas tradicionales, asumiendo que cualquier avance hacia mas productividad del suelo tiene que incluir un cambio de sistema hacia el monocultivo Por su importancia actual, y su importancia en el futuro, se ha enfocado en el curso hacia una serie de presentaciones sobre los potenciales y limitaciones del sistema de cultivos asociados El presente podría servir como introducción a los que siguen

---

1/ Tópico presentado en el curso intensivo de producción de fríjol, Abril 18, 1977, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia

2/ Agrónomo, Programa de Fríjol, CIAT

Importancia de la Asociacion de Cultivos

En un simposio de la Asociacion Americana de Agronomia (A S A) en el año de 1975 en Knoxville, Tennessee (EUA), se presentaron varias revisiones de literatura y de experiencias sobre la importancia de este sistema en varias regiones del mundo (A S A , 1976) Un resumen de la situacion a nivel mundial fue presentado por Andrews y Kassam (1976), y hay presentaciones mas específicas sobre el Africa (Okigbo y Greenland, 1976), el Asia (Harwood y Price, 1976), y Latinoamérica (Pinchinat, et al , 1976) Ademas, en la lista de referencias hay varios otros resumenes de la situacion actual y algunas bibliografías utiles

Para enfocar hacia algunos ejemplos específicos, se estima que el 98% de la produccion del caupí, la leguminosa mas importante en Africa, se encuentra asociado con otros cultivos alimenticios (Arnon, 1972) En la encuesta de Norman (1974) en la zona norte de Nigeria, alrededor del 83% del terreno cultivable se dedica a cultivos multiples En Colombia, un 90% del cultivo de fríjol se encuentra en asociación con el maíz, papa y otros cultivos, mientras que en Guatemala un 73% de la produccion de frijol se encuentra en asociacion, principalmente con maíz (Gutiérrez et al , 1975) En Brasil, 80% del fríjol se encuentra sembrado con

otros cultivos, principalmente maíz (IICA, 1969) Se estima que un 60% del maíz en el trópico latinoamericano, así como un 70-80% del fríjol se encuentra asociado con otros cultivos (Francis et al , 1976)

El futuro inmediato es claro - estos sistemas actuales de minifundio van a seguir en nuestro sector rural La produccion total de este tipo de sistema va a continuar jugando un papel importante en la nutricion del pueblo Es mas difícil predecir a lo largo, si estos sistemas van a tener la misma importancia - cambios tecnologicos, económicos y sociales van a dictar en cierta manera, cuáles son las distribuciones de terreno y recursos en la region Pero es cierto que la importancia de este tipo de agricultura nos obliga a poner algún enfasis adicional al desarrollo de una tecnología apropiada para aumentar la produccion de estos sistemas de asociación de cultivos

La investigacion agrícola ha tenido un enfoque casi completo hacia los monocultivos, bajo condiciones optimas para realizar buenos rendimientos en zonas favorecidas Los principales centros de interes en los sistemas de cultivos asociados incluyen

IRRI (Los Baños, Filipinas) - programa de diversificación de cultivos en el semestre cuando no se siembra arroz, rotaciones con otros cultivos

CATIE (Turrialba, Costa Rica) - asociaciones de maiz, fríjol, arroz, yuca y batata, con varios niveles de tecnologia

IITA (Ibadan, Nigeria) - estudios de suelos y la preservacion de la fertilidad con altos niveles de lluvia

ICRISAT (Hyderabad, India) - estudios del uso eficiente de humedad limitada, con cereales y leguminosas en asocio y en rotación

CIAT (Cali, Colombia) - asociación de frijol con maiz, agronomía y mejoramiento de cultivos

Ademas de estos centros, hay investigadores aislados trabajando en Taiwan, India, Nigeria, Mexico, Colombia, Peru, Ecuador, El Salvador y otros paises del tropico

Principales Fundamentos de la Asociación de Cultivos

Entre los principios fundamentales de la asociación de cultivos, hay que incluir factores fisiológicos, agronomicos, geneticos, patologicos, entomologicos, economicos, nutricionales y culturales, entre los mas importantes Se trataran estos tópicos en varios seminarios del curso, pero se va a enfocar principalmente en los factores tecnologicos de la asociacion

Una lista parcial de las definiciones utilizadas para explicar estos sistemas complejos, se encuentra en el apendice No esta completo, y todavía no existe un acuerdo integral entre los investigadores sobre esa terminología Sin embargo, es un intento de estandarizar la comunicación (A S A , 1976)

Existe una escala de posibilidades agronómicas al asociar dos cultivos en el mismo año, en el mismo terreno Desde un extremo de cultivos en serie (Fig 1A), hasta un traslape parcial o relevo de cultivos (Fig 1B), y el otro extremo de una siembra simultanea de los cultivos (Fig 1C), existen varios niveles de competencia de los dos (o mas) cultivos en un sistema Se puede imaginar la situacion que existe en una finca tradicional, con una siembra continua de muchos cultivos en el mismo terreno (Fig 2) Una diferencia entre las dos figuras es que la asociacion sencilla con dos cultivos puede ser intensiva, con altas densidades de cada cultivo y una producción relativamente alta En cambio, el sistema muy tradicional muchas veces tiene varios cultivos, pero sin organizacion y uso tan intensivo del terreno o de otros recursos disponibles

Cuando se habla de competencia en cualquier asociacion, hay que definir "la competencia para que?" Normalmente no es una competencia para el espacio físico en sí, sino para los factores necesarios en el crecimiento - luz, agua, nutrimentos, CO_2, etc Desde el punto de vista fisiologico, se debe pensar en como aprovechar o explotar al maximo los recursos disponibles durante el ciclo del año Se puede visualizar una competencia positiva o una complementacion

de los dos cultivos, físicamente (interaccion de maíz/fríjol voluble) o sobre el tiempo (ciclos diferentes como frijol y yuca) que permite esa explotacion de recursos sin una competencia negativa que reduce mucho la produccion de cada cultivo componente La complementacion de cultivos viene cuando las curvas de utilizacion de cualquier factor de crecimiento (luz, agua, nitrogeno, boro, etc) no coinciden completamente Si existe esa coincidencia en varias curvas de uso, cada cultivo sufre en su desarrollo y produccion final (ver curvas de intercepcion de luz en la Fig 1)

Desde el punto de vista agronomico, la asociacion del cultivo no presenta problemas especiales en zonas de minifundio Cuando se trata de mecanizar una parte del manejo del cultivo, como la preparacion de terreno, siembra o cosecha, se presentan problemas de los ciclos traslapados de cultivos y el daño a un cultivo mientras hace una operacion al otro El control de malezas a mano no es difícil, y hay menos malezas en cualquier sistema intensivo de altas densidades o varios cultivos Cuando se trata de control químico, se necesita un producto o una mezcla de productos que no sea dañino a ningun cultivo componente del sistema El control de plagas y enfermedades de cada componente no presenta mayor problema, debido a la baja fito-toxicidad de la mayoria de los productos utilizados para dicho control Ademas, aparentemente hay menos problemas de insectos en ciertos sistemas de asociacion, factor que reduce el costo de control al agricultor (Altieri et al , 1977)

Las ventajas de los sistemas de cultivos multiples no deben confundirse con ventajas de la diversificacion Objetivos como nutricion familiar, menos riesgo con respecto a cambios de precios, y rotaciones de cultivos pueden satisfacerse con cultivos diversificados en varios lotes de la misma finca Las

ventajas del sistema de cultivos asociados tiene que expresarse en terminos de la interaccion de los diversos factores climatologicos y de proteccion vegetal con la proximidad estrecha de dos o mas especies de cultivos, comparado con el monocultivo de cualquiera de los componentes También existe la tradicion de los agricultores de escasos recursos de sembrar estos sistemas complejos - y seguramente hay ventajas de los sistemas que no se han estudiado todavia, a nivel de investigacion

Investigacion de Frijol/Maiz en el CIAT

Se ha tomado la decision en el CIAT de estudiar en forma detallada, un solo sistema frijol/maiz Es el sistema mas importante en America latina y representa la mayoría de la produccion de fríjol y mucho del maíz La concentración de esfuerzos en un solo sistema nos permite desarrollar mucha metodología y un conocimiento profundo en cuanto a como asociar los dos cultivos Los principios pueden aplicarse entonces a una serie de otros sistemas, cuyos detalles pueden resolverse en otros centros de cada programa nacional de la zona

La parte agronomica ha recibido mas atencion hasta ahora, y se ha concentrado en tales factores como fechas relativas de siembra, densidades de los dos cultivos, orientacion física o sistemas de siembra, numero de surcos de cada cultivo, y tipo y altura de soportes de los volubles Algunos de los resultados de estos estudios

son aplicables sobre gran rango de climas (por ej densidad de siembra), mientras que otros son bien específicos para el micro-clima del CIAT (fechas de siembra) En cuanto a variedades, se esta estudiando la interaccion genotipo por sistema, para decidir si es necesario hacer una selección aparte para los mejores fríjoles o maíces para sembrar en cada sistema Este trabajo esta realizandose en frijol arbustivo, en fríjol voluble y en el maiz

Se ha evaluado el ataque de insectos en los sistemas de fríjol/maiz, en comparacion con monocultivo de cada uno En general, hay menos incidencia de plagas y mas ocurrencia de predatores en la asociacion de los dos Hasta ahora, no se ha observado gran diferencia en las enfermedades entre los dos sistemas El estudio de la rentabilidad de varios sistemas se esta realizando por intermedio de encuestas en varias zonas del país, unos ensayos de paquetes tecnologicos con agricultores, y una evaluación de resultados experimentales del CIAT Muchos de estos resultados serán presentados en las conferencias que siguen

Prioridades de Investigacion en un Programa Nacional

Antes de fijar prioridades en cuanto a cultivos o sistemas, o sobre cuales factores son los mas importantes para estudiar en determinada zona o region, es

completamente indispensable conocer bien los cultivos actuales y sus sistemas de producción en la zona También, se debe conocer los potenciales del suelo y clima Sin esta base de informacion, es difícil enfocar en como mejorar los sistemas actuales, y cuales componentes son susceptibles a modificaciones o cambios El segundo punto es conocer bien a fondo los principales factores limitantes en la produccion de los cultivos Sin alguna cuantificación de problemas es demasiado facil enfocar inicialmente en problemas conocidos o de mas interés al investigador, o en los que sea mas facil resolver Muchas veces los resultados de este tipo de investigacion no causan ningun impacto en la produccion, porque realmente no están resolviendo los problemas principales y actuales del cultivo Hay que escoger toda la información disponible sobre el cultivo en la zona de interes

No se puede predeterminar cuáles son los problemas mas urgentes en una zona, especialmente en un centro internacional con amplias responsabilidades en una extensa region del tropico Ni pueden obtener de este curso, ni de varios meses en el CIAT, una solución o receta para resolver problemas de su país Lo mas importante es captar la idea de una metodologia que permita evaluar la situación actual y llegar a sus propias conclusiones

Una vez que se establecen prioridades, en cuanto a cuáles problemas son los mas limitantes, se puede diseñar un programa para resolver los problemas y poner en marcha las soluciones en los campos del agricultor La asignacion de sus recursos, ya sea en un departamento completo o el esfuerzo de un solo tecnico, debe reflejar las prioridades de los problemas escogidos como importantes en el estudio inicial Un programa de investigacion no funciona en un vacío, sino debe tener un intercambio continuo y estrecho con agricultores en la zona Así se puede

asegurar un enfoque practico de la investigacion y promover la adopcion de practicas o variedades nuevas cuando salen como recomendaciones del programa. Finalmente, es muy importante insistir en una evaluacion de los resultados a nivel de la zona. Una medida de produccion de cada cultivo o sistema antes y despues del proyecto puede determinar que tan efectivo ha sido todo este proceso de investigacion. Una buena evaluacion es la mejor seguridad que puede tener un tecnico que realmente esta marchando bien su programa, y asi puede ademas asegurar el apoyo para seguir con recursos adecuados de su gobierno.

Topicos en el Curso sobre Cultivos Asociados

En una serie de seminarios, se van a presentar en mas detalle los tópicos mas prioritarios sobre este tema, segun los recursos humanos disponibles actualmente en el CIAT. Los resultados agronómicos de la asociacion frijol/maíz, van a orientar hacia como investigar un par de cultivos en el campo. Mas importante que los resultados específicos de estos dos cultivos, son los metodos aprovechados para llegar a estas conclusiones. La agronomía y fisiología de asociaciones, se discutira en términos del sistema fríjol/yuca. El componente genetico de los sistemas de cultivos asociados es poco conocido y se tratara el topico con resultados

de estudios de sistema por genotipo en fríjol y maíz La descripcion económica de varios sistemas se presentara en base de encuestas ya hechas en cuatro zonas de Colombia Y finalmente, se concluye la serie de presentaciones con unas conclusiones agro-economicas sobre la asociacion de cultivos y su comparacion con monocultivos Se suplementa la parte tecnica con dos salidas principales al campo, una aquí dentro del CIAT para ver las parcelas de ensayos y otra a la zona de Restrepo, Valle, donde se estan realizando trabajos a nivel de pequeños agricultores en colaboración con la Federacion de Cafeteros

Así les presentamos una introducción y unos resultados de la asociacion de cultivos Hay muchos sistemas especificos, pero tienen mucho en comun en cuanto a competencia para recursos naturales y aplicados, y los criterios del agricultor para escoger lo mas apropiado en su propia finca

REFERENCIAS

Altieri, M A , C A Francis, A v Schoonhoven y J Doll 1977 A review of insect prevalence in maize (Zea mays L) and bean (Phaseolus vulgaris L) polycultural systems Submitted to Field Crops Research (CIAT)

Andrews, D J , y A H Kassam 1976 The importance of multiple cropping in increasing world food supplies A S A Special Publ No 27, pp 1-10

A S A 1976 Multiple cropping Papendick, R I , P A Sanchez y G B Triplett, eds A S A Special Publ No 27,-378 p

Arnon, I 1972 Crop production in dry regions London, Leonard Hill, vol 2

AMA (Agr Mechanization in sia) 1973 Multiple Cropping and Mechanization Vol IV, No 1, Spring, 1973 (Volumen entero sobre este tópico)

Dalrymple, D F 1971 Survey of multiple cropping in less developed nations USDA, FLDR-12, Washington, D C 108 pp

Fayi, B A C 1973 Effects of intercropping maize or sorghum with cowpeas, pigeon peas or beans Expl Agric 9 83-90

Francis, C A , C A Flor y M Prager 1976 Contrastes agroeconomicos entre el monocultivo y la asociacion maiz-fríjol VII Reunión Maiceros, Zona Andina, Guayaquil, Ecuador, 18-22 Octubre

Francis, C A , C A Flor y M Prager 1976 Potenciales de la asociación fríjol-maíz en el tropico Fitotecnia Latinoamericana (en imprenta)

Francis, C A , C A Flor y S R Temple 1976 Seleccion de variedades para sistemas de cultivo intercalado en los tropicos (mimeo español) A S A Special Publ No 27, pp 235-253

Gutierrez, U , M Infante, y A Pinchinat 1975 Situación del cultivo de frijol en America Latina CIAT, Cali, Colombia, Boletin-Informe

Hart, R D 1975 A bean, corn and manioc polyculture cropping system I The effect of interspecific competition on crop yield Turrialba 25 (3) 294-301 II A comparison between the yield and economic return for monoculture and polyculture cropping systems Turrialba 25 (4) 377-384

Higuita, F 1971 Siembras múltiples e intercaladas ICA (Colombia) Boletin de Divulgacion No 42

Harwood, R R y F C Price 1976 Multiple cropping in tropical Asia A S A Special Publ No 27, pp 11-40

IICA 1974 Sistemas de Agricultura Tropical, Bibliografia No 27, CIDIA, IICA, Turrialba, Costa Rica 145 p

IICA 1969 Reunión tecnica sobre programacion de investigación y extension en frijol y otras leguminosas de grano para América Central IICA, Turrialba, Costa Rica IICA Publ ZN 112-65, ZV

APENDICE A

TERMINOLOGIA DE LOS SISTEMAS DE CULTIVOS ASOCIADOS

Durante la conferencia sobre cultivos asociados celebrada en Knoxville, se acordó una serie de términos para describir los varios sistemas de cultivos asociados Con ello se busca normalizar el uso de esos términos para evitar problemas de comunicación entre los investigadores Cada termino aparece acompañado por su equivalente en inglés

1 CULTIVOS MULTIPLES (Multiple Cropping) Siembra de mas de un cultivo en el mismo terreno, durante el mismo año Dentro de este concepto, hay una serie de alternativas en espacio y tiempo

1 1 Cultivos Intercalados (Intercropping) Siembra simultánea de dos o mas cultivos en el mismo terreno, en surcos independientes, pero vecinos

1 2 Cultivos Mixtos (Mixed Cropping) Siembra simultánea de dos o mas cultivos en el mismo terreno, sin organización en surcos distintos

1 3 Cultivos en Fajas (Strip Cropping) Siembra simultánea de dos o mas cultivos en el mismo terreno, pero en fajas amplias Esto permite un manejo independiente de cada cultivo

1 4 Cultivos Dobles (Double Cropping) Siembra de dos o mas cultivos en secuencia, sembrando o trasplantando el segundo cultivo después de la cosecha del primer cultivo (mismo concepto para Cultivos Triples, etc)

1 5 Cultivos de Relevo (Relay Cropping) Siembra de dos (o mas) cultivos en secuencia, sembrando o trasplantando el segundo antes de la cosecha pero después de la floración del primero Si la floración del primer cultivo se traslapa con la presencia del segundo cultivo, el sistema queda dentro de las categorías de cultivos intercalados o cultivos mixtos

1 6 Cultivos de Soca (Ratoon Cropping) el cultivo de la soca después de la cosecha, no solo ni necesariamente para cosechar el grano

2 MONOCULTIVO (Monoculture) Siembra de una variedad de un cultivo con su densidad normal (sinónimo con siembra uniforme - solid planting or sole crop)

3 Patrón de Cultivos (Cropping Pattern) La secuencia anual y la colocación física de los cultivos, o de los cultivos y el barbecho en determinado campo

4 Sistema de Cultivos (Cropping System) Los patrones de cultivos utilizados en una finca y sus interacciones con recursos u otras actividades en la finca, así como la tecnología disponible que determina su composición

5 Indice de Cultivos (Cropping Index) el número de cultivos sembrados anualmente en determinado terreno x 100 (aplicable a los varios tipos de cultivos múltiples)

IRRI 1974 Multiple Cropping Training Course (IRRI, P O Box 933, Filipinas) Vol I Organization, Principles of Cropping Systems, Vol II Soil Management Vol III Pest Management Vol IV Crop Technology Vol V Statistics, Economics, Extension (En Inglés - disponible a Bibliotecas)

Jolly, A J 1958 Mixed farming in the tropics Turrialba 8(2) 52-54

Lépez, P 1971 Asociación de cultivos maíz-frijol Agr Tec en Mexico, 3(3) 98-101

Lepez, R 1974 Asociación de cultivos maíz-fríjol INIA, SAG, Mexico, Folleto Tecnico No 58

Norman, D W 1974 Rationalizing mixed cropping under indigenous conditions the example of Northern Nigeria, J Devel Studies 10 3-21

Okigbo, B N y D J Greenland 1976 Intercropping systems in tropical Africa ASA Special Publ No 27, pp 63-101

Pinchinat, A M , J Soria, y R Bazan 1976 Multiple cropping in tropical America A S A Special Publ No 27, pp 51-61

Rappaport, R A 1971 The flow of energy in an agricultural society Sci Amer 225 117-132

del Valle, Ricardo 1975 Efecto de la fertilización con NPK en el sistema maíz-fríjol asociado, bajo las condiciones del Valle de Monzas Univ San Carlos de Guatemala, Fac de Agronomía, Tesis (Enero, 1975)

Willey, R W and D S O Osiru 1972 Studies on mixtures of maize and beans (Phaseolus vulgaris) with particular reference to plant populations J Agr Sci 79 517-529

TERMINOLOGIA DE LOS SISTEMAS DE CULTIVOS ASOCIADOS (Cont)

6 Relación Equivalente de Terreno (Land Equivalent Ratio) La relación entre el área que se necesita sembrar con monocultivo y el área (1 ha) de cultivos múltiples, para dar igual cantidad de producto bajo el mismo nivel de manejo Por ejemplo para el cultivo intercalado de maíz y fríjol se tendría

$$\text{RET } (=\text{LER}) = \frac{\text{Rendimiento de maíz en asociación}}{\text{Rendimiento de maíz en monocultivo}} + \frac{\text{Rendimiento de fríjol en asociación}}{\text{Rendimiento de fríjol en monocultivo}}$$

Cultivos Intensivos (Maximum Cropping) La mas alta producción por unidad de superficie por unidad de tiempo, sin tomar en cuenta el costo ni el ingreso neto

8236

FACTORES AGRONOMICOS DE LA ASOCIACION FRIJOL/MAIZ[1/]

C A Francis y M Prager[2/]

Los agricultores de nuestra región practican desde hace siglos una serie de sistemas de cultivos asociados Aunque esa tendencia se concentra en la zona media y alta, (maíz/fríjol, maíz/papa/haba) realmente existe desde la zona mas baja (maíz/caupí, plátano/yuca, maíz/fríjol/ñame) Los sistemas de asociacion se caracterizan por una competencia en el espacio y el tiempo La competencia no es físicamente por espacio o tiempo, sino por los elementos o factores en el ambiente mas necesarios para el crecimiento y producción de cada cultivo luz, nutrimentos, agua, CO_2, etc En una serie de ensayos en el CIAT, se han estudiado algunos factores y variaciones en el sistema de fríjol/maíz asociado, y se ha comparado este sistema con los dos respectivos monocultivos (Francis et al , 1976, 1977)

En su evaluación de la información que sigue en la conferencia, es importante tener en cuenta que los resultados son válidos para un solo sistema en una sola localidad - CIAT, Palmira Sin embargo, los métodos que se utilizan para llegar a estas conclusiones son los mismos que se podrían utilizar para estudiar otros dos o mas cultivos en cualquier zona Por ejemplo, es interesante que la fecha simultánea de siembra es óptima en el Valle para el sistema maíz/fríjol voluble Es de suma importancia aprender que el éxito de la asociacion de cualquier cultivo asociado, ya sea papaya con piña, puede depender decisivamente en la relación de fecha relativa de siembra de los dos cultivos en la misma área Aunque se presentaron muchos datos sobre un solo sistema, intenta-

1/ Topico presentado en el curso intensivo sobre producción de fríjol, Abril 18, 1977, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia

2/ Agrónomos, Programa de Fríjol, CIAT

mos indicar en la discusión por qué es tan importante cada factor, y cómo se podría estudiar en otras zonas y en otros sistemas Además, algunos resultados son muy específicos en esta localidad Se espera indicar cuáles son los factores que tienen probabilidad de una aplicación amplia sin mucha modificación, y cuáles pueden ser los mas específicos para determinada zona y sus condiciones Finalmente, se describe una serie de factores que todavía no han sido estudiados en nuestro programa

1 Comparación de Sistemas, Monocultivo vs Asociado

En varios semestres se ha comparado el monocultivo de maíz y fríjol contra la asociación de los dos El maíz no sufre ninguna reducción en el rendimiento con la asociación, siempre y cuando se siembre con la misma densidad en ambos sistemas La Tabla 1 muestra que no hay diferencias significativas en la mayoría de los ensayos en el rendimiento del maíz

La eficiencia de los tres sistemas en cuanto al uso de terreno, en términos del "Índice de uso eficiente de tierra" (UET) se encuentra en la última columna de la tabla Este índice cuantifica el número de hectáreas necesarias para obtener la misma producción total si los dos cultivos fueron sembrados en monocultivo, en comparación con una hectárea del sistema de asociacion (Bantilán y Harwood, 1973) En la tabla, los valores del índice U E T están en muchos casos por encima de 1 50, lo cual indica un aumento en la producción total de mas del 50% de algunos de los mejores sistemas de asociación evaluados Se observa además, que en algunos casos el maíz en asociación produce mas que el maíz en monocultivo en el mismo ensayo

Tabla 1 Indices de uso eficiente de tierra de cultivos asociados en once ensayos de maíz y frijol, comparados con sus respectivos monocultivos

Ensayo	Rendimiento Monocultivo		Rendimiento Asociación		Indice Uso Efic Tierra UFT
	Maíz (kg/ha)	Frijol (kg/ha)	Maíz (kg/ha)	Frijol (kg/ha)	
7501	6535y	2148a	7318x	429b	1 32
7502	7221x	2033a	6926x	1033b	1 47
7503	6383x	2290a	7174x	334b	1 27
7509	5674y	2815a	7175x	1180b	1 68
7510	5500y	3486a	6794x	517b	1 39
7511	5445y	2165a	6718x	1443b	1 90
7513	5096x	2574a	5923x	1030b	1 56
7515	5600x	2688a	4177y	1275b	1 21
7516	3729x	1531a	3414x	1083b	1 62
7517	4435x	3696a	4089x	1732b	1 39
7518	4739x	4307a	4934x	2075b	1 52

La incidencia del cogollero (Spodoptera frugiperda) ha sido diferente entre sistemas de siembra de maíz, en ciertos semestres en el CIAT (Informe Anual, 1975) La Figura 1 muestra diferencias en ataque, entre una infestación alta en monocultivo de maíz o en maíz asociado con fríjol voluble, y una infestación baja en el caso de la asociación con fríjol arbustivo Después de cada uno de los tres ataques, se controló el insecto con aplicaciones de insecticida granular En este caso, la asociación de cultivos representa menos costos de control químico, debido a la aparente protección del mismo sistema

El volcamiento del maíz, representa para el agricultor un verdadero problema, especialmente en la cosecha, además de las pérdidas directas debidas a pudricion de mazorcas En la Tabla 2, se encuentran datos que comparan el maíz en monocultivo con el maíz asociado, y el acame tanto de raíz como de tallo Se nota en el acame total, que este es siempre mayor que en el monocultivo El acame de raíz es un punto muy importante para distinguir entre los dos sistemas, se sopone que el mejor anclaje de las raíces debido a la asociación con el fríjol es el factor mas importante para explicar esta diferencia Esta ventaja de la asociación puede ser crítica en regiones donde hay vientos fuertes y muchos problemas de cosecha de maíz debido al acame

Entre los criterios de decisión mas importantes para el agricultor de pocos recursos, en cuanto a cuáles cultivos y sistemas deben sembrarse en un determinado año, están la producción, rentabilidad y seguridad de la cosecha Como ya se mencionó, la densidad de siembra de los cultivos es un factor importante en el rendimiento, e influye mucho en la producción y rentabilidad del cultivo La Figura 2 muestra las diferencias en ingreso total (valor comercial del cultivo), en tres sistemas, como función de la densidad La densidad de siembra es la que indica la figura en ambos monocultivos, en cuanto a la asociación la densidad del maíz se man-

Tabla 2 Acame de maíz en diez ensayos de monocultivo y asociación con fríjol voluble y fríjol arbustivo[1/]

Ensayo	Maíz	Variedad Fríjol Asociado	Acame Raíz Mono	Acame Raíz Asoc	Acame Tallo Mono	Acame Tallo Asoc	Acame Total Mono	Acame Total Asoc
7501	H-207	P-259	29 4	22 8	6 4	6 6	35 8	29 4
7501	H-210	P-259	1 6	3	9 6	3 8	11 2	4 2
7501	H-207	Pijao	29 4	9 6	6 4	5 2	35 8	14 8
7501	H-210	Pijao	1 6	6	9 6	2 4	11 2	3 0
7502	H-207	Pijao	23 3	6 3	7 3	5 0	30 6	11 3
7507	H-207	P-259	53 2	17 0	6 2	6 5	59 4	23 5
7508	H-207	Jamapa	64 3	14 0	1 0	3 3	65 3	17 3
7509	H-207	P-259	46 5	2 2	15 8	3 0	62 3	5 2
7510	H-207	P-259	2 0	3 2	22 5	6 2	24 5	9 4
7511	H-207	Pijao	14 0	26 0	9 0	0	23 0	26 0
7513	H-207	P-259	9 0	10 0	6 0	3 0	15 0	13 0
7515	H-207	P-259	10 2	16 2	18 7	12 2	29 0	28 5
7516	H-207	P-259	14 0	10 0	22 0	14 0	36 0	24 0

1/ Datos de acame en columnas seguidas con una raya, no son diferentes significativamente, nivel 5%

Figura 1. Relac entre tres sistemas de siembra de maíz monocultí asociado con fríjol voluble, y asociado con fríjol arbustivo, en el ataque de cogollero (Spodoptera sp) sobre el maíz (CIAT, 1975).

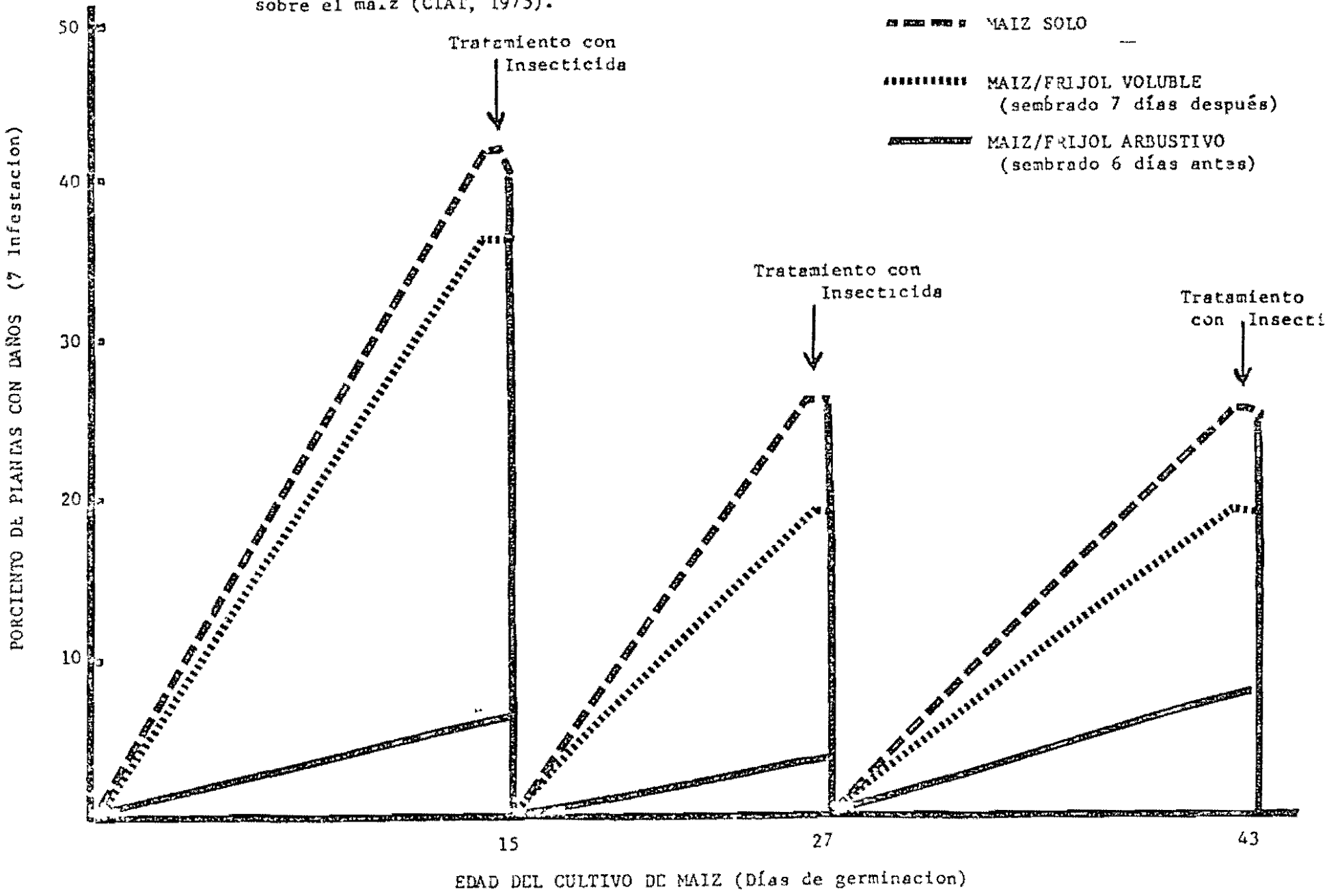
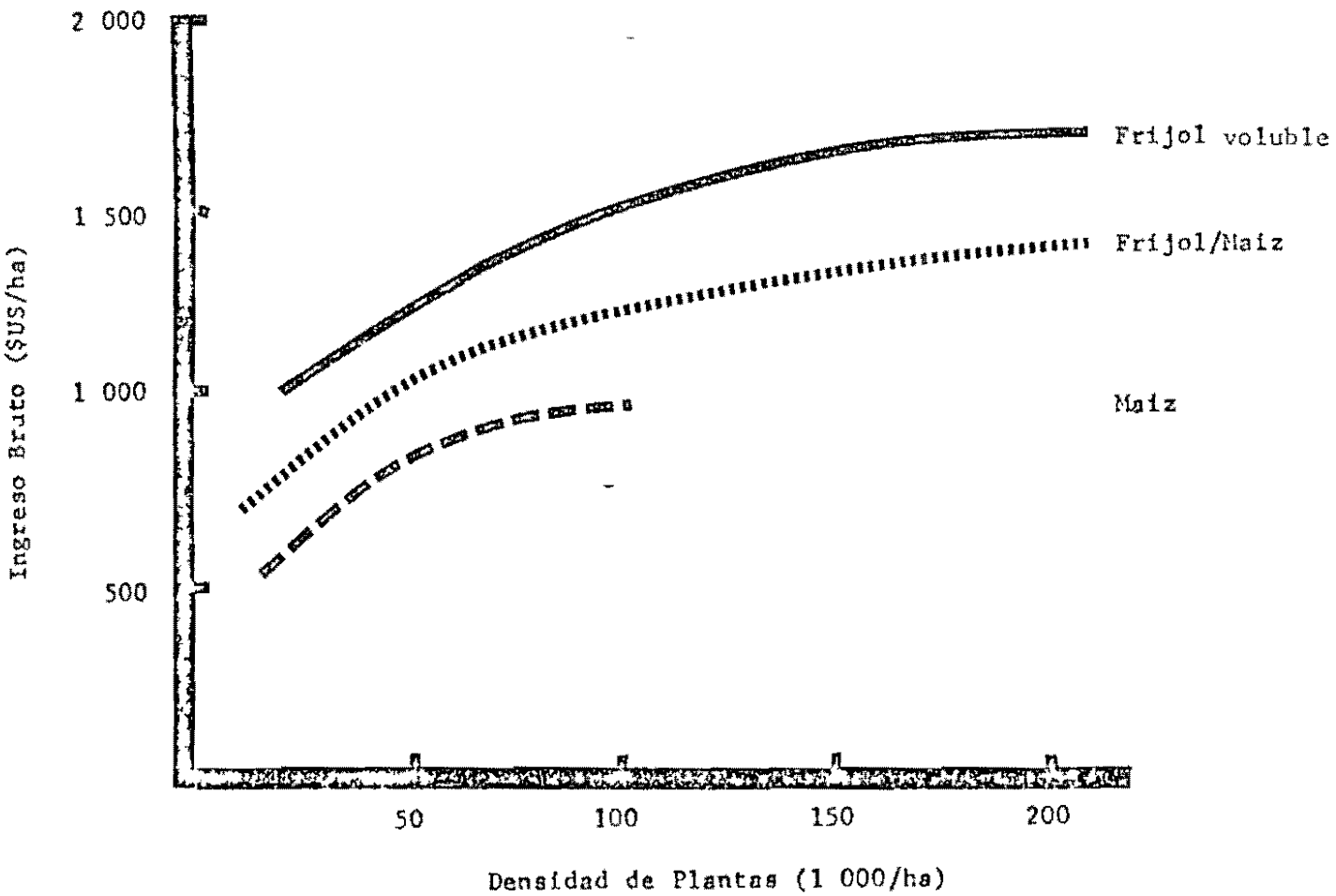


Figura 2. Ingreso total de tres sistemas, frijol, maíz, y asociación maíz-frijol como función de la densidad de siembra, el maíz se mantiene con 40 000 plantas/ha en asociación (Francis *et al*, 1976)



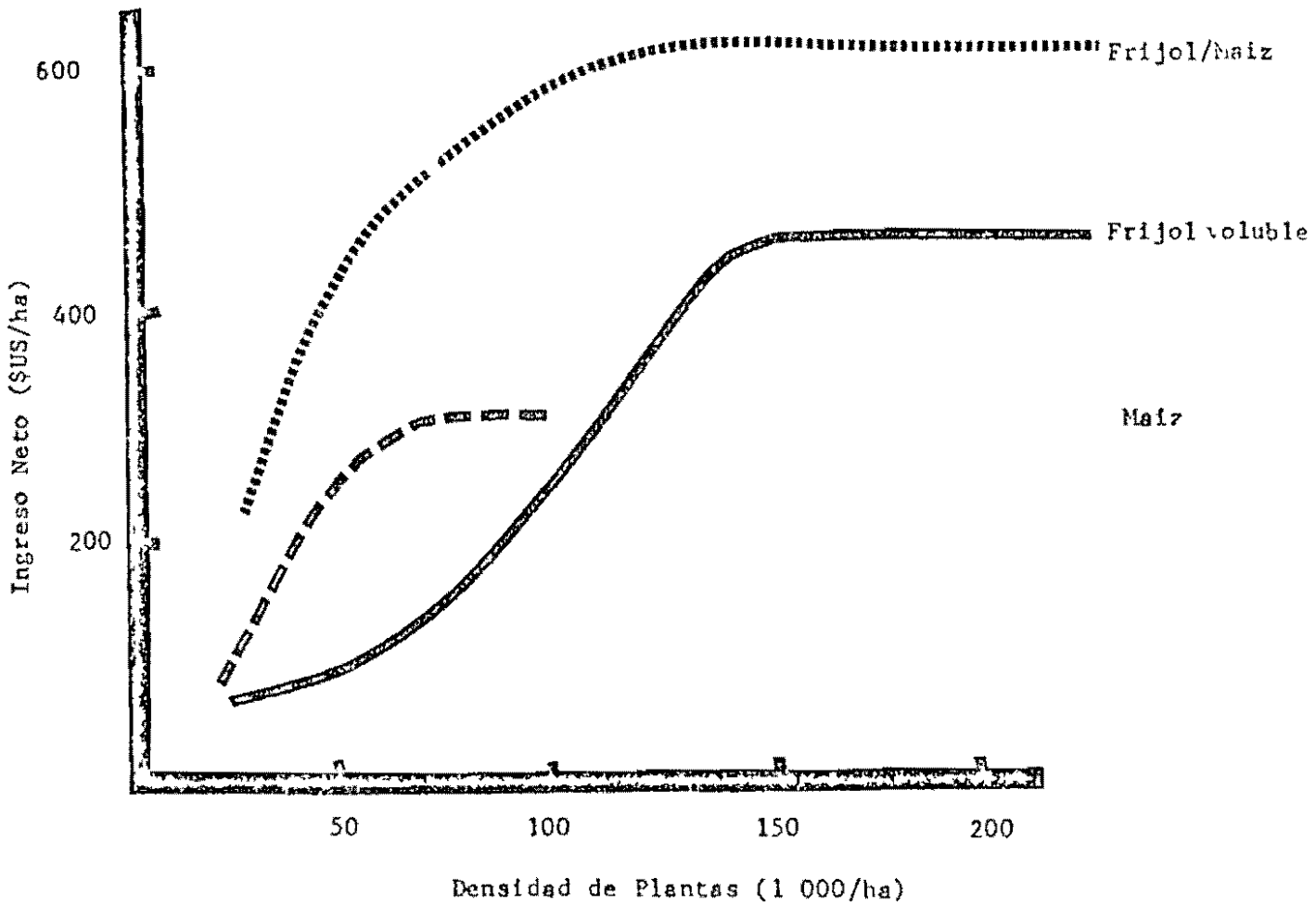
tiene constante en 40 000 plantas/hectárea Se calculó el ingreso con un precio del maíz de US$ 120/tonelada y el fríjol con un precio de US$ 480/tonleda En cuanto al ingreso bruto, hay una ventaja del monocultivo de fríjol en todos los niveles de densidad Las densidades óptimas son de 60-70 000 plantas de maíz en monocultivo, y de 100-120 000 plantas de fríjol/hectárea en cualquiera de los dos sistemas

Aunque el fríjol voluble en monocultivo produjo un ingreso total alto, el sistema tiene costos adicionales muy elevados para las espalderas o tutores La mayoría de los costos como preparación, siembra, fertilización y protección, son relativamente iguales con aumentos en densidad, se aumentan los costos de semilla y mano de obra en la cosecha Con base en los costos del CIAT, se ha calculado el ingreso neto del monocultivo de fríjol en comparación con los otros dos sistemas (Figura 3) Con estos costos y un rendimiento consistente en 3 ton/ha de fríjol en monocultivo, este sistema resulta menos rentable que el sistema de asociación fríjol/maíz, con producción de 1 5 ton/ha de fríjol y 6 ton/ha de maíz Para conseguir una comparación válida entre los sistemas, hay que estudiarlos en otras condiciones Por ejemplo, un agricultor que disponga de materiales rústicos para los tutores y mano de obra de la familia, tendría un costo mucho mas bajo, y una ganancia neta mucho mas alta por hectárea, sembrando fríjol voluble solo

Sistema de Siembra

El sistema de siembra en relación a la orientación o colocación física de los dos cultivos, tiene influencia sobre la producción del sistema cuando las densidades son bajas En nuestra experiencia en el CIAT, bajo condiciones de óptima tecnología, se ha comparado una serie de sistemas de frímol arbustivo/maíz, así como una serie de sistemas de fríjol voluble/maíz Según los resultados presen-

Figura 3 Ingreso neto de tres sistemas, frijol, maíz y asociación maíz-frijol como función de la densidad de siembra, el maíz se mantiene con 40 000 plantas/ha en asociación (Francis et al , 1976)



tados en la Figura 4, se observan pocas diferencias entre los varios sistemas, bajo condiciones de una densidad de siembra constante

En este ensayo, en 1975, el monocultivo de fríjol arbustivo produjo un 45% mas que el fríjol arbustivo asociado Es decir, la reducción en produccion debido a la asociación fué alrededor del 30%, consistente con varios ensayos bajo condiciones del CIAT En el fríjol voluble, esa reducción debido a la asociación con maíz, es alrededor del 50% en rendimiento En la Figura 4 llama la atención los rendimientos de fríjol voluble en monocultivo, superior a las 4 ton/ha, y en asociación de 2 ton/ha

Aunque se deben encontrar diferencias en la intercepción de luz, y la competencia por otros factores de crecimiento, entre los sistemas alternativos de asociar cultivos, aparentemente el uso de altas densidades y altos niveles de tecnología puede esconder diferencias menores en sistema Cuando una mezcla de cultivos alcanza la intercepción total de luz disponible, cuando el agua y los nutrimentos no son limitartes, y hay una protección vegetal lo mas completa posible, no existen diferencias que sean fáciles de medir, aún con altos niveles de rendimiento, como se muestra en la Figura 4

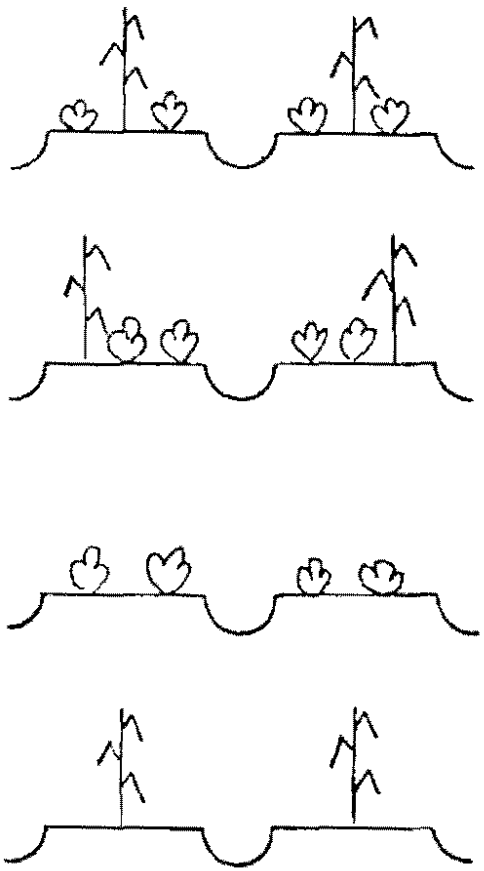
3 Tipos de Soporte

En varios ensayos se ha comparado diferentes tipos y alturas de soporte para sostener al fríjol voluble Es importante conocer el efecto del tutor sobre rendimiento, porque el agricultor siempre tiene que aprovechar los materiales a la mano para su propia siembra, o tomar la decisión de sembrar su fríjol voluble asociado con maíz Ya se ha mencionado que la reduccion de producción de fríjol voluble es alrededor del 50% en asociación, comparado con el monocultivo, aprovechando un sistema óptimo de asociación Este rendimiento puede reducirse mas,

Figura 4 Comparación de varias sistemas de siembra de frijol arbustivo con maiz, y de frijol voluble con maiz

SISTEMA DE FRIJOL/MAIZ ASOCIADOS

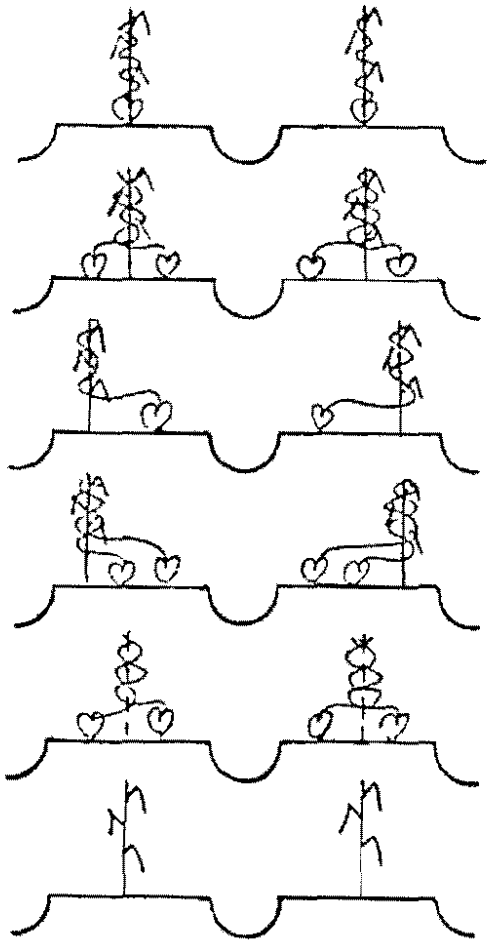
a FRIJOL ARBUSTIVO



Rendimiento (kg/ha) Frijol	Maiz
1 425a	6 400x
1 475a	4 800x
2 000a	--
--	5 400x

Densidades Frijol = 250 000, Maiz = 40 000/ha

b FRIJOL VOLUBLE



Rendimiento (kg/ha) Frijol	Maiz
2 075b	4 935x
1 990b	4 070x
1 985b	4 010x
2 080b	3 270x
4 310a	--
--	4 740x

Densidades Frijol 160 000, Maiz = 40 000/ha

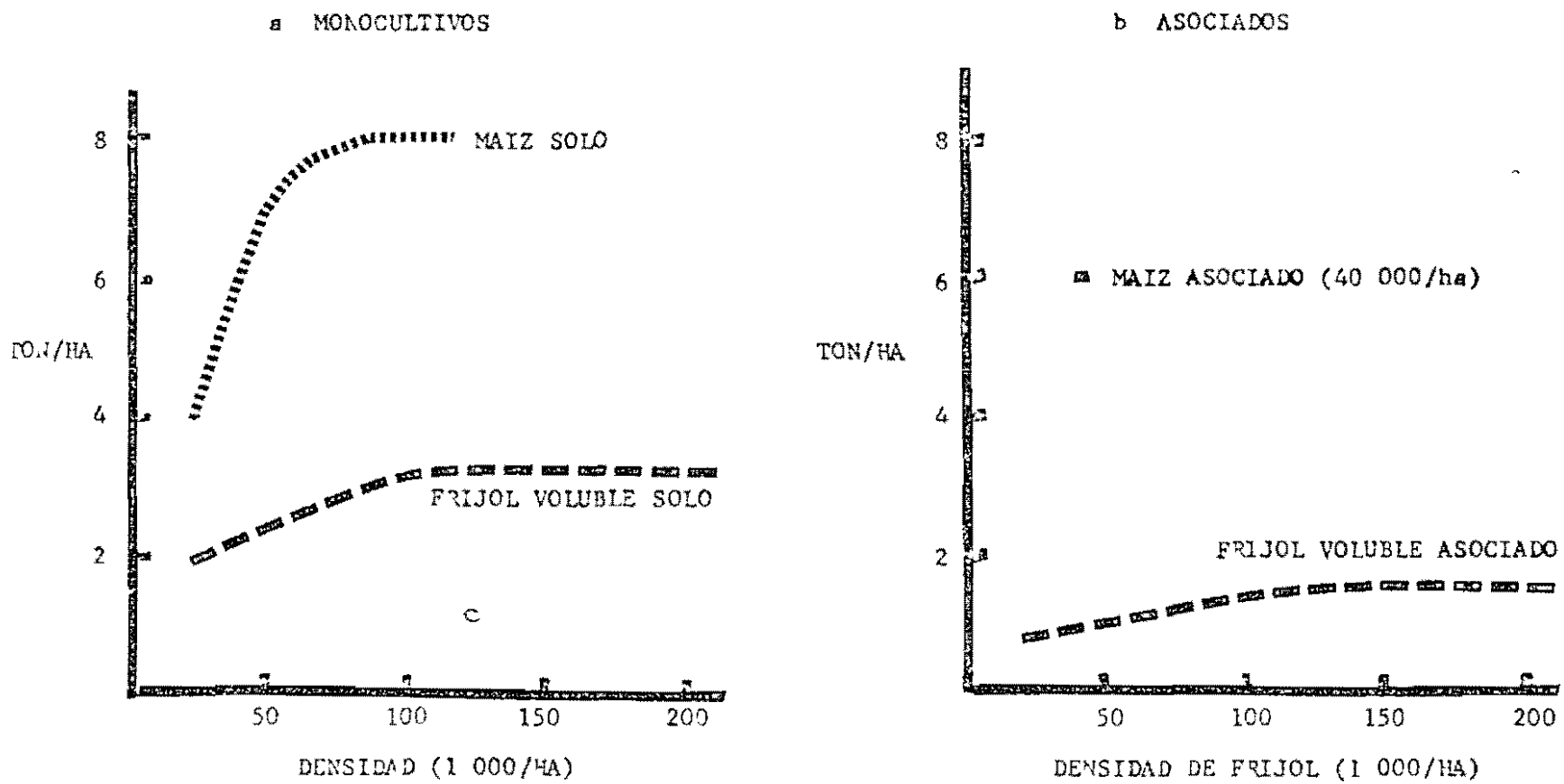
si el maíz está sembrado antes, si la variedad de fríjol no crece muy rápido, si las condiciones ambientales favorecen al maíz y no al fríjol, y la reducción puede ser del 70 al 80% Cuando se siembra un fríjol de tipo voluble sin soporte, se puede reducir el rendimiento en un 80% del nivel del monocultivo, especialmente si hay exceso de lluvia y una pudrición de las vainas

En la altura del tutor, aparentemente 2 mts es una altura óptima, los tutores mas altos son difíciles de manejar y no aumentan mucho los rendimientos Se han comparado varios materiales en el CIAT, para sostener el fríjol voluble Estos incluyen (1) trelis de guadua, alambre y cabuya, (2) trelis igual, pero con hilo de polipropileno, (3) trelis con estacas de guadua, (4) cola de guadua, (5) caña menuda, (6) tallos viejos de maíz, (7) estacas de guadua, y (8) palos de madera (ramas de árboles) Realmente, es difícil comparar y sacar conclusiones con respecto al sistema óptimo para tutores de fríjol De los ensayos hasta la fecha, no hay ningun sistema que pueda igualar el rendimento de los trelis - costoso y problemático en la cosecha, pero con potencial para soportar bien el cultivo y producir hasta 5 ton/ha en monocultivo Los demás materiales son buenos, cuando se utiliza una densidad suficiente de estas o barras (mínimo 20 000/ha) y cuando ellos sostienen el cultivo de buen crecimiento vegetativo y reproductivo La cola de guadua podría tener ventajas a una densidad de 40 000 plantas/ha por su bajo costo y facilidad de consecución

4 Densidad de Siembra

La densidad de siembra de cada cultivo es uno de los factores agronómicos mas importantes para determinar el rendimiento final Como se puede apreciar en la Figura 5A, la densidad de plantas por hectárea influye directamente en la producción El maíz responde con un aumento en densidad hasta 80 000 plantas/ha , aunque la recomendación y nivel óptimo comercial esta en 50-55 000 plantas/ha

Figura 5. Efectos de densidad de siembra de maiz y frijol en monocultivo, y de frijol en asociación con maiz (densidad de maiz en asociación constante a 40 000 plantas/ha)



Con niveles mas altos que la recomendación, el acame de este híbrido tiende a negar los beneficios del aumento en densidad El fríjol voluble también responde a los aumentos en la densidad, hasta un tope de unas 100-120 000 plantas/ha Los tipos arbustivos responden también a los aumentos en densidad, hasta un nivel de 200-250 000

En la Figura 5B el maíz se mantiene a una densidad constante de 40 000 plantas/ha , con un potencial de producción de 6 ton/ha , lo que indica una reducción de un 25% si se compara su producción a una densidad de 80 000 plantas/ha , en este caso el fríjol voluble responde a los aumentos en densidad hasta 100-120 000 plantas/ha

En base a los resultados de 15 ensayos realizados durante el año de 1975, se concluye que el maíz se afecta por la siembra del fríjol en asociación, con la fecha simultánea de siembra y una densidad constante del maíz Puede observarse en la Figura 5A y 5B en relación al rendimiento del fríjol que no existe una interacción entre densidad y sistema de siembra

Es posible que existan diferencias en la densidad óptima, entre variedades de fríjol, sistemas y localidades, sin embargo, las diferencias no son muy grandes De los resultados hasta la fecha se concluye que la interacción mínima entre densidad y otros factores (variedad, sistema, localidad), permite una recomendación general para cada tipo de fríjol, independientemente del sistema y la variedad Esta densidad es de 100-120 000 plantas/ha para fríjol voluble y 200-250 000 plantas/ha para fríjol arbustivo

5 Fecha de Siembra

Existe una serie de practicas en cuanto a fecha de siembra, desde monocultivo con una fecha bien separada de cada cultivo y cero competencia, hasta una fecha simultánea con competencia intensiva entre los dos cultivos componentes Entre

los extremos, existen sistemas de traslape o relevo de cultivos El mas común de los cuales consiste en una siembra de fríjol entre la floración y la madurez fisiológica del maíz En muchas zonas, la siembra retardada del fríjol facilita que este cultivo de ciclo corto aproveche la humedad de las continuas lluvias, y en el caso del fríjol voluble, aproveche las cañas del maíz como tutor El relevo de cultivos implica una competencia parcial entre los dos componentes, y una situación intermedia entre monocultivo y una siembra simultánea

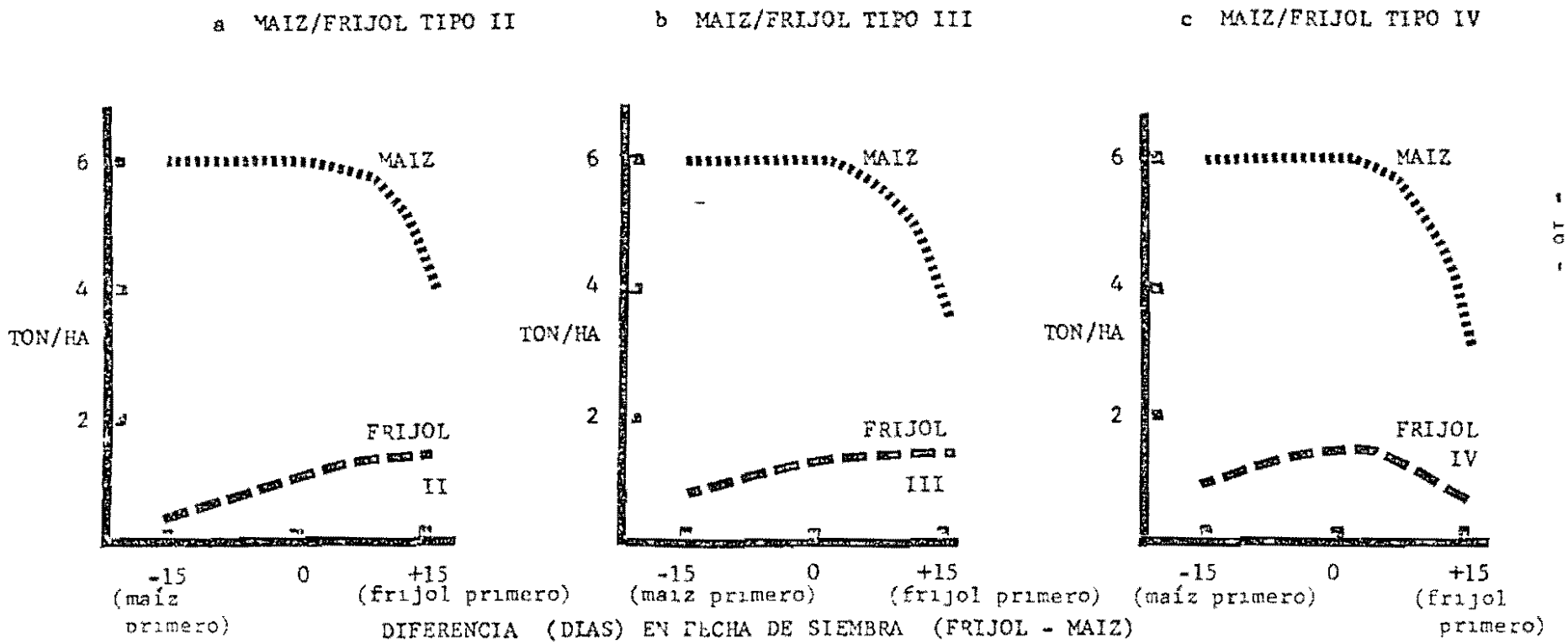
En relación a fechas de siembra el tipo de crecimiento fisiológico de la planta de fríjol es un factor importante

En experimentos realizados en el CIAT con cuatro tipos de fríjol en asociación, se ha observado un efecto drástico debido a este factor Los resultados de cuatro ensayos se resumen en la Figura 6. En todos los casos, la siembra anticipada del maíz es igual a la siembra simultánea con respecto a su rendimiento Cuando el fríjol se siembra primero en la asociación, el maíz sufre una perdida marcada en su rendimiento debido a la competencia, especialmente la sombra del cultivo asociado

Entre los tipos de fríjol incluídos en la Figura 6, se nota un efecto mas drástico del tipo IV sembrado con anticipación, comparado con el tipo II y III La reducción en producción del maíz puede ser de 30 hasta 50%, según estos resultados Un ensayo en 1977 mostró casi una pérdida total del maíz con solo 15 días de retraso a la siembra del fríjol, mostrando la sensibilidad de esa interacción al medio ambiente

Los rendimientos del fríjol disminuyen con la siembra adelanta del maíz El tipo de fríjol influye también en esa reducción - los tipos I y II, mas precoces, determinados y sin ramificación, tienen menos posibilidad de compensación en esas condiciones adversas, comparados a los tipos III y IV La siembra adelantada de los tipos II y III muestra un aumento en rendimiento del fríjol, hasta niveles

Figura 6. Efectos de fecha relativa de siembra de frijol y maiz en asociación, el frijol incluye tres hábitos Tipo II = arbustivo, sin ramas, tipo III = indeterminado, ramificado, tipo IV = voluble



cercanos a los del monocultivo El caso del tipo IV es interesante, en donde se reduce la producción con siembra adelantada o retrasada, y se alcanza el máximo rendimiento con la siembra simultánea Debido a su hábito de crecimiento, este fríjol sufre con la siembra adelantada por falta de tutor, y logicamente, en siembra atrasada por la sombra del maíz Considerando estos resultados, la mejor recomendación general es sembrar el mismo día, como promedio, en este ambiente

Dos conclusiones adicionales sobre fecha de siembra son importantes Primero, la combinación óptima de fechas depende del clima, especialmente la interaccion de temperatura con la tasa de crecimiento de cada componente. Por ejemplo, en Popayán a una altura de 1900 m s n m , el maíz crece mas lentamente que el fríjol - la combinación óptima de los dos cultivos requiere una siembra adelantada del maíz de unos 20-30 días El otro punto importante es la comparación de precios de los dos cultivos. A veces existe una separación grande, como el caso de Colombia en donde el fríjol tiene un precio de unas 4 a 6 veces mayor al del maíz. Hay que considerar la reducción de rendimiento de un cultivo contra el aumento en el otro, y la ganancia neta del sistema Es seguro que el sistema optimo para cada zona dependerá del crecimiento de cada cultivo y de los precios que recibe el agricultor

CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación intensiva en el sistema de asociación de cultivos maíz/fríjol en el CIAT, señalan que existe un potencial grande para aumentar la productividad de estos sistemas tradicionales Tienen aplicación en algunas regiones tropicales, especialmente aquellas caracterizadas por la

presencia de agricultores con recursos escasos en zonas de minifundio

Un resultado importante de este esfuerzo investigativo es el hecho de que el rendimiento del maíz no rebaja como consecuencia de la asociacion con el fríjol Por otro lado la cosecha del fríjol asociado con este maíz puede llegar hasta 1 500 kg/ha en el caso de las variedades arbustivas, y hasta 2 000 kg/ha con las variedades voluble Un resultado de esta naturaleza afecta en forma significativa los ingresos del agricultor el maíz no baja en su producción y el fríjol puede ser considerado como otro ingreso adicional de mucha importancia por el alto precio que tiene este producto en la mayoría de los países latinos

La eficiencia del uso de la tierra aumenta con la asociacion de los dos cultivos Según los resultados presentados, esa eficiencia sube desde 21% hasta un 90% en las asociaciones, esto en comparación con los respectivos monocultivos

Entre los factores agronómicos mas críticos para aumentar la produccion, tanto de los monocultivos como de la asociación, la densidad de siembra juega un papel de suma importancia Los rendimientos de maíz subieron con aumentos en la densidad hasta 70-80 000 plantas por hectarea Los rendimentos del fríjol también aumentaron hasta niveles de 120 000 plantas por hectárea, en el caso de las variedades volubles Estos niveles de densidad son muy superiores a los que utiliza el agricultor, y pueden ser conseguidos mediante cambios relativamente fáciles dentro de los sistemas actuales Una de las consecuencias mas interesantes de la asociación maíz/fríjol, es la reducción del ataque del cogollero en el maíz Esta protección aparente que recibe el cultivo del maíz, significa una reducción marcada en el costo de produccion del cultivo Otra consecuencia importante es la reduccion de acame en el maíz, cuando el cultivo se encuentra

asociado con el fríjol En el caso de la reducción del acame de raíz, este resultado se relaciona tentativamente con un mejor anclaje de la planta, resultante de un entrecruzamiento de las raíces de ambos cultivos en la misma zona del suelo

Un estudio economico de los ingresos obtenidos con los tres sistemas de cultivo, maíz en monocultivo, fríjol voluble en monocultivo, y asociación maíz/fríjol, señala una ventaja de la asociación cuando los costos son altos en el monocultivo de fríjol voluble La ganancia relativa entre los sistemas cambiaría en una situacion de menos costo del monocultivo de fríjol voluble El sistema de cultivos asociados no solamente es mas rentable en el CIAT y conduce a un uso mas eficiente de la tierra, sino que además tiene un costo mas bajo de producción Esto implica menos inversión y menos riesgo para el agricultor, factores que son de indudable importancia en su mecanismo de toma de decisiones

Los factores no incluídos como variables en los estudios hasta la fecha incluyen humedad del suelo, nutrición del cultivo (fertilizantes) y protección vegetal Hasta ahora, se ha mantenido el cultivo en esta localidad en condiciones óptimas, con respecto a estos factores mencionados Es seguro que estos factores son muy específicos en su influencia sobre la productividad de cada sistema - específicos en terminos de tipos de suelo, temperatura, fertilidad residual, lluvia, época del año y plagas/enfermedades que se presentan durante el ciclo del cultivo Son de mucha importancia, y deben estudiarse especialmente en cada zona de aplicación de resultados

Estos resultados son un avance en el entendimiento de un sistema de cultivo muy importante en Latinoamérica Su validación en otros medios ambientes parece

ser un paso razonalbe dentro de la metodología a seguir en el proceso que busca un efecto significativo de la tecnología en la obtención de mejores condiciones de vida para los habitantes de las regiones rurales del trópico

ser un paso razonalbe dentro de la metodología a seguir en el proceso que busca un efecto significativo de la tecnología en la obtención de mejores condiciones de vida para los habitantes de las regiones rurales del trópico

REFERENCIAS

Bantilan, R T y R R Harwood 1973 The influence of intercropping field corn (Zea mays) with mungbean (Phaseolus aureus) of cowpea (Vigna sinensis) on the control of weeds En IV Ann Sci Meeting Crop Sci Soc Philippines, Mayo 21-23, Cebu City

CIAT 1973, 1974, 1975, 1976 Informes Anuales del Programa de Fríjol

Francis, C A , C A Flor, y M Prager 1976 Contrastes agroeconomicos entre el monocultivo de maíz y la asociación-maíz-fríjol VII Reunion de Maiceros de la Zona Andina, Guayaquil, Ecuador, 18-22 Octubre

Francis, C A , C A Flor y M Prager 1977 Potenciales de la asociacion frijol-maíz en el tropico Fitotecnia Latinoamericana (en imprenta)

8235

INTERACCIONES GENOTIPO POR SISTEMA EN LA ASOCIACION FRIJOL/MAIZ[1/]

C A Francis[2/]

La practica de intercalar cultivos es ampliamente usada en fincas de subsistencia en países tropicales en vías de desarrollo En el pasado, esta realidad se ha ignorado y la investigación agrícola en el tropico se ha enfocado hacia el desarrollo de una tecnología cuyo objetivo es una producción mas eficiente de monocultivos Debe reconocerse que e a orientación de la tecnología hacia los monocultivos ha elevado la productividad de los suelos tropicales, mediante nuevas prácticas de cultivos, uso de fertilizantes, pesticidas e insecticidas

El mejoramiento genetico ha tenido como objetivo la obtención de híbridos y variedades para situaciones de monocultivo y el éxito alcanzado ha permitido aumentar el potencial de rendimiento de muchos cultivos Las nuevas semillas, sembradas por agricultores con capital y tecnología disponibles, han influído en forma importante en el desarrollo de muchas regiones Esta "revolucion verde" ha llegado en algunas regiones a los agricultores mas progresistas, y su influencia en la produccion total de ciertos cultivos es un factor de suma importancia en la nutrición actual del pueblo

Sin embargo, la validez total de esta orientación como el único esfuerzo hacia el mejoramiento de los monocultivos es dudosa La mayoría de los cultivos alimenticios en el tropico se siembra en pequeñas fincas, por agricultores a quienes no ha llegado la nueva tecnología Estos agricultores insisten en preservar sus

---

1/ Topico presentado en el curso intensivo de producción de frijol, Abril 18, 1977, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia mucha información se ha tomado de Francis et al , 1976

2/ Agrónomo, Programa de Frijol, CIAT

sistemas de cultivo tradicionales y no aceptan otras alternativas, incluyendo nuevas variedades, por otra parte diseñadas para sistemas de monocultivo

No esta muy bien establecido el mecanismo mediante el cual estos pequeños agricultores toman esta clase de decisiones, pero es claro que la diversificacion en dietas y en fuentes de ingresos, la reducción en la incidencia de insectos y enfermedades, el uso de mano de obra familiar y una utilizacion mas intensiva del poco terreno disponible, son factores importantes la importancia reconocida de estos pequeños agricultores sugiere la necesidad de una revisión en la orientacion de los esfuerzos de los investigadores Hay necesidad de entender los sistemas de cultivo de esta clase de productores y toda la gama de relaciones de estos sistemas con los distintos componentes del ambiente Cubrir esta etapa parece ser un paso razonable en el proceso de diseño, introducción y evaluacion de nuevas variedades en estos ambientes

Metodología para Mejorar Cultivos como Componentes de Asociaciones

Una metodología para mejorar variedades que puedan ser usadas en sistemas de cultivo intercalado en el trópico, debe reflejar

1 Nivel de Interacción Genotipo por Sistema

Al principio, hay que establecer si existe una interacción significante entre las variedades en prueba o mejoramiento, y los sistemas principales en los cuales se va a sembrar el cultivo Una revisión de literatura y una serie de comunicaciones recientes con varios especialistas en Asia, Africa y Latinoamérica, indican que se ha prestado muy poca atención por parte de los investigadores a la elección de variedades para sistemas específicos de cultivos múltiples Sin embargo, se ha hecho una selección conciente dirigida hacia ciertas características deseables para la adaptacion de las variedades nuevas

a ambos sistemas cultivos multiples y monocultivos En este seminario se presenta una metodología para probar la interacción genotipo por sistema en frijol arbustivo, fríjol voluble y maíz

? Necesidad de un programa de mejoramiento diseñado hacia los sistemas complejos de multicultivos

Si se determina que existe una interacción fuerte entre variedad y sistema, hay que diseñar un procedimient eficiente para mejorar los cultivos en dos o mas sistemas Esto implica una dilución de trabajo y menos avance en cada sistema, pero es necesario si se toma en cuenta la aplicación a lo largo de los resultados - la adopción de nuevas variedades por los agricultores, y su impacto como un componente de la tecnología mejorada para aumentar la producción

Características de la Planta y Sistemas de Cultivos Asociados

Las características de variedades útiles para los sistemas de cultivo intercalado se encuentran en la literatura La insensibilidad al fotoperíodo permite la siembra de una variedad en cualquier fecha del año Permite además, flexibilidad para aquellos sistemas nuevos que requieren una siembra en fechas distintas a las tradicionales para cierta región y cultivo (Dalrymple, 1971, Swaminathan, 1970) La precocidad de una variedad permite una organización mas intensiva del cultivo y mayor flexibilidad para la utilización de sistemas de cultivo intercalado o cultivo de relevo (IRRI, 1972, Herrera y Harwood, 1973, Rao et al , 1960 Sindagi y Ansari, 1969) En algunos cultivos las plantas de porte bajo con resistencia al acame han sido seleccionadas por su respuesta favorable a las aplicaciones de nitrógeno, reducido follaje y menor competencia por luz para la asociación de cultivos (IRRI, 1972, 1973, Sindagi y Ansari, 1969, Swaminathan, 1970) La respuesta a altas densidades permite también mayor flexibilidad para variar las proporciones

relativas de los cultivos componentes de la asociación, así como en la obtención de altos niveles de población total del sistema (IRRI, 1973 Swaminathan, 1970)

Aunque ciertas características de las nuevas variedades son útiles para el cultivo intercalado de estas especies, hay una evidencia muy limitada de que los mejoradores han seleccionado conscientemente sus variedades para estos sistemas Los autores concluyen que en los trópicos la mayoría de esa selección ha sido realizada por los mismos agricultores Estos agricultores, durante muchos años han seguido sistemas de cultivo propios en forma consistente han seleccionado semillas de aquellas plantas individuales y/o variedades que dieron una mayor produccion en estos sistemas de cultivo asociado Esto fue confirmado mediante correspondencia con varios colegas actualmente familiarizados con la agricultura de pequeños agricultores

Literatura sobre Interacciones Variedad por Sistema

La decisión de tamizar y seleccionar germoplasma promisorio, aprovechando mas de un sistema de tamizado y/o selección, depende de la magnitud de las interacciones de variedad por sistema, medida por la producción de varios genotipos bajo dos o mas sistemas

Las evaluaciones de germoplasma en sistemas de monocultivo con soporte artificial, podrían conducir a seleccionar tipos volubles de frijol, en igual forma como se hace con los tipos arbustivos Pero estos tipos volubles así seleccionados podrían no ser los óptimos para siembra en asociación con maíz

En Boliche, Ecuador, se estudió el comportamiento de 9 variedades de fríjol voluble asociadas con maíz normal y con maíz braquítico (Buestán, 1973) Los datos resumidos en la Tabla 1 , indican diferencias significativas en rendimiento entre las variedades de fríjol probadas Una comparación de los rendimientos de fríjol en los dos casos mostró correlaciones no significativas para rendimiento (r = 0 265) y para ordenamiento por rangos (r = 0 361) Por lo tanto, la selección de una variedad de fríjol por un determinado sistema no necesariamente constituye una selección para otro sistema distinto En este ensayo los coeficientes de correlación fueron negativos y no significativos para rendimientos de maíz y fríjol (r = 0.229 para maíz normal, r = -0 509 para maíz braquítico), lo cual indica una competencia diferencial entre los dos cultivos y para los dos sistemas de soporte con maíces que contrastan por altura

Tabla 1 Rendimientos de nueve colecciones de fríjol voluble asociado con dos tipos de maíz contrastantes, Boliche, Ecuador, 1973B (Buestán, 1973)

Variedad de Fríjol Voluble	Fríjol Asociado con Maíz Enano		Fríjol asociado con Maíz Normal	
	Rango	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Rango
Panamito	1	1,343a 1/	780bc 1/	5
Puebla-421	2	1,025b	695cd	6
Aguascalientes-70	3	1,003b	1,081a	2
Pata de Paloma	4	954b	991ab	4
Guatemala-358	5	938b	1,005a	3
Puebla-163	6	882bc	1,102a	1
Guanajuato-113A	7	811bc	669cd	7
Puebla-151B	8	803c	542d	9
Aguascalientes-67	9	708c	600cd	8

1/ Los rendimientos de fríjol en la misma columna, seguidos por la misma letra no muestran diferencia significativa (57 de nivel), dentro de una variedad, los rendimientos subrayados a través de los dos sistemas no muestran diferencia significativa (5% de nivel)

Aprovechando datos de soya reportados por Finlay (1974b), se han calculado las correlaciones simples de rendimiento y rango entre soya en monocultivo y tres sistemas de asociación con cereales (Tabla 2) Estas correlaciones no fueron significativas Las correlaciones simples entre rendimiento de soya y rango entre varios sistemas de cultivos asociados con cereales, resultaron significativos Entre los sistemas asociados, los rendimientos de soya asociada con sorgo se relacionaron con los rendimientos de soya asociada con los otros dos cereales

Las correlaciones del rendimiento del fríjol mungo en monocultivo versus asociaciones de maíz (calculadas de los datos de R R Harwood, IRRI, 1973, 1974) mostraron un coeficiente de correlación negativo y no significativo para el rendimiento (r = -0 339) y orden de rango (r = -0 098) sobre dos semestres en el año de 1973 Cálculos similares realizados en 1974 mostraron coeficientes de correlación positivos pero no significativos para el rendimiento (r = 0 514) y orden en el rango (r = 0 434) Los rendimientos de momocultivos de ocho variedades, comunes en los ensayos de ambos años, mostraron una correlación positiva no significativa (r = 0 465) a través de los años, con los mismos resultados para el mungo asociado con maíz (r = -0 045) Esta interacción variedad por semestre, complica la selección de variedades de rendimientos altos y estables

Los rendimientos de siete variedades de fríjol asociadas con maíz (datos de Chacón y Barahona,1975) no mostraron correlación significativa durante dos semestres (r = 0 218) No hubo correlación significativa de rendimientos de maíz en dos semestres con las variedades de fríjol (r = 0 318) La producción de fríjol se correlacionó negativamente con la producción de maíz (r = -0 858, significante al nivel del 1%)

Tabla 2 Rendimiento y correlaciones del orden en el rango para la producción de soya en varios sistemas asociados (Correlaciones de los datos reportados por Finlay, 1974b)

Sistemas de Soya	r (rendimiento)	r (rango)
Monocultivo vs Cultivo Asociado con Maíz	.506	455
Monocultivo vs Cultivo Asociado con Sorgo	372	432
Monocultivo vs Cultivo Asociado con Millo	398	372
Cultivo Asociado con Maíz vs Cultivo Asociado con Sorgo	595*	.392
Cultivo Asociado con Maíz vs Cultivo Asociado con Millo	444	336
Cultivo Asociado con Sorgo vs Cultivo Asociado con Millo	692**	601*

*, ** Niveles de probabilidad significantes al 5% y 1%, respectivamente

La única correlación significativa entre variedades asociadas y en monocultivo se encontró en el ensayo de sorgo reportado por Baker (1974) Los rendimientos de sorgo en monocultivo se correlacionaron en forma altamente significativa con rendimientos de sorgo asociado con millo (r = 0 947), significativa al nivel del 1%)

Esta síntesis y análisis de datos actuales de ensayos de cultivos asociados confirma la importancia de la interacción variedad por sistema Para alcanzar una decisión sobre cuál sistema o sistemas debe seguirse en un programa de mejoramiento, hay que confrontar el problema circular que siempre se presenta en la evaluación de material genético en nuevos sistemas Al introducir cambios en fertilidad, en densidad de siembra o en sistemas de cultivo, los materiales escogidos como de mejor rendimiento bajo un sistema previo, posiblemente no sigan siendo los mejores Es necesario seleccionar germoplasma bajo las nuevas condiciones A medida que los sistemas de tamizado y selección de germoplasma se desarrollen y mejoren, se hace necesario probar cada ciclo de selecciones promisorias bajo las nuevas prácticas

culturales Por otro lado, los niveles óptimos de densidad, fechas de siembra, fertilidad del suelo, orientación física de surcos y balance entre especies en los cultivos asociados, deben confirmarse con frecuencia, usando las últimas variedades disponibles

Los costos de implementación de mas de un sistema de tamizado y selección en un programa de mejoramiento, dependerán mucho del estado de desarrollo del germoplasma en el cual se inicia la selección para la asociación Deben considerarse aspectos tales como la ventaja relativa de estudiar grandes números de cruzamientos y selecciones en un solo sistema frente a la posibilidad de estudiar un número mas reducido pero en dos o mas sistemas

La decisión de selecciomar una metodología de mejoramiento depende de las limitaciones en rendimiento de los sistemas de cultivos mas comunes, de los potenciales del monocultivo y los cultivos asociados, y de las interacciones de variedad por sistema

Evaluación de germoplasma para sistemas de cultivo intercalado

La importancia de la asociación maíz-fríjol en los trópicos latinoamericanos exige considerarla en el desarrollo de nuevo germoplasma Con la evidencia de que la interacción variedad por sistema existe en la asociación maíz-fríjol y en otros sistemas, el CIAT ha empezado a probar variedades promisorias en dos o mas sistemas que incluyan estos dos cultivos Las mejores recomendaciones agronómicas resultantes de ensayos previos con la asociación se han seguido para sembrar el primer ciclo, actualmente en el campo Estos procedimientos de evaluación se explican en detalle a continuación

1 Evaluación de Maíz en tres sistemas de asociación

Además de la producción de maíz en monocultivo, fácilmente observable en toda la zona Andina, en Centro América y en Brasil, hay grandes áreas en donde

el maíz se cultiva en asociación con fríjol arbustivo (Brasil, Centro América y México) y con fríjol voluble (zonas de clima frío en toda la América Latina) Estos tres sistemas están incluídos en un ensayo preliminar para evaluar 15 familias de maíz de medios hermanos representando varios tipos de plantas con altura reducida y una eficiencia de producción aparente Estos sistemas, indicados en la Figura 1, tienen las siguientes características

a Monocultivo de maíz densidad 80,000 plantas/ha

b Maíz Asociado con Fríjol Arbustivo densidad de maíz 40,000 plantas/ha, densidad de fríjol arbustivo (Porrillo Sintético) 300,000 plantas/ha

c. Maíz Asociado con Fríjol Voluble densidad de maíz 40,000 plantas/ha, densidad de fríjol voluble (P-589) 300,000 plantas/ha

La evaluación de las familias de maíz se adelantará basándose especialmente en los rendimientos del maíz, su resistencia al acame y los rendimientos del fríjol También se utilizarán los rendimientos del maíz y del fríjol, con sus precios de mercado actuales, para determinar un orden de prioridad económica de estos 15 genotipos de maíz

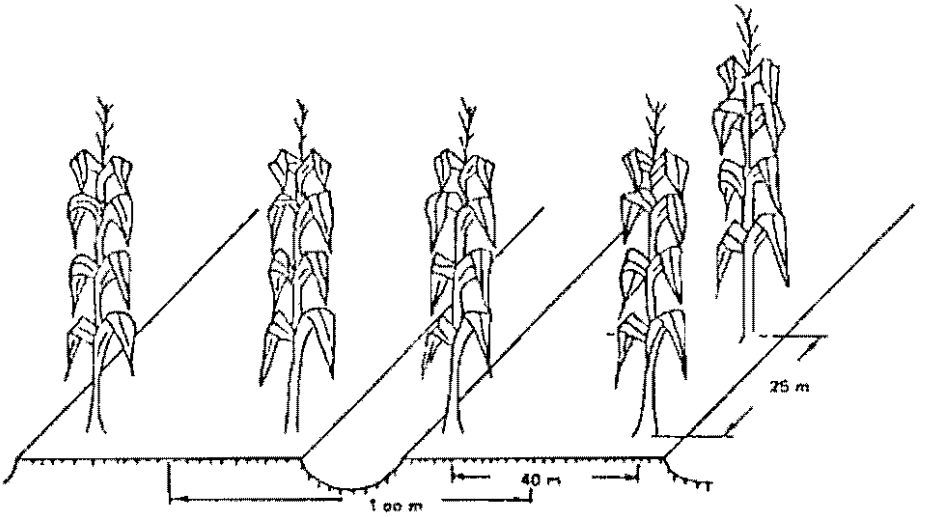
2 Evaluación de fríjol arbustivo en dos sistemas de cultivo

Una evaluación de fríjol arbustivo en monocultivo y en asociación con maíz se inició con nueve selecciones de fríjol Estas incluyen la mejor variedad local (ICA Pijao), la variedad mas promisoria de varios ensayos en diferentes localidades (Porrillo Sintético) y otras selecciones promisorias Los sistemas utilizados son los indicados en la Figura 2 y se caracterizan por

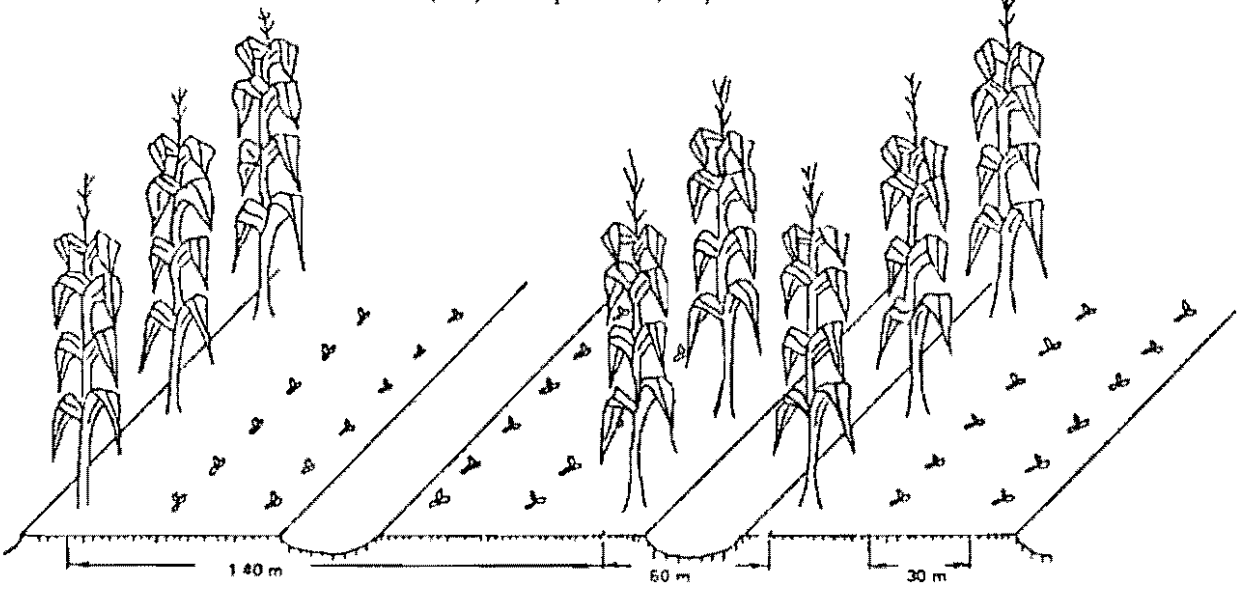
a Monocultivo de Fríjol Arbustivo densidad 350,000 plantas/ha

b Fríjol arbustivo Asociado con Maíz densidad de la población de fríjol 350,000 plantas/ha, maíz (ICA H-207) densidad 40,000 plantas/ha, el fríjol se sembró 15 días antes del maíz

Figura 1 Tres sistemas agronómicos para evaluación del germoplasma de maíz en CIAT



1 Monocultivo de Maíz (80,000 plantas/ha)



2 Maíz (40,000 plantas/ha) y Fríjol Arbustivo (300,000 plantas/ha)

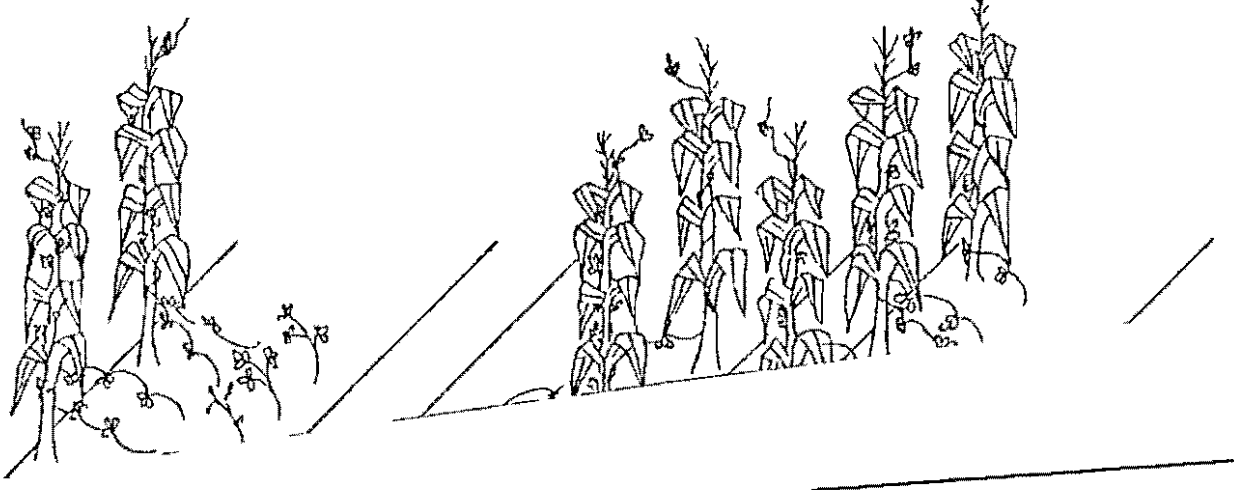
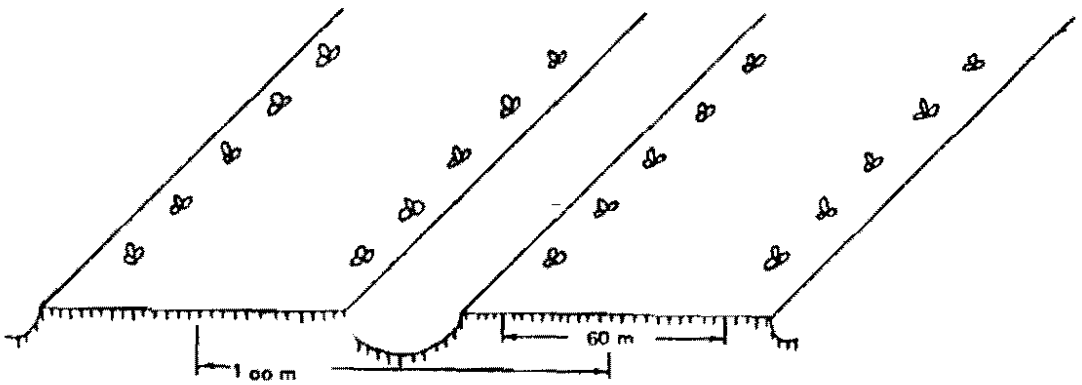
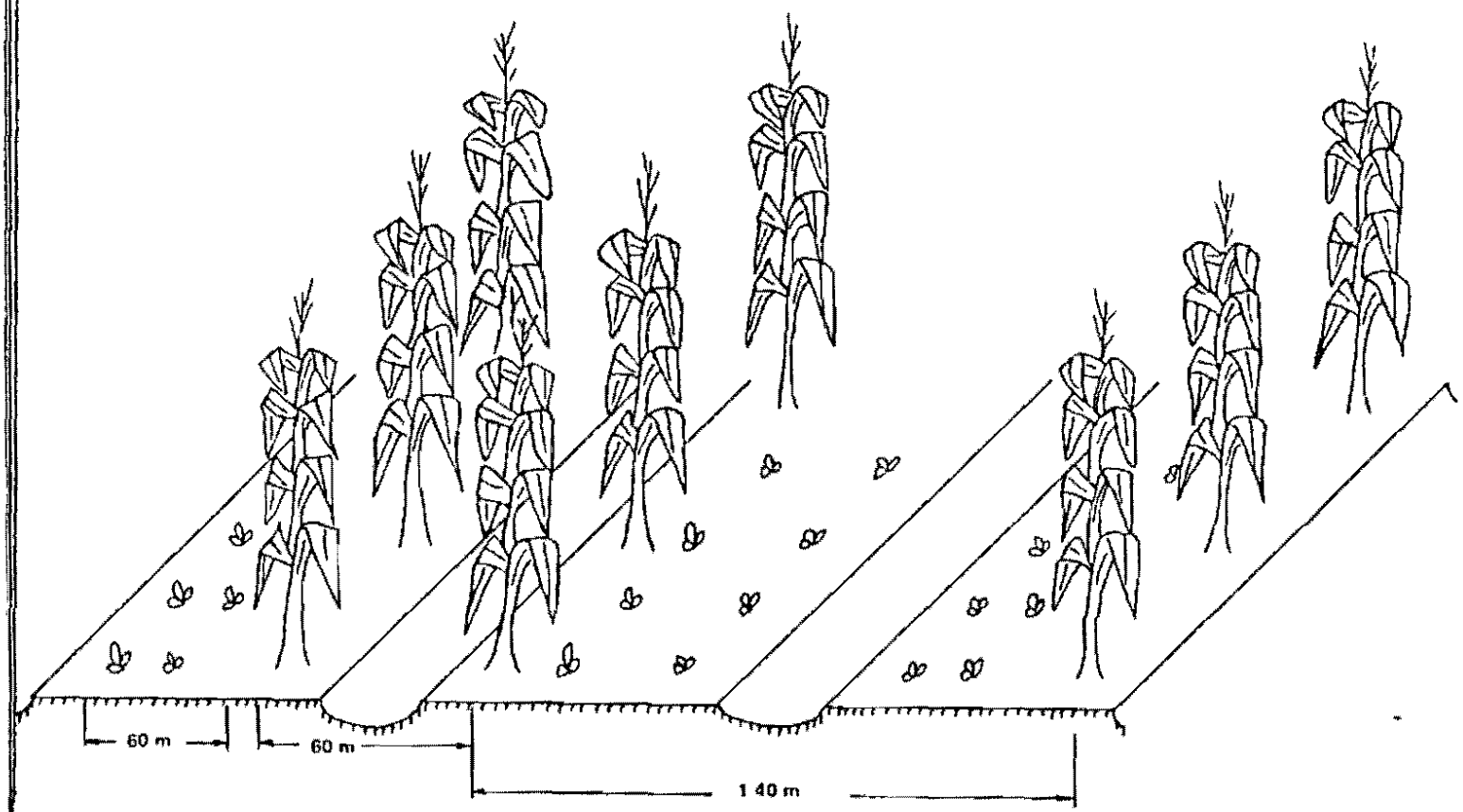


Figura 2 Dos sistemas agronómicos para la evaluación de germoplasma de fríjol arbustivo



1 Monocultivo de Fríjol Arbustivo (350,000 plantas/ha)



2 Fríjol Arbustivo (350,000 plantas/ha) y Maíz (40,000 plantas/ha)

El comportamiento del fríjol se efectuará con base en los rendimientos de los dos sistemas, haciendo énfasis en el orden de las nueve variedades en los dos sistemas Los rendimientos de maíz en el sistema de asociación también se utilizarán como criterio en la evaluación de los nueve sistemas en total

3 Evaluación de fríjol voluble en dos sistemas agronómicos

Nueve variedades de fríjol voluble se están evaluando tanto en monocultivo como en asociación con maíz Dentro de estas variedades están Trujillo, PI 282-063, y otras líneas promisorias En el sistema de monocultivo se usa soporte de guadua y alambre con guías de cabuya para sostener al fríjol En la asociación con maíz se siembra el híbrido H-207 Estos dos sistemas se muestran en la Figura 3 y tienen además las siguientes características

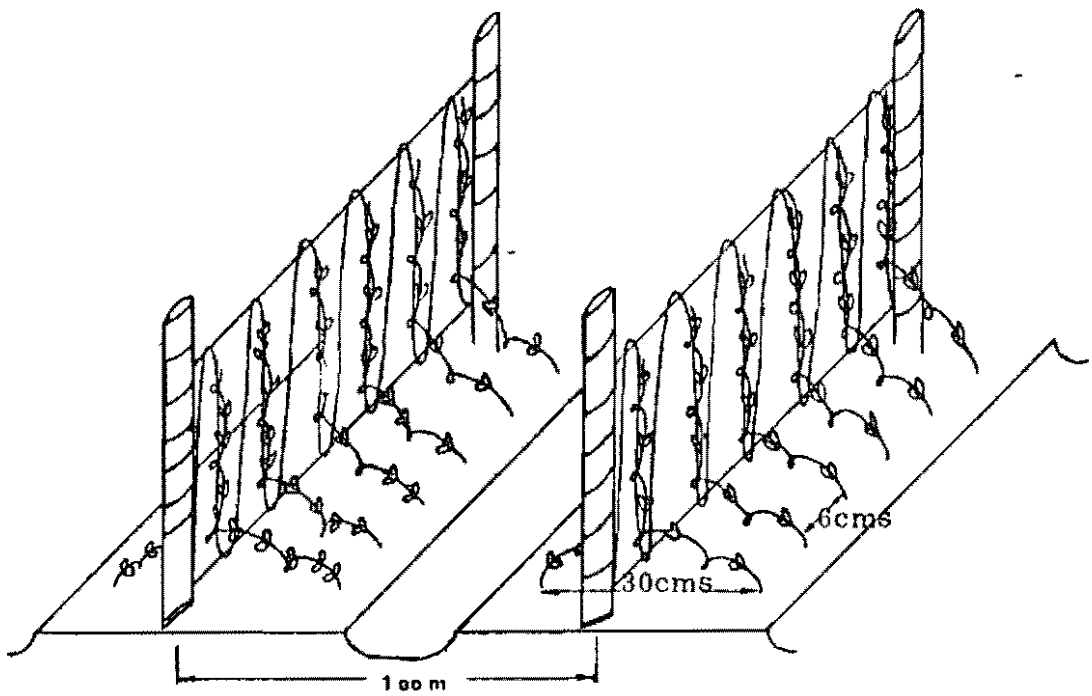
a Monocultivo de Fríjol Voluble con Soporte Artificial densidad de 300,000 plantas/ha

b Fríjol Voluble Asociado con Maíz densidad del fríjol, 300,000 plantas/ha, maíz ICA H-207 y con una densidad de 40,000 plantas/ha

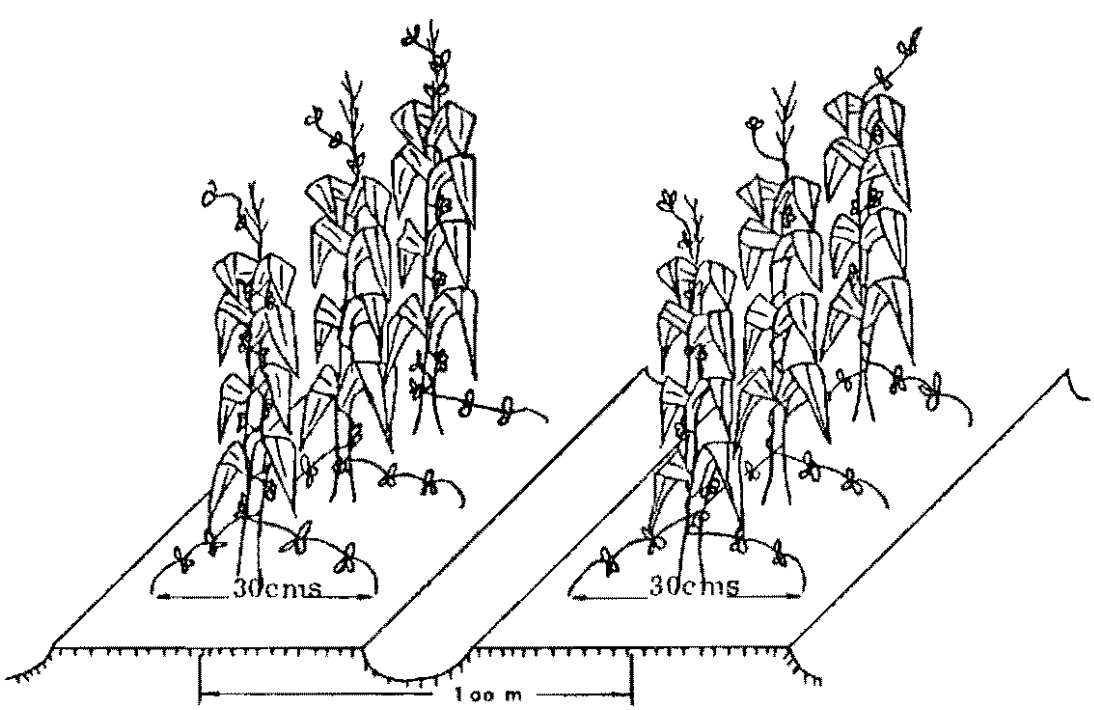
Los rendimientos de las nueve variedades de fríjol voluble se utilizarán para asignar un orden en el rango de variedades en cada sistema. Además, los rendimientos de maíz pueden variar según el genotipo de fríjol y suministrar así un segundo criterio para la evaluación del comportamiento del sistema

De los resultados de estos tres ensayos, se pueden tomar decisiones sobre la necesidad de evaluar materiales segregantes y la conducción de ensayos bajo mas de un sistema Si se observa poca diferencia en el comportamiento relativo del germoplasma bajo varios sistemas, el sistema mas económico debe seleccionarse para para llevar a cabo un trabajo de mejoramiento con cada cultivo Estos sistemas de bajo costo, incluyen maíz en monocultivo, fríjol arbustivo en monocultivo y fríjol

Figura 3 Dos sistemas agronómicos para la evaluación del germoplasma de fríjol voluble



1 Monocultivo de Fríjol Voluble (300,000 plantas/ha)



2 Fríjol Voluble (300,000 plantas/ha) y Maíz (40 000 plantas/ha)

voluble asociado con maíz

Resultados con Fríjol Arbustivo

Ya se han terminado tres semestres de ensayos con los dos sistemas de fríjol arbustivo y los resultados se resumen en las Figuras 4 (7508), 5 (7607), y 6 (7625) En estas tres figuras se nota que no hay una relación muy estrecha entre los dos sistemas, aunque la correlación entre rendimientos sobre los dos sistemas es de 0 51* hasta 0 91** La misma correlación entre puestos es de 0 54* hasta 0 93** Por lo menos, esa relación es suficientemente buena para permitir la selección en un sistema, para despues aplicar los resultados (variedades) en el otro Además, es óbvio al observar las figuras, que es mas fácil separar o seleccionar los materiales bajo el sistema de monocultivo, ya que hay tan poca separación entre promedios en la asociación La reducción en rendimiento fué mayor en el último ensayo (7625) debido al acame del maíz a mitad del ciclo En cambio, la poca reducción en rendimiento en el primer ensayo (7508) se atribuye a la siembra adelantada del fríjol (19 días de ventaja sobre el maíz) Se concluye tentativamente que sí se puede seleccionar materiales en monocultivo, que sirven para ambos sistemas

De mas prioridad en las figuras es el orden relativo de las variedades, que aparentemente cambia mucho de un semestre a otro La Tabla 3 resume las correlaciones entre cada par de semestres, sobre las variedades en común Por ejemplo, la variedad P-459 en monocultivo es el No 1 de 9 (7505), No 3 de 19 (7607) y No 16 de 20 (7625), muy inconsistente en los ensayos La variedad P-675 en asociación es el No 3 de 9 (7508), No 10 de 19 (7607) y No 15 de 20 (7625) en los mismos ensayos Esta interacción variedad por semestre puede complicar el proceso de selección, en el cual se necesita consistencia de resultados para hacer progresos y no perder materiales valiosos

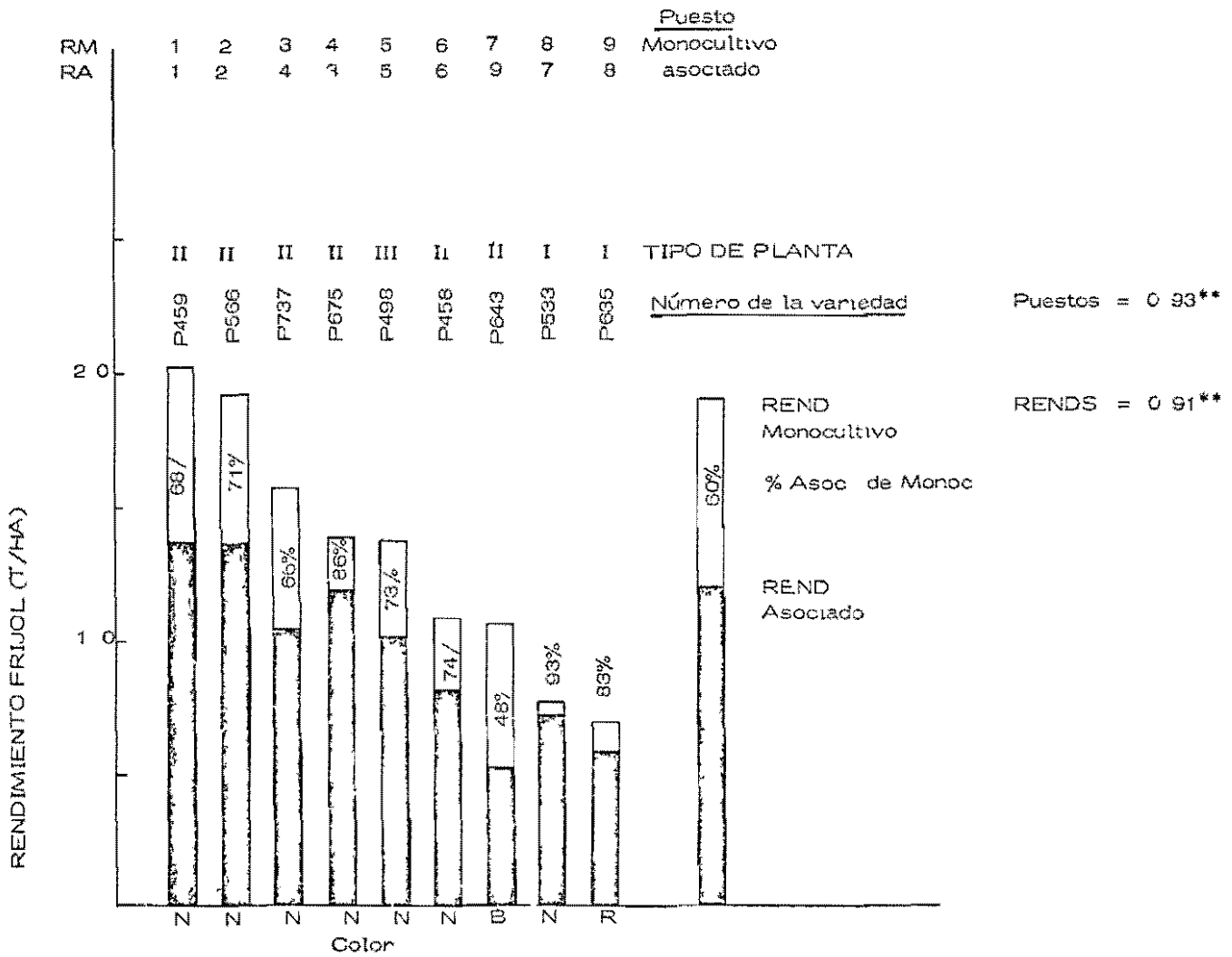


Figura 4 Rendimientos y puestos de fríjol arbustivo en dos sistemas, Ensayo 7508

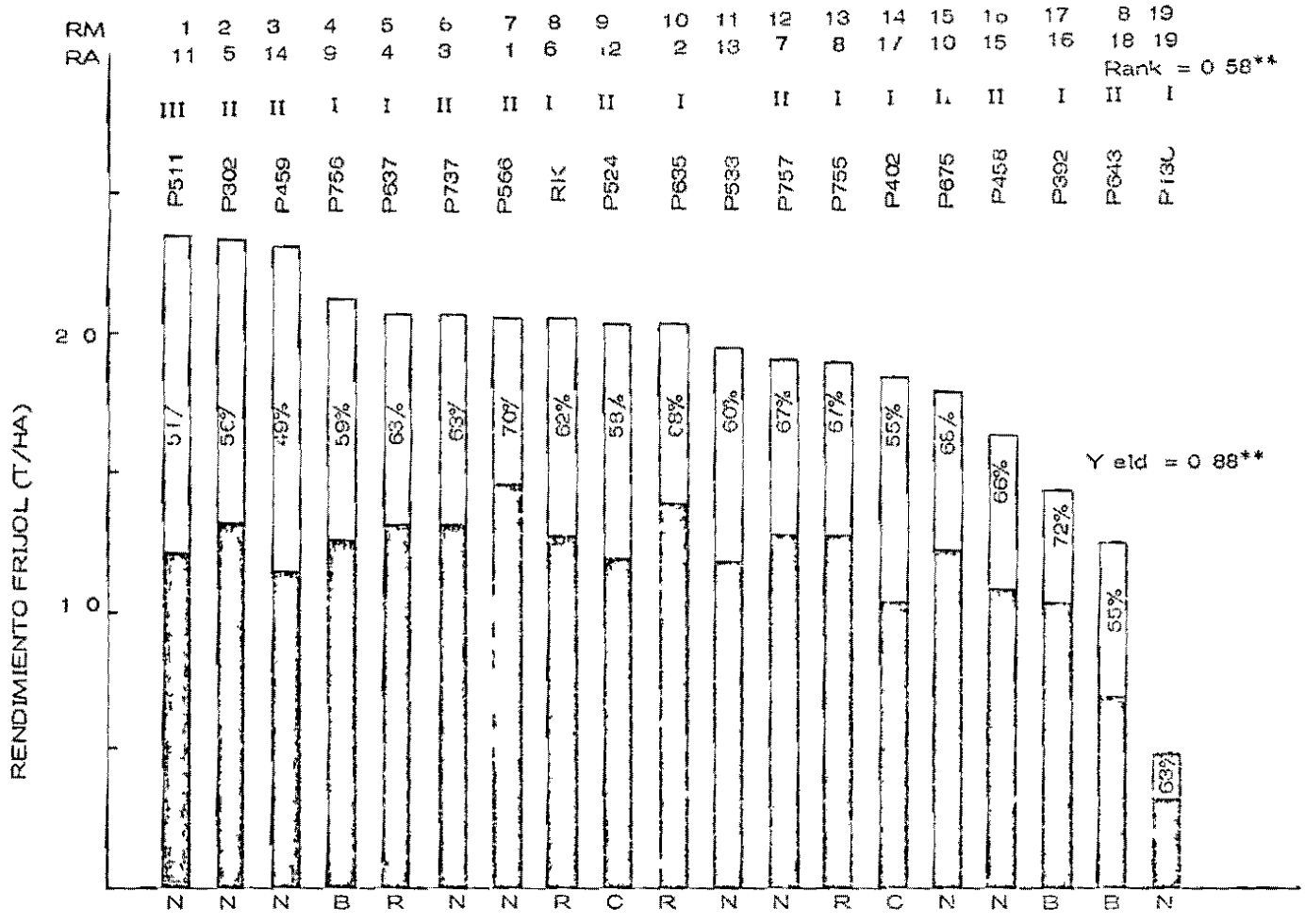


Figura 5 Rendimientos y puestos de fríjol arbustivo en dos sistemas Ensayo 7607

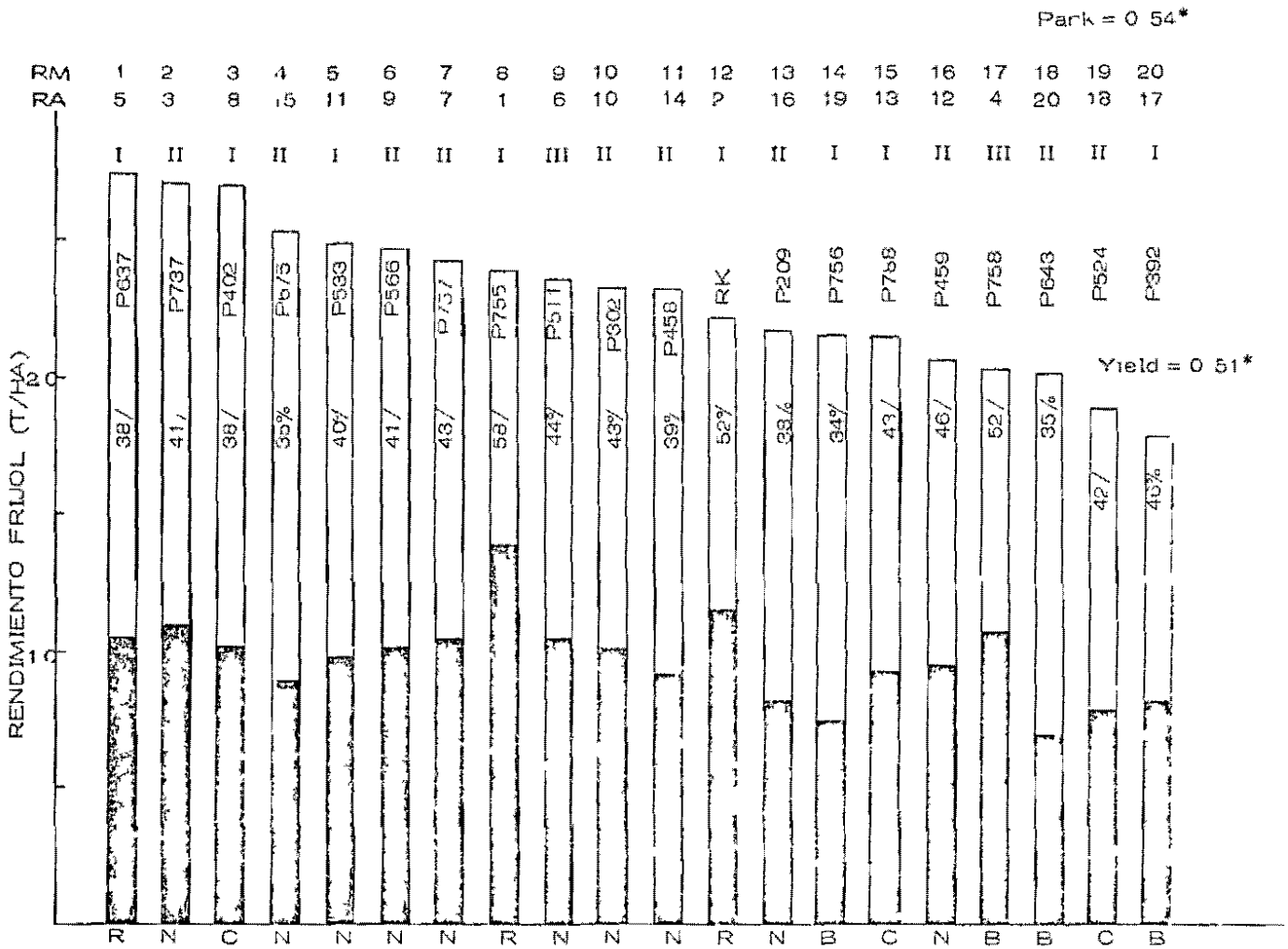


Figura 6 Rendimientos y puestos de fríjol arbustivo en dos sistemas, Ensayo 7625

Tabla 3 Correlaciones entre rendimientos en dos sistemas, en cada par de semestres, sobre las variedades en comun.

		n	Monocultivo	Asociado
Rendimientos				
Semestre 1 vs	Semestre 2	8	46	47
Semestre 1 vs	Semestre 3	7	- 02	56
Semestre 2 vs	Semestre 3	17	29	53**
Puestos				
Semestre 1 vs	Semestre 2	8	60	31
Semestre 1 vs	Semestre 3	7	04	36
Semestre 2 vs	Semestre 3	17	13	61**

Otra manera de examinar los resultados sobre semestres es utilizando regresiones de rendimientos de cada variedad como función de rendimiento promedio de los ensayos (Eberhart y Russell, 1966) La Figura 7 muestra dos variedades en seis "ambientes" (tres semestres por dos sistemas), y la relación entre el rendimiento de la variedad y el promedio de todas las variedades (7) sobre los ambientes Se nota que el fríjol negro P-566 (Porrillo) siempre se comporta bien, y sobre el promedio en todo ambiente En contraste, el blanco P-643 (Nep 2) siempre está por debajo del promedio en los seis ambientes probados Es obvio que se seleccionará la variedad que siempre se mantiene sobre el promedio, en este caso donde no había interacción de variedad por promedio de ambiente La decisión difícil viene de variedades con valores de b menos que 0 6 ó 0 7, con buen rendimiento en ambientes malos y rendimiento regular y por debajo del promedio en ambientes buenos Son las variedades que no responden bien a condiciones mejores, sin

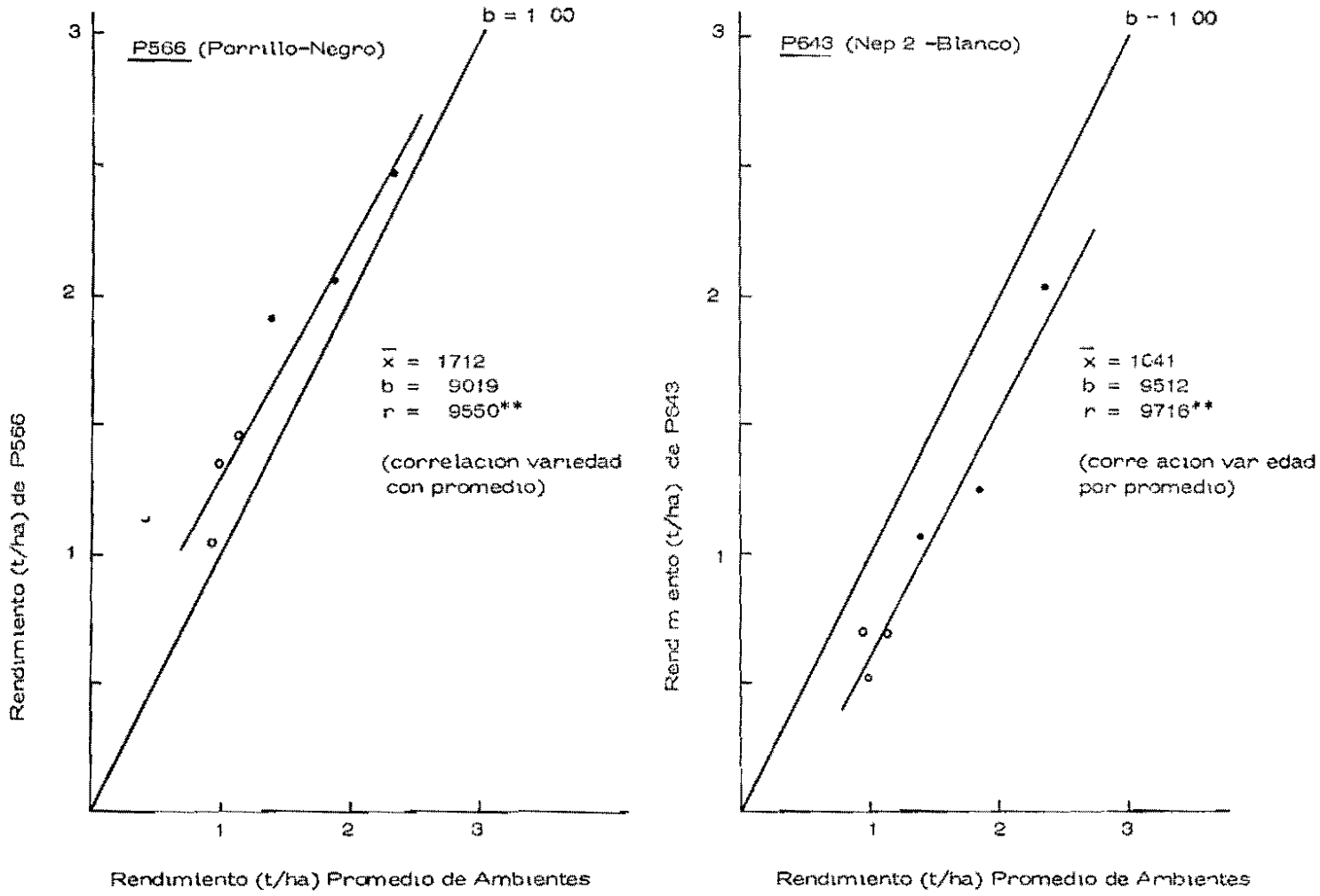


Figura 7 Rendimiento de dos variedades en funcion del rendimiento promedio de cada ambiente, 3 semestres por dos sistemas

embargo, son relativamente estables en estos ambientes Ese factor cuenta con mucha importancia para los pequeños agricultores

Resultados con Fríjol Voluble y Maíz

Los resultados y condiciones de los fríjoles volubles son muy parecidos a los arbustivos y por eso no se presentan los detalles en el seminario Tiene la misma separación de promedios en rendimiento en monocultivo, y estas diferencias tienden a desaparecer en asociación

El caso del maíz no es muy claro todavía Aunque había interacción entre sistemas y variedad en el primer semestre, esto no se ha confirmado todavía Es seguro que se debe medir con cuidado la producción de fríjol en estos sistemas, porque el valor de este componente en el rendimiento del sistema es muy importante para determinar la rentabilidad de los varios sistemas en prueba

Mejoramiento para la Asociación de Cultivos

Para enfocar en forma mas general el problema de mejoramiento, se puede especular sobre la selección de variedades. Como parte integral del procedimiento de mejoramiento para uno o mas sistemas, deben incluirse como un criterio de selección las características deseables para cada cultivo Si diferentes características varietales se necesitan para diferentes sistemas, éstas deben identificarse y debe asignársele un orden de prioridad. Se presentan varias características en relación a su importancia en monocultivo vs asociación

1 La insensibilidad al fotoperíodo se encuentra asociada con la adaptación a través de latitudes y fechas de siembra, y permite el pronóstico acertado de madurez y la siembra del cultivo durante todo el año El desarrollo de variedades insensibles al fotoperíodo es un objetivo de los programas internacionales que actualmente se están desarrollando con cereales, leguminosas

y tuberosas para aplicarse en un amplio rango de condiciones climaticas y culturales (Dalrymple, 1971, Swaminathan, 1970), aunque pueden aparecer algunas pocas situaciones en las cuales es deseable mantener sensibilidad en determinado cultivo

2 Los objetivos de madurez dependeran del cultivo y el sistema Los sistemas intensivos de cultivo intercalado o traslapado pueden requerir variedades precoces y uniformes (IRRI, 1972, Herrera y Harwood, 1973), pero con frecuencia en ciertos cultivos hay un intercambio de potencial de rendimiento y tiempo de madurez En los cultivos en los cuales el aumento de rendimiento depende de la madurez tardía, tales como el fríjol, los objetivos de mejoramiento para monocultivo vs asociación, pueden ser distintos

3 Los tipos de plantas con porte bajo y resistentes al volcamiento son deseables cuando el objetivo es un aumento en rendimiento con aplicación de nitrógeno y mejor producción por unidad de superficie foliar Reducido follaje y por lo tanto, menos competencia por luz, así como mayor eficiencia en producción de semilla o raíz, son factores deseables para las especies componentes en un sistema asociado (IRRI, 1972, 1973, Swaminathan, 1970) Ciertos sistemas requieren una variedad alta y competitiva es el caso del arroz frente a la competencia con las malezas, otros sistemas requieren variedades con estructuras fuertes es el caso del maíz que va a servir como soporte al fríjol voluble En pruebas realizadas con sorgo (Baker, 1974), los aumentos en rendimiento del sorgo asociado con mijo (millet), comparados con sorgo en monocultivo, se correlacionaron con la altura de la variedad de sorgo (r = 0 921, significativa al nivel del 5%)

4 La respuesta a la densidad de población es crítica en el aumento de rendimiento bajo monocultivo y asociación, especialmente para aprovechar plantas de bajo porte y tipos de planta mas eficientes La competencia por luz y nutrimentos puede aumentarse y el agricultor puede alcanzar los rendimientos mas altos cuando se aumenta la densidad de una variedad que responda por encima de las densidade generalmente usadas con las variedades tradicionales

5. La uniformidad de la floración y la madurez es deseable en los sistemas intensivos de cultivos asociados en los cuales dos cultivos o mas ocupan un tiempo y un espacio limitado (IRRI, 1973) La limitación es que esta uniformidad produce una situación de alto riesgo, cuando se presentan condiciones desfavorables durante la floración una sequía o una lluvia continua durante esa época crítica pueden reducir sustancialmente los rendimientos de la mayoría de los cultivos

6 La resistencia a las plagas y enfermedades son objetivos de la mayoría de los programas de mejoramiento, pero la importancia relativa de factores específicos de resistencia puede variar segun el sistema de cultivo y la zona de importancia

7 El potencial de rendimiento es un producto de estos factores y otros, y es el objetivo primordial de la mayoría de los programas de mejoramiento

CONCLUSIONES

Un entendimiento de los sistemas de cultivo actuales y potenciales en determinada zona, es indispensable para mejorar en forma efectiva y eficiente las especies de cultivo El procedimiento de investigación debe incluir a) un estudio de los sistemas de cultivo predominantes, b) un estudio de los factores mas limitantes para la producción, c) una consideración de las estrategias posibles para resolver

estos problemas, d) un programa de mejoramiento diseñado para resolver las limitaciones del rendimiento por medio de variedades mejoradas El método que se presentó para escoger el sistema o los sistemas para seleccionar mejores variedades de maíz y fríjol es un ejemplo que puede modificarse para otros sistemas y otras zonas climáticas El éxito de cualquier programa de mejoramiento, de investigación agronómica y otras actividades de los programas internacionales o nacionales, tiene que evaluarse primero en términos de los aumentos de producción, conseguidos a nivel de la finca del agricultor Para ello es indispensable en el proceso de investigación, probar en las fincas de los agricultores, las nuevas variedades y prácticas culturales y evaluar su impacto en el ingreso del agricultor, en la nutrición familiar. En esta forma puede vislumbrarse la contribución potencial de los programas de mejoramiento de cultivos para los sistemas de cultivos asociados en el trópico

BIBLIOGRAFIA

Baker, E F I 1974 Research into intercropping aspects of farming systems in Nigeria mixed cropping with cereals -- a system for improvement In Farming Systems Workshop, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Nov 18-21, 1974, Hyderabad, India

Bantilan, R T and R.R Harwood 1973 The influence of intercropping field corn (Zea mays) with mungbean (Phaseolus aureus) or cowpea (Vigna sinensis) on the control of weed In IV Annual Scientific Meeting of the Crop Science Society of the Philippines, May 21-23, 1973, Cebu City, Philippines

Buestán, H 1973 Programa de Leguminosas de Grano Informe Anual 1973 Estación Experimental Boliche, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Guayaquil, Ecuador

Chacón, A E and M A Barahona 1974 Granos básicos en multicultivo In XXI Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA), San Salvador, El Salvador, 1974

CIAT 1974 Annual report 1974. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 1975

Dalrymple, D F 1971 Survey of multiple cropping in less developed nations Washington, United States Department of Agriculture, FEDS 108 p

Eberhart, S A and W A Russell 1966 Stability parameters for comparing varieties Crop Sci 6 36-40

Finlay, R C 1974a Intercropping research and the small farmer in Tanzania In Field Staff Symposium, International Research Development Centre, Ottawa, 1974

_____ 1974b Intercropping with cereals In Regional Soybean Conference, Addis Ababa, 1974

Francis, C A , C A Flor y S R Temple 1976 Adapting varieties for intercropping systems in the tropics A S A Special Publ 27, pp 235-253

Herrera, W T and R R Harwood 1973 Crop interrelationships in intensive cropping systems In Seminar, July 21, International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines

IRRI 1972 Annual report 1972 Multiple cropping International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines pp. 21-34

_____ 1973 Annual report 1973 Multiple cropping International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines pp 15-34

IRRI 1974 Annual Report 1974. Cropping systems program International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines

Rao, M R , P N Rao, and S M Ali. 1960 Investigation on the type of cotton suitable for mixed cropping in the northern tract Indian Cot Cr Rev 14 384-388 (Field Crop Abstr 1962, 15 377)

Sindagi, S S and Z A Ansari 1969 A dwarf mutant in castor (Ricinus communis Linn) Mysore J Agr Sci 3 231-232 (Field Crop Abstr 1970, 23 1584).

Singh, A 1970 Multiple Cropping in Uttar Pradesh Indian Farming 20 (7) 15-17

Swaminathan, M S 1970 New varieties for multiple cropping Indian Farming 29(7) 9-13

Figura 1 Posibilidades de asociación de dos cultivos en el mismo año

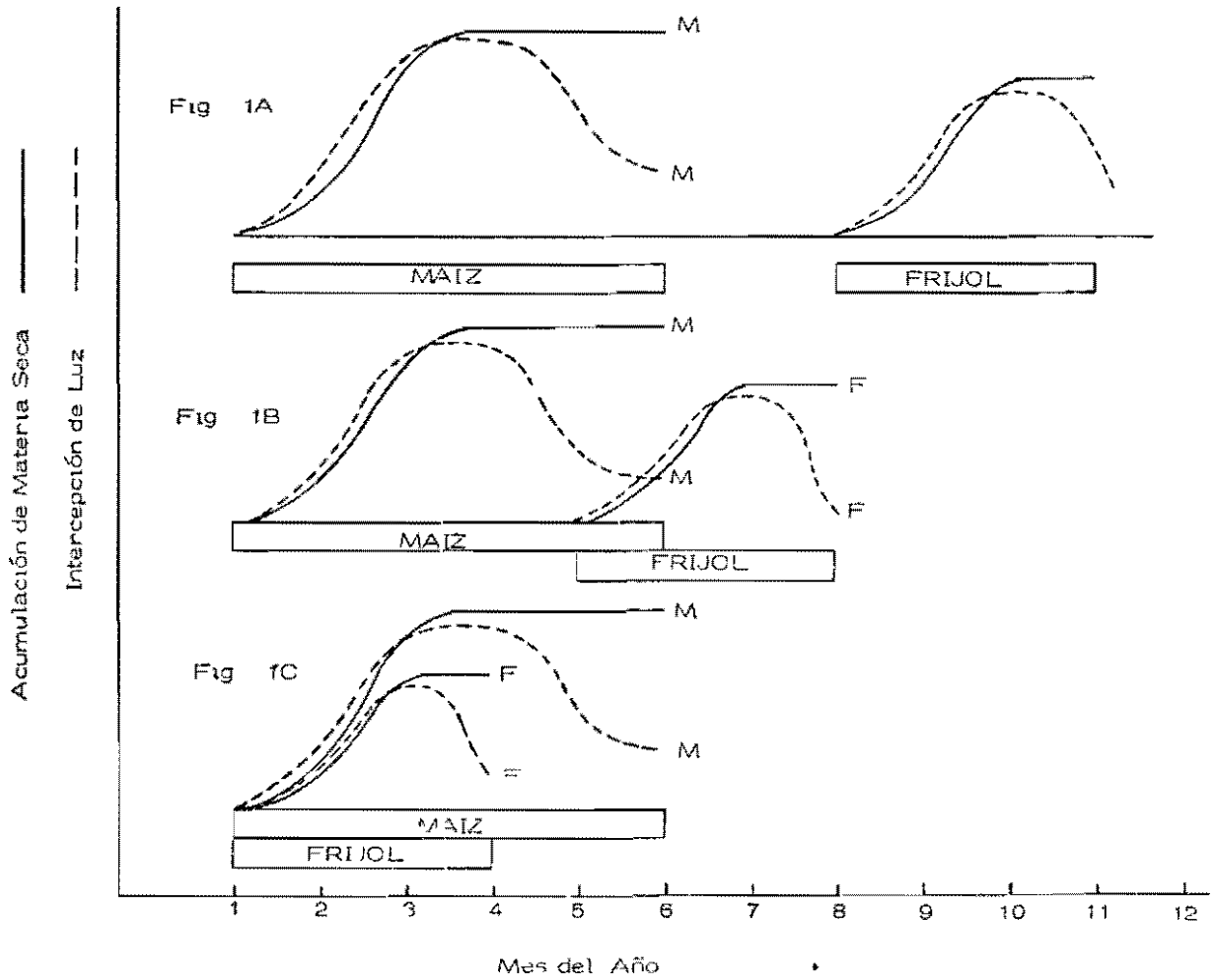
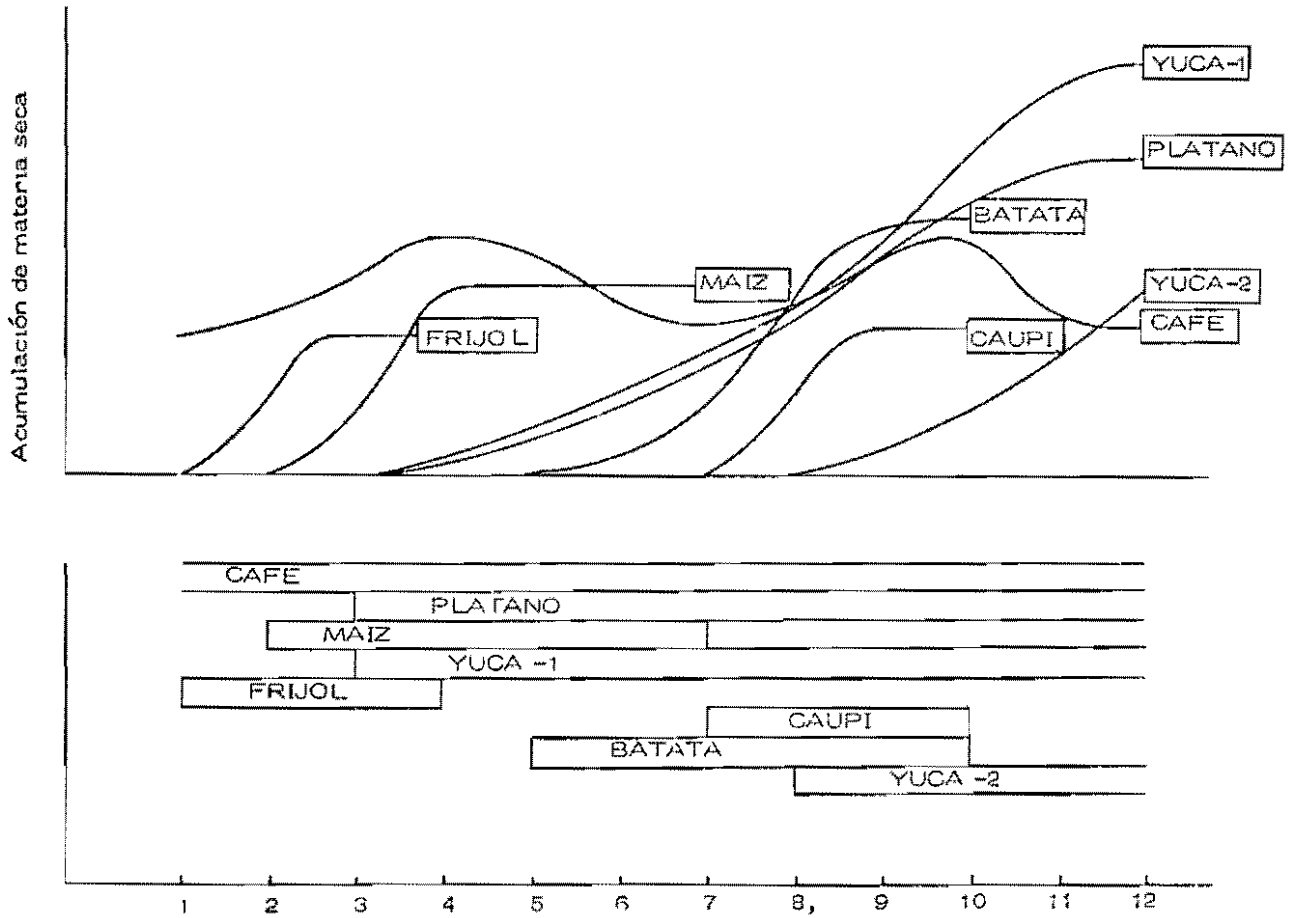


Figura 2 Asociación compleja de ocho cultivos en el mismo terreno en un año



CONTRASTES AGROECONOMICOS ENTRE EL MONOCULTIVO DE MAIZ Y LA ASOCIACION MAIZ-FRIJOL[1/]

C A Francis, C A Flor y M Prager[2/]

RESUMEN

Una gran parte del maíz sembrado en el trópico y en el altiplano latinoamericano, se encuentra asociado con fríjol y otros cultivos La investigación agronómica generalmente se ha enfocado hacia el mejoramiento de variedades e híbridos, y hacia el desarrollo de sistemas y tecnologías para monocultivos Los potenciales del sistema de asociación fríjol/maíz son tan promisorios, que no se deben ignorar al tomar decisiones en cuanto a los enfoques que debe tener la investigación agrícola en los trópicos Uno de los resultados conseguidos en el CIAT en 1975 es el hecho de que el maíz no ha sufrido ningún cambio en rendimiento, como consecuencia de su asociacion con el fríjol Cuando se determina con cuidado el sistema optimo de asociación para determinada región, en cuanto a densidad, fecha relativa de siembra y orientación física de los dos cultivos, se encuentra con frecuencia un aumento de producción en estos sistemas complejos Se ha concluído que la eficiencia del uso de la tierra, comparando el sistema asociado con el monocultivo, es entre 20 y 80% mayor con los dos cultivos Con el monocultivo de fríjol voluble, se consiguen producción e ingresos brutos mas altos

---

2/ Agronomos, Programa de Sistemas de Producción de Fríjol Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aereo 6713, Cali, Colombia

Sin embargo, los costos de producción también son elevados La utilidad economica en los sistemas de cultivo asociado casi siempre supera a los monocultivos, cuando el costo de mano de obra y de materiales es alto Es razonable aceptar que sistemas de cultivo como las asociaciones se han desarrollado bajo ciertas restricciones de clima, recursos y cultura Un mayor y mejor entendimiento de estos sistemas permitira desarrollar nuevas alternativas tecnológicas con potencial para mejorar la producción, los ingresos y la nutrición de un amplio número de agricultores de las regiones tropicales

INTRODUCCION

El maíz es uno de los cultivos mas importantes en la dieta y en el ingreso del agricultor latinoamericano Se siembra desde el nivel del mar hasta los 4 000 metros en el altiplano de Bolivia y Perú Por la importancia del cultivo y su amplia adaptacion, no es sorprendente encontrar al maíz como el componente principal de muchos de nuestros sistemas agrícolas Se estima que el 60% del área total, sembrado con maíz en latinoamérica, se encuentra en asociación con otros cultivos, principalmente el fríjol Por otro lado, hasta un 80% del fríjol está sembrado con maíz y otros cultivos Estos sistemas complejos caracterizan en gran parte nuestra agricultura de subsistencia, y por otra parte contribuyen en forma importante a la produccion total de alimentos

La investigación agrícola se ha enfocado principalmente hacia los cultivos mas rentables y mas comerciales en la zona En el caso de los cultivos de maíz y fríjol, esa investigación se ha concentrado principalmente en los monocultivos y en las zonas mas favorables para la produccion Aunque muchos agricultores de estas zonas, con buena tecnología han alcanzado rendimientos hasta de 3-6 ton/ha,

los promedios nacionales en el tropico no han subido mucho, actualmente varían entre 0 8 y 1 4 ton/ha

Ultimamente se ha observado un creciente interés por conocer mas en detalle algunos sistemas de produccion usados por el agricultor El presente trabajo resume los resultados conseguidos en producción de maíz, tanto en sistemas de monocultivo, como en asociación También se presenta una evaluación de la eficiencia del uso de la tierra La interaccion genotipo por sistema es un factor crítico en los programas de mejoramiento y el análisis económico es de mucho interés para el agricultor Se concluye que estos sistemas de asociacion maíz y frijol representan un gran potencial para el trópico, pues ofrecen al agricultor de escasos recursos una alternativa para aprovechar la nueva tecnología, alternativa que no está muy lejos de sus sistemas actuales de cultivo

MAIZ EN MONOCULTIVO VS MAIZ EN ASOCIACION CON FRIJOL

Según los datos de la FAO (1974), los promedios de producción en el trópico latinoamericano varían entre los 800 kg/ha en Guatemala y Haití y los 1400 kg/ha en Brasil y Peru Los promedios son mas altos en los climas templados Argentina, 2800 kg/ha y Chile, 3400 kg/ha En algunas regiones y con alta inversión de insumos, los nuevos híbridos han causado una "revolución verde" Algunos ejemplos incluyen al Ville del Cauca en Colombia con un promedio de 3 5 ton/ha a nivel de productores comerciales en la zona plana y en la costa del Peru con un promedio de 2 7 ton/ha bajo riego En estas mismas zonas, los rendimientos experimentales llegan hasta 5-8 ton/ha Esto indica que existe un potencial para conseguir aumentos de producción de maíz en el trop co Los problemas principales pueden ser de transferencia, adaptación y/o implementacion de esta tecnología

Sin embargo, existen otras alternativas para conseguir aumentos de producción y productividad en el trópico Por ejemplo, qué pasa con el maiz en asociación con fríjol u otros cultivos? Qué diferencias se presentan con respecto a la situación del maíz en monocultivo? Los datos en la literatura son variables, y a veces no permiten una comparación precisa entre los dos sistemas, por la presencia de diferentes factores y/o niveles de estos factores Alvim y Alvim (1969) estudiaron l maíz solo y el maíz asociado con fríjol durante el primer mes del cultivo En terminos de producción de materia seca, el maiz asociado produjo solo la mitad de la cantidad de materia seca, comparado con el monocultivo También en otros trabajos, se reportan reducciones en la producción de maíz como efecto de la asociación, aunque están confundidas con densidad de siembra Colombia, monocultivo 7 242 kg vs asociado 5 433 kg (ICA, 1972), Mexico, monocultivo 4 219 kg vs asociado 2 639 kg (Turrent, 1973), Tanzania, monocultivo 6 500 kg vs asociado 4.140 kg (Enyi, 1973), y Mexico, monocultivo 2 050 kg vs asociado 1 721 kg (Lépiz, 1974) En contraste, otros autores no reportaron pérdidas en rendimiento Uganda, monocultivo 4 00okg vs asociado 4 400 kg en altas densidades (Willey y Osiru, 1972), Guatemala monocultivo 3 799 kg vs asociado 3 750 kg (García y Molina, 1973), Ecuador, monocultivo 4 090 kg vs asociado 4 691 kg en maíz normal, y monocultivo 4 560 kg vs asociado 4 741 kg en maíz braquítico (Buestán, 1973) En cada uno de estos reportes se ha mencionado la mejor asociacion con fríjol

Los resultados obtenidos en el CIAT también son variables, aunque en la mayoría de los experimentos casi todas las asociaciones superan al monocultivo de maíz Las Tablas 1 y 2 muestran resultados de varios ensayos del año 1975 y la compiracion del monocultivo de maíz y el mejor sistema de asociación fríjol-maíz Un resumen de los experimentos relacionados con la asociacion maíz-fríjol arbustivo (Tabla 1), señala que no hubo casi diferencia entre los dos sistemas En

Tabla 1 Rendimientos de maíz en monocultivo y en asociación con fríjol arbustivo en cuatro ensayos, los datos de la asociacion corresponden al mejor tratamiento en cada ensayo[1/]

Ensayo	Variedad de Maíz	Maíz Monocultivo		Maíz Asociado		CV (%)	$\frac{\text{Rend Asoc}}{\text{Rend Mono}} \times 100$
		Dens (1000/ha)	Rend (kg/ha)	Dens (1000/ha)	Rend (kg/ha)		
7501	H-207	37	6535b	37	7631a	7 3	116
7501	H-210	55	8205a	57	8769a	7 3	107
7502	H-207	31	7221a	34	6926a	12 9	96
7511	H-207	38	5445a	35	6718a	13 2	123
7516	H-207	34	3729a	33	3414a	16 1	91

1/ Datos de rendimiento de cada ensayo (línea) con la misma letra no son diferentes (nivel 5%)

cuanto a la asociacion maíz-fríjol voluble, de 25 comparaciones entre los dos sistemas monocultivo maíz vs asociación maíz-fríjol voluble, se encontraron tres casos donde el maíz asociado superaba en forma significativa al maíz en monocultivo y un caso donde el monocultivo fué superior, en el resto de las 21 comparaciones no se encontro diferencia significativa (Tabla 2) La conclusión de mas de 30 comparaciones en unos 13 ensayos durante el año 1975 es de que no hay diferencia entre los rendimientos del maíz en monocultivo comparados con los rendimientos del maiz en asociación, bajo las condiciones del CIAT y con las variedades de fríjol utilizadas Si se considera el rendimiento del maíz en monocultivo como 100%, el maíz asociado produjo entre 74 y 1267

En el aspecto agronómico, en pocos casos se encontraron diferencias en características como altura de planta, índice de cosecha, índice de prolificidad, rendimiento biologico, largo y diámetro de la mazorca y de la tusa, número de hileras, porcentaje de humedad en el grano y en el rastrojo la única diferencia relativamente consistente entre los dos sistemas fué el volcamiento el maíz en monocultivo presentó mas acame de plantas que el maíz en asociación con fríjol Esa diferencia se nota principalmente en el acame de raíz, y se sospecha que ocurre por un anclaje adicional al que contribuyen las raíces del frijol, aunque esto no se ha probado todavía

USO EFICIENTE DE LA TIERRA

Una manera de comparar los monocultivos con los cultivos asociados es calculando la eficiencia de ambos sistemas en terminos de producción de grano Para ello se utiliza el índice de "uso eficiente de tierra' (UET) publicado por Bantilan y Harwood (1973)1/ Un maíz en monocultivo (5000 kg/ha) tendrá un índice de 1 0

1/ Indice de 'Uso Eficiente de Tierra" (Land Equivalent Ratio, LER) =

$$\frac{R_1 \text{ Asociado}}{R_2 \text{ Monocultivo}} + \frac{R_2 \text{ Asociado}}{R_2 \text{ Monocultivo}}$$

Tabla 2 Rendimientos de maíz en monocultivo y en asociación con fríjol voluble en nueve ensayos, los datos de la asociación corresponden al mejor tratamiento en cada ensayo[1/]

Ensayo	Variedad de Maíz	Maíz Monocultivo Dens (1000/ha)	Maíz Monocultivo Rend (kg/ha)	Maíz Asociado Dens (1000/ha)	Maíz Asociado Rend (kg/ha)	CV (%)	(Rend Asoc / Rend Mono) 100 %
7501	H-207	37	6535b	35	7318a	7 3	112
7501	H-210	55	8205a	58	8153a	7 3	99
7503	H-210	29	5016a	28	4371a	13 6	87
7503	H-207	29	5718a	28	5386a	13 6	94
7503	Br Modif	26	3102a	27	3901a	13 6	125
7503	Br Normal	26	3632a	28	4211a	13 6	116
7503	H-210	49	7421a	45	6885a	13 6	92
7503	H-207	50	7415a	50	7189a	13 6	97
7503	Br Modif	39	4253a	42	4880a	13 6	115
7503	Br Normal	45	6304a	45	5629a	13 6	89
7503	H-210	62	6383a	67	7174a	13 6	112
7503	H-207	72	7604a	72	8311a	13 6	109
7503	Br Modif	61	5277a	62	4786a	13 6	90
7503	Br Normal	67	6597a	67	6053a	13 6	92
7503	H-210	87	7377a	84	7760a	13 6	105
7503	H-207	86	8496a	87	9222a	13 6	109
7503	Br Modif	88	6492a	83	6655a	13 6	102
7503	Br Normal	86	7339a	79	6747a	13 6	92
7509	H-207	38	5674b	39	7175a	11 8	126
7510	H-207	40	5500b	38	6794a	15 7	124
7513	H-207	40	5096a	37	5923a	12 9	116
7515	H-207	39	5600a	36	4177b	14 3	74
7516	H-207	34	3729a	35	3193a	16 1	85
7517	H-207	32	4435a	36	4515a	15 1	103
7518	H-207	35	4739a	36	5126a	15 9	109

1/ Los datos de rendimiento de cada ensayo (línea) con la misma letra no son diferentes (nivel 5%)

Igual valor tendrá el índice para un fríjol en monocultivo con 1 600 kg/ha Si los dos cultivos se asocian, en el mismo ensayo y si el tratamiento maíz asociado con fríjol produce 4 000 kg de maíz y 1 000 kg de fríjol, su índice (UET) sera $\frac{4\ 000}{5\ 000} + \frac{1\ 000}{1\ 600} = 1\ 42$ El índice (UET) puede interpretarse como el número de hectáreas totales que se necesitan para los dos monocultivos bajo la misma tecnología y condiciones, y con el objeto de igualar la producción de una hectarea de los dos cultivos en asociación

Los resultados de experimentos con tratamientos de maíz en monocultivo, maíz asociado con fríjol y fríjol en monocultivo, se resumen en la Tabla 3 En cada caso, los rendimientos del sistema de asociación representan la mejor combinación incluída en cada ensayo Se observan en la tabla datos de aumentos desde 217 hasta un 90% sobre los monocultivos esto indica el alto potencial de estos sistemas para producir alimentos También, es aparente el efecto de la "tecnología', es decir, el manejo agronomico y la introduccion de variedades nuevas durante el año 1975 los rendimientos de fríjol en el último ensayo son superiores a 4 000 kg/ha en monocultivo y a 2 000 kg/ha en asociación con maíz El maíz, tal como ya se discutió, no es afectado por la asociación con el fríjol, por lo menos bajo las condiciones del Valle del Cauca, Colombia, y con las prácticas actuales de la asociación en el CIAT

INTERACCION GENOTIPO POR SISTEMA

El trabajo de mejoramiento de cultivos, realizado por los centros nacionales e internacionales, se ha concentrado en variedades e hibridos para sistemas de monocultivo Se ha pensado que las selecciones óptimas en este sistema son las mejores para utilizar en otros sistemas La realidad es que en el trópico, no se ha establecido la magnitud de la interaccion genotipo por sistema

Tabla 3 Indices de uso eficiente de tierra de cultivos asociados en once ensayos de maíz y fríjol, comparados con sus respectivos monocultivos

Ensayo	Rendimiento Monocultivo		Rendimiento Asociación		Indice Uso Efic Tierra UET
	Maíz (kg/ha)	Frijol (kg/ha)	Maíz (kg/ha)	Frijol (kg/ha)	
7501	6535y	2148a	7318x	429b	1 32
7502	7221x	2033a	6926x	1033b	1 47
7503	6383x	2290a	7174x	334b	1 27
7509	5674y	2815a	7175x	1180b	1 68
7510	5500y	3486a	6794x	517b	1 39
7511	5445y	2165a	6718x	1443b	1 90
7513	5096x	2574a	5923x	1030b	1 56
7515	5600x	2688a	4177y	1275b	1 21
7516	3729x	1531a	3414x	1083b	1 62
7517	4435x	3696a	4089x	1732b	1 39
7518	4739x	4307a	4934x	2075b	1 52

Se necesita superar esta etapa, para saber si los resultados del esfuerzo realizado en el mejoramiento genético de los monocultivos son aplicables a los sistemas de asociación de cultivos El año pasado se presento una metodología para estudiar esta interacción en maíz, fríjol voluble y fríjol arbustivo (Francis et al , 1975) Los resultados preliminares de la aplicacion de esta metodología a los tres cultivos son variables, pero indican una mínima interaccion entre genotipo y sistema El maiz se sembro en tres sistemas monocultivo, asociado con fríjol arbustivo, y asociado con fríjol voluble Se sembraron 15 variedades que incluyeron a 12 familias de selecciones por planta baja mas tres testigos H-207, Tuxpeño Caribe-2 (normal) y H-210 (braquítico) la correlación simple entre rendimiento en monocultivo vs rendimiento en asociación con frijol arbustivo no fue significativa (r = 23/ns) Tampoco fué significativa la correlacion entre rendimiento en monocultivo vs rendimiento en asociación con frijol voluble (r = 46 ns) La correlación entre rendimientos de los dos sistemas de asociacion fué altamente significativa (r = .66**) Una conclusión muy preliminar de esta interacción aparente de sistema por genotipo, es que para cada sistema, monocultivo o asociación, se deben seleccionar maíces diferentes Los rendimientos promedios de maíz fueron entre 4 200 y 4 700 kg/ha en los tres sistemas, y no hubo diferencias significativas entre variedades dentro de cada sistema Hay que repetir el ensayo con un rango mas amplio de materiales, para realmente comprobar esta hipótesis de interaccion genotipo por sistema

Un contraste interesante en la interacción de variedad por sistema viene de un ensayo de Buestan (1973) en el Ecuador y el ensayo 7526 del CIAT En ambos, se utilizaron dos maíces - normal y enano, con una serie de variedades de frijol En el ensayo del Ecuador, no se encontraron diferencias en rendimientos del maíz, ni entre las dos variedades, ni entre las asociaciones con

nueve fríjoles En cuanto a los rendimientos de fríjol, no hubo correlación significativa para rendimiento (r = 0 26 ns) ni para ordenamiento por rangos (r = 0 36 ns) entre los dos sistemas, ie dos variedades de maíz como tutor Se concluye de estos datos, que la selección de una variedad hecha a través de un determinado sistema no necesariamente significa que esta es la mejor variedad para otros sistemas de cultivo En el ensayo del CIAT con 16 variedades de fríjol voluble, el rendimiento del maíz normal (5 702 kg/ha) fué mas alto que el braquítico (4.881 kg/ha) Se encontró una correlacion estrecha (r = .90**) entre rendimientos de los dos híbridos sobre las 16 variedades de frijol Además, los rendimientos de frijol se correlacionaron significativamente en los dos sistemas (r = 76**), con una conclusión contraria a la mencionada anteriormente, el mejor fríjol seleccionado a través de un determinado sistema sería el mejor para el otro sistema de cultivo Realmente, nohay una conclusion definitiva todavía, ni en el maíz ni en el fríjol, sobre la importancia de la interacción genotipo x sistema (Francis et al , 1975)

FACTORES AGRONOMICOS

En el medio ambiente del CIAT, los aspectos agronómicos que resultaron mas importantes para contrastar en los dos sistemas, monocultivo y cultivo asociado, fueron la densidad de siembra, el volcamiento o acame del maíz, y la incidencia de Spodoptera en el maíz Ambos cultivos responden a los aumentos en la densidad de siembra, tanto en monocultivo como en asociación la Figura 1 muestra los aumentos en producción debidos a aumentos de densidad, en el caso de la asociacion, el maíz se mantiene a una densidad constante de 40 000 plantas por hectarea El maíz en monocultivo aumenta en produccion hasta 70-80 000

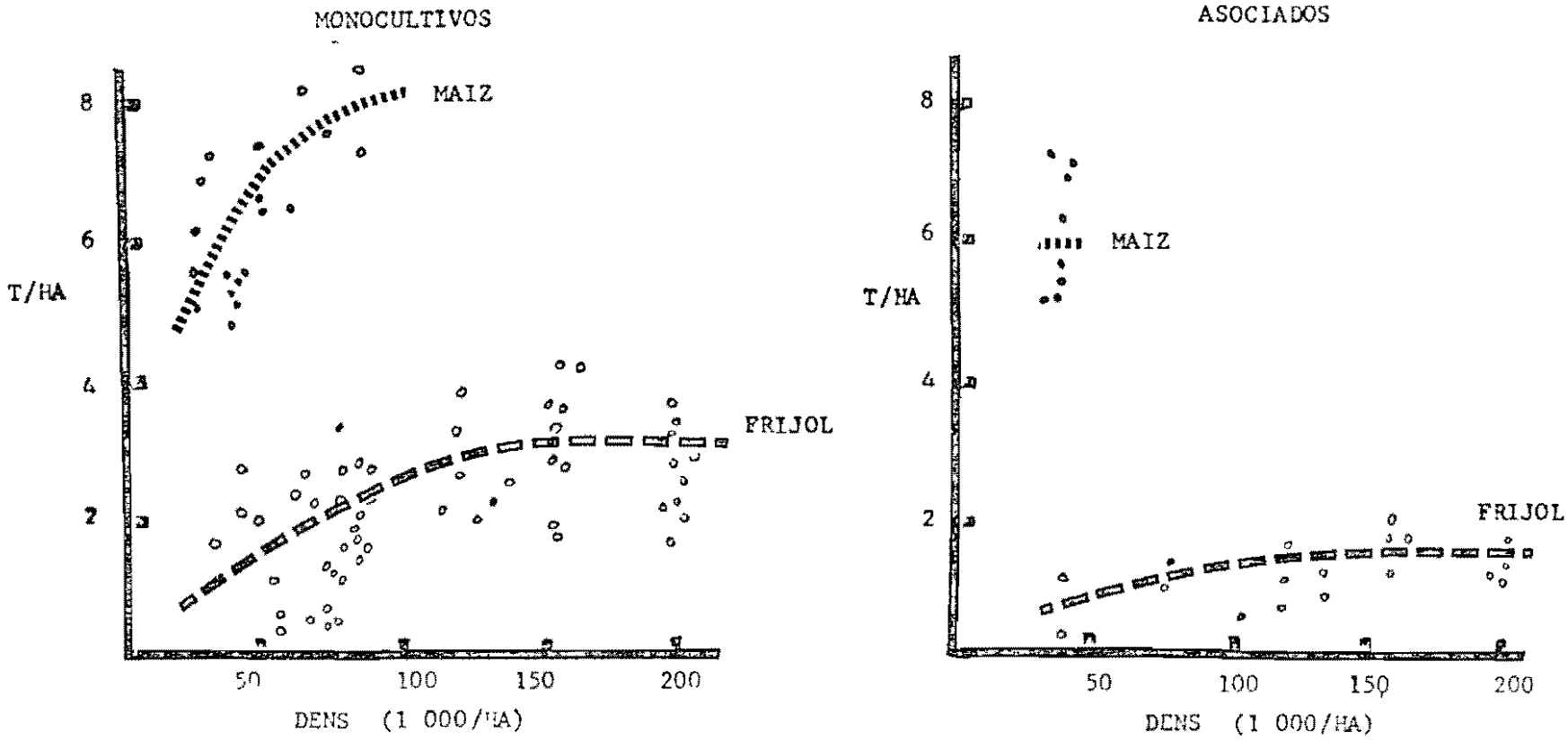


Figura 1 Rendimientos de maíz y fríjol en monocultivo y en asociacion, como funcion de la densidad de siembra

plantas por hectárea, aunque hay dificultades con acame en las densidades altas El fríjol voluble también aumenta su produccion hasta aproximadamente 120 000 plantas por hectarea, tanto en monocultivo como en asociación Es evidente la importancia de las densidades altas en la siembra con alta tecnología en estos tres sistemas

El volcamiento del maíz, representa para el agricultor un verdadero problema especialmente en la cosecha, además de las pérdidas directas debidas a pudrición de mazorcas En la Tabla 4, se encuentran datos comparando el maíz en monocultivo con el maíz asociado, y el acame tanto de raíz como de tallo Se nota en el acame total, que este es siempre mayor en el monocultivo El acame de raíz es un punto muy importante para distinguir entre los dos sistemas, se supone que el mejor anclaje de las raíces debido a la asociacion con el fríjol es el factor mas importante para explicar esta diferencia Esta ventaja de la asociación puede ser critica en regiones donde hay vientos fuertes y muchos problemas de cosecha del maíz debido al acame

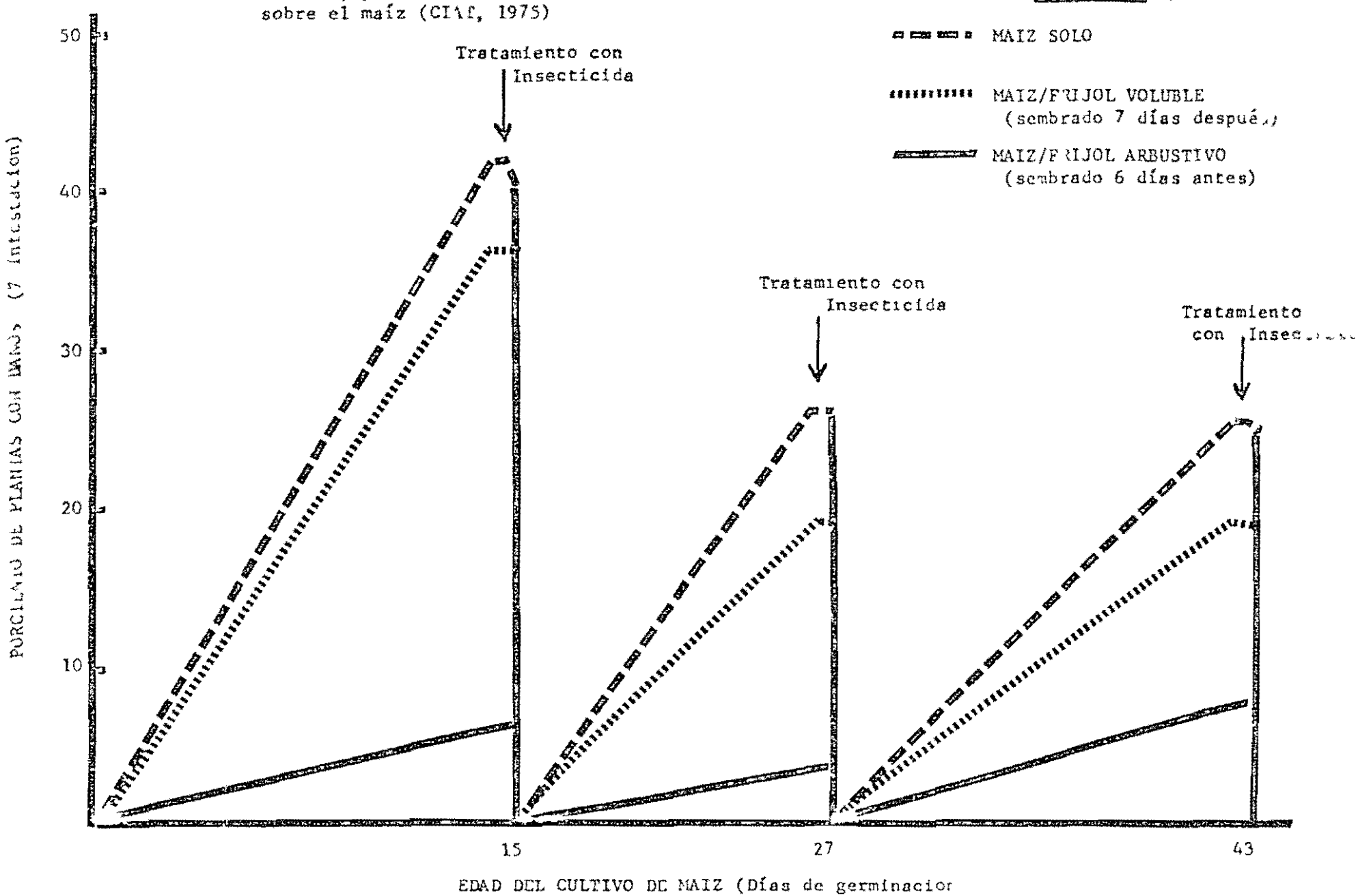
La incidencia de Spodoptera frugiperda ha mostrado diferencias grandes en ciertos semestres en el CIAT, entre los sistemas de maíz en monocultivo y maíz asociado con fríjol La Figura 2 muestra el porcentaje de infestación de cogollero en maíz en monocultivo vs maíz asociado con fríjol voluble (fríjol sembrado siete días después) y vs maíz asociado con fríjol arbustivo (CIAT, 1975) Se encontro poca diferencia entre el monocultivo y la asociación maiz-fríjol voluble, pero hubo mucho menos ataque del insecto en la asociación maíz-fríjol arbustivo, con siembra anticipada del fríjol arbustivo El ataque ocurrio tres veces, despues de la siembra y unos días después de cada tratamiento con insecticida

Tabla 4 Acame de maíz en diez ensayos de monocultivo y asociación con fríjol voluble y fríjol arbustivo[1/]

Ensayo	Maíz	Variedad Fríjol Asociado	Acame Raíz Mono	Acame Raíz Asoc	Acame Tallo Mono	Acame Tallo Asoc	Acame Total Mono	Acame Total Asoc
7501	H-207	P-259	29 4	22 8	6 4	6 6	35 8	29 4
7501	H-210	P-259	1 6	3	9 6	3 8	11 2	4 2
7501	H-207	Pijao	29 4	9 6	6 4	5 2	35 8	14 8
7501	H-210	Pijao	1 6	6	9 6	2 4	11 2	3 0
7502	H-207	Pijao	23 3	6 3	7 3	5 0	30 6	11 3
7507	H-207	P-259	53 2	17 0	6 2	6 5	59 4	23 5
7508	H-207	Jamapa	64 3	14 0	1 0	3 3	65 3	17 3
7509	H-207	P-259	46 5	2 2	15 8	3 0	62 3	5 2
7510	H-207	P-259	2 0	3 2	22 5	6 2	24 5	9 4
7511	H-207	Pijao	14 0	26 0	9 0	0	23 0	26 0
7513	H-207	P-259	9 0	10 0	6 0	3 0	15 0	13 0
7515	H-207	P-259	10 2	16 2	18 7	12 2	29 0	28 5
7516	H-207	P-259	14 0	10 0	22 0	14 0	36 0	24 0

1/ Datos de acame en columnas seguidas con una raya, no son diferentes significativamente, nivel 5%

Figura 2. Relación entre tres sistemas de siembra de maíz monocultivo, asociado con fríj l voluble, y asociado con fríjol arbustivo, en el ataque de cogollero (Spodoptera sp) sobre el maíz (CIAT, 1975)



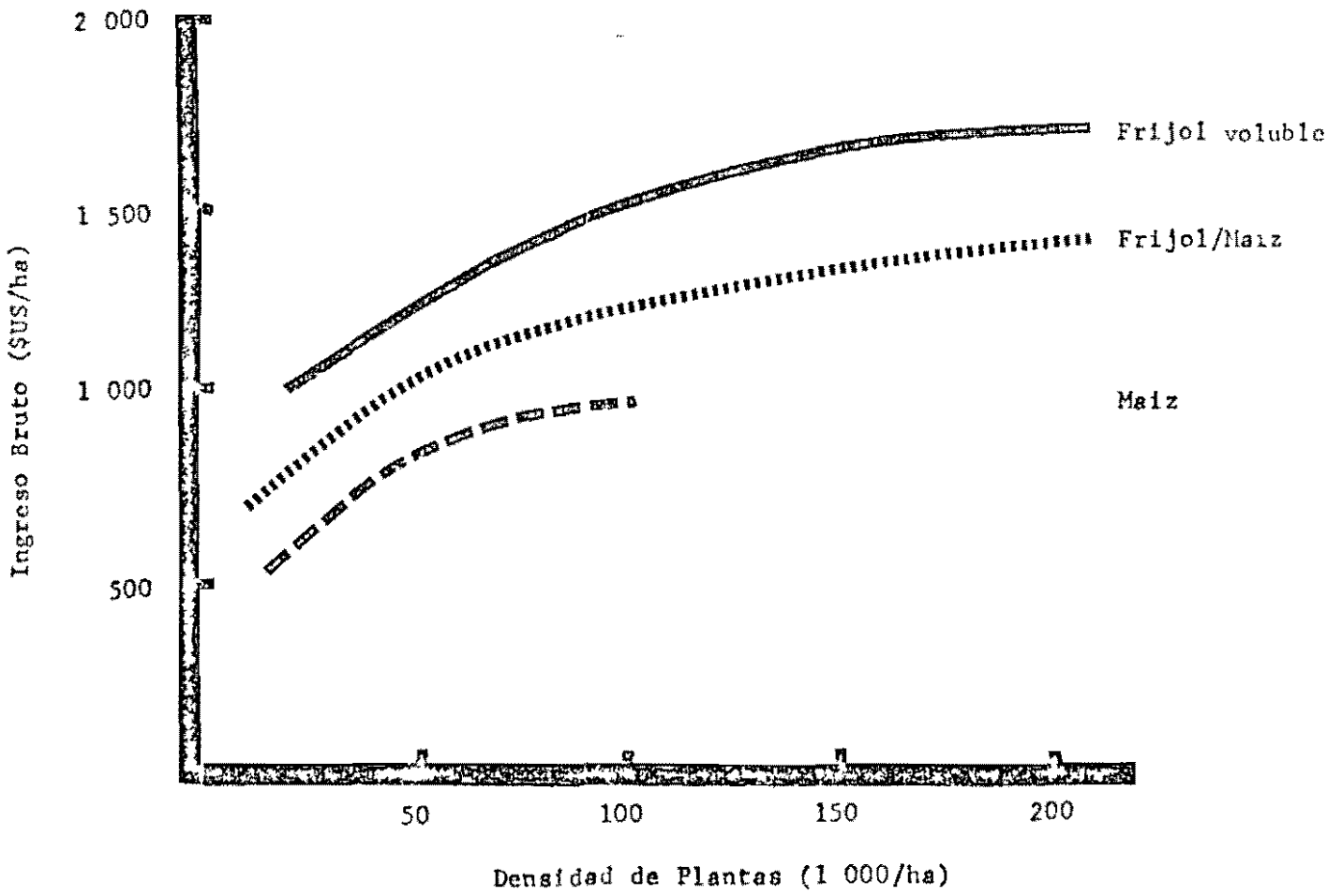
Todos estos resultados señalan importantes ventajas para la asociación en cuanto a la reducción en el ataque y consecuentemente, en los costos del control de un insecto tan dañino en muchas regiones maiceras de la Zona Andina

RESULTADOS ECONOMICOS

Entre los criterios de decisión mas importantes para el agricultor de pocos recursos, en cuanto a cuáles cultivos y sistemas deben sembrarse en un determinado año, están la producción, la rentabilidad y la seguridad de la cosecha Como ya se mencionó, la densidad de siembra de los cultivos es un factor importante en el rendimiento, e influye mucho en la producción y rentabilidad del cultivo La Figura 3 muestra las diferencias en ingreso total (valor comercial del cultivo), en tres sistemas, como función de la densidad La densidad de siembra es la que indica la figura en ambos monocultivos y en cuanto a la asociación la densidad de maíz se mantinne constante en 40 000 plantas/hectárea Se calculó el ingreso con un precio del maíz de US$ 120/tonelada y el fríjol con un precio de US$ 480/tonelada En cuanto al ingreso bruto, hay una ventaja del monocultivo de fríjol en todos los niveles de densidad Las densidades óptimas son de 60-70 000 plantas de maíz en monocultivo, y de 100-120 000 plantas de fríjol/hectárea en cualquiera de los dos sistemas

Aunque el fríjol voluble en monocultivo produjo un ingreso total alto, el sistema tiene costos adicionales muy elevados para las espalderas o tutores La mayoría de los costos como preparacion, siembra, fertilización, y protección, son relativamente iguales con aumentos en densidad, se aumentan los costos de semilla y mano de obra en la cosecha Con base en los costos del CIAT, se ha

Figura 3. Ingreso total de tres sistemas, frijol, maíz, y asociación maíz-frijol como función de la densidad de siembra, el maíz se mantiene con 40 000 plantas/ha en asociación (Francis *et al*, 1976)



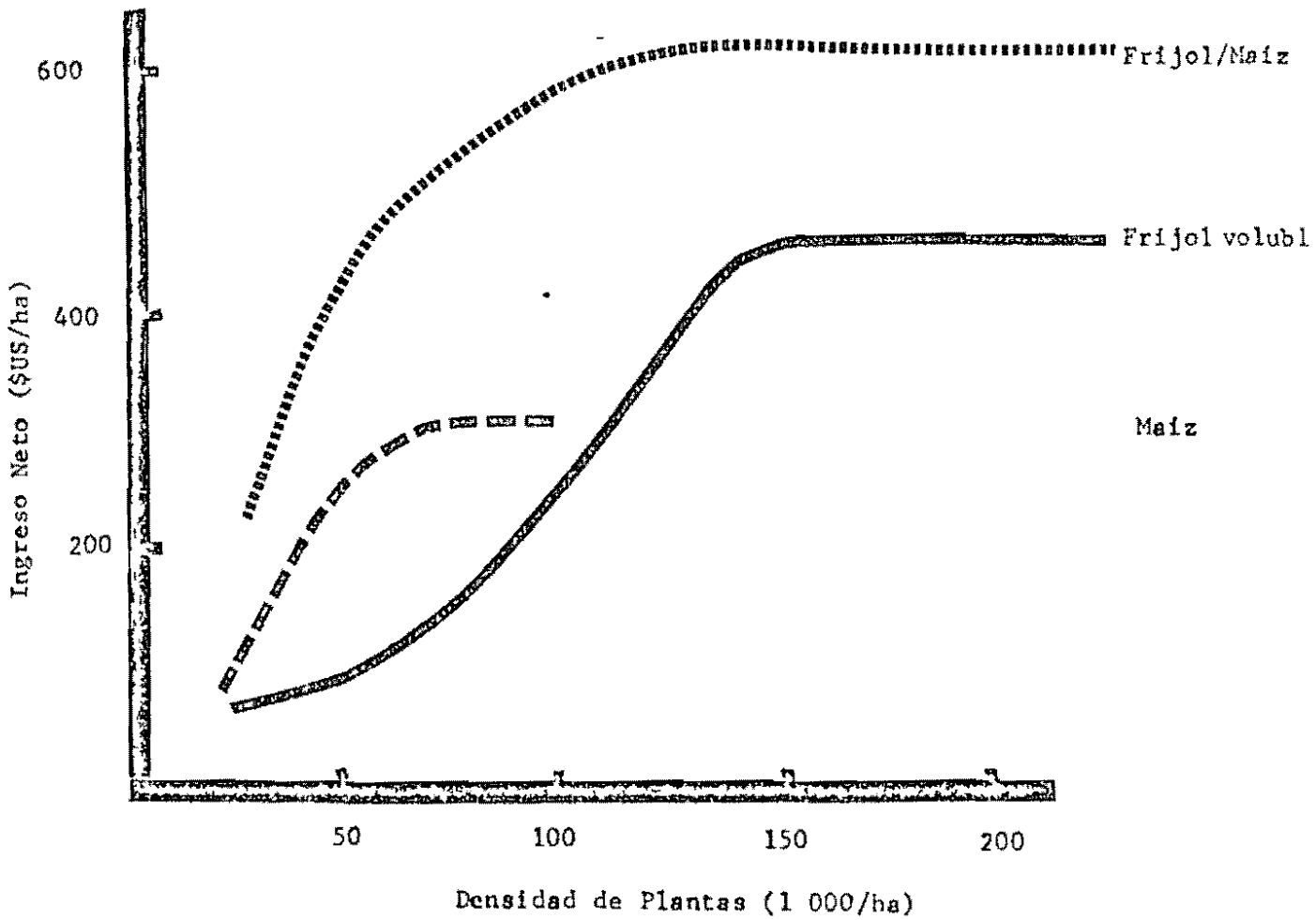
calculado el ingreso neto del monocultivo de fríjol en comparación con los otros dos sistemas (Figura 4) Con estos costos y un rendimiento consistente de 3 ton/ha de fríjol en monocultivo, este sistema resulta menos rentable que el sistema de asociación fríjol-maíz, con producción de 1 5 ton/ha de fríjol y 6 ton/ha de maíz Para conseguir una comparación válida entre los sistemas, hay que estudiarlos en otras condiciones Por ejemplo, un agricultor que disponga de materiales rusticos para los tutores y mano de obra de la familia, tendría un costo mucho mas bajo, y una ganancia neta mucho mas alta por hectárea, sembrando fríjol voluble solo Los datos de la Figura 4 muestran los efectos de un factor agronómico, la densidad sobre la producción y rentabilidad de sistemas alternativos de siembra

CONCLUSIONES

Los resultados de un año de investigación intensiva en el sistema de asociación de cultivos maíz-fríjol, señalan que existe un potencial grande para aumentar la productividad de estos sistemas tradicionales Tienen aplicación en algunas regiones tropicales, especialmente aquellas caracterizadas por la presencia de agricultores con recursos escasos, en zonas de minifundio

Un resultado importante de este esfuerzo investigativo es el hecho de que el rendimiento del maíz no rebaja como consecuencia de la asociación con el fríjol Por otro lado, la cosecha de fríjol asociado con este maíz puede llegar hasta 1 500 kg/ha en el caso de las variedades arbustivas, y hasta 2 000 kg/ha con las variedades volubles Un resultado de esta naturaleza afecta en forma significativa los ingresos del agricultor el maíz no baja en su producción, y el fríjol puede ser considerado como otro ingreso adicional de mucha importancia

Figura 4 Ingreso neto de tres sistemas, frijol, maíz y asociación maíz-frijol como función de la densidad de siembra, el maíz se mantiene con 40 000 plantas/ha en asociación (Francis et al , 1976)



por el alto precio que tiene este producto en la mayoría de los países latinos

La eficiencia del uso de la tierra aumenta con la asociación de los dos cultivos Según los resultados presentados, esa eficiencia sube desde 217 hasta un 90% en las asociaciones,esto en comparación con los respectivos cultivos

Entre los factores agronómicos mas críticos para aumentar la producción, tanto de los monocultivos como de la asociación, la densidad de siembra juega un papel de suma importancia Los rendimientos de maíz subieron con aumentos de densidad hasta de 70-80 000 plantas por hectárea Los rendimientos de fríjol también aumentaron hasta niveles de 120 000 plantas por hectárea, en el caso de las variedades volubles Estos niveles de densidad son muy superiores a los que utiliza el agricultor, y pueden ser conseguidos mediante cambios relativamente fáciles dentro de los sistemas actuales Una de las consecuencias mas interesantes de la asociación maíz-fríjol, es la reducción del ataque del cogollero en el maíz Esta protección aparente que recibe el cultivo de maíz, significa una reducción marcada en el costo de producción del cultivo Otra consecuencia importante es la reducción de acame en el maíz, cuando el cultivo se encuentra asociado con el fríjol En el caso de la reducción del acame de raíz, este resultado se relaciona tentativamente con un mejor anclaje de la planta, resultante de un entre-cruzamiento de las raíces de ambos cultivos en la misma zona del suelo

Un estudio económico de los ingresos obtenidos con los tres sistemas de cultivo, maíz en monocultivo, fríjol voluble en monocultivo, y asociación maíz-fríjol, señala una ventaja de la asociación cuando los costos son altos en el monocultivo de fríjol voluble La panancia relativa entre los sistemas cambiaría en una situación de menos costo del monocultivo de fríjol voluble El sistema de cultivos asociados no solamente es mas rentable en el CIAT y conduce a un uso mas eficiente de la tierra, sino que además tiene un costo mas bajo de produccion Esto implica menos inversión y menos riesgo para el agricultor, factores que son

de indudable importancia en su mecanismo de toma de decisiones

Estos resultados son un avance en el entendimiento de un sistema de cultivo muy importante en latinoamérica Su validación en otros medios ambientes parece ser un paso razonable dentro de la metodología a seguir en el proceso que busca un efecto significativo de la tecnología en la obtención de mejores condiciones de vida para los habitantes de las regiones rurales del trópico

BIBLIOGRAFIA

Alvim, R y P Alvim 1969 Efecto da densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (Zea mays) e pelo feijao (Phaseolus vulgaris), em culturas exclusivas e cohsorciadas Turrialba 19 389-393

Bantilan, R T y R R Harwood 1973 The influence of intercropping field corn (Zea mays) with mungbean (Phaseolus aureus) of cowpea (Vigna simensis) on the control of weeds In IV Ann Sci Meeting Crop Sic Soc Phillipines, Mayo 21-23, Cebu City

Buestan, H 1973 Programa de Leguminosas de Grano, Informe Anual, 1973 Estación Experimental Boliche, INIAP, Guayaquil, Ecuador

CIAT, 1975 Programa de Sistemas de Producción de Frijol, Informe Anual Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia

Enyi, B A C 1973 Effects of intercropping maize or sorghum with cowpeas, pigeon peas or beans Exptl Agr 9 83-90

FAO 1974 Production Yearbook, 1974 Vol 28, Part I, pp 50-51

Francis, C A , C A Flor y M Prager 1976 Potenciales de la asociacion frijol-maíz en el trópico Fitotecnia Latinoamericana (en imprenta)

Francis, C A , C A Flor y S R Temple 1975 Selección de variedades para sistemas de cultivo intercalado en los trópicos Simposio sobre Cultivos Múltiples, Sociedad Americana de Agronomía (ASA), Reunión Anual, Knoxville, Tenn Ag 24-29 (traducción en español disponible en CIAT)

García, A A y C A Molina 1973 Determinación densidad óptima para la asociación maíz-frijol (indeterminado) en el área de Chimaltenango Proyecto de Frijol, DIA, Ministerio de Agricultura, Guatemala (no publicado)

I C A 1972 Programa nacional de leguminosas de grano Informe Anual, 1972

Lepiz, R 1974 Asociación de cultivos máiz-frijol Agricultura Técnica en México 3(3) 98-101

Willey, R W y D S O Osiru 1972 Studies on mixtures of maize and beans (Phaseolus vulgaris) with particular reference to plant population J Agr Sci 79 517-529

Turrent, A y R Laird 1972 Informe del Plan Puebla Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México (no publicado)

1) Producción de Maíz (kg/ha)

País	Mono	Asoc
Colombia (1972)	7242	5433
México (1973)	4219	2639
Tanzania (1973)	6500	4140
Mexico (1974)	2050	1721

2) Producción de Maíz (kg/ha)

País	Mono	Asoc
Uganda (1972)	4000	4400
Guatemala (1973)	3799	3750
Ecuador (1973)	4090	4691
Ecuador (1973)	4560	4741

3) Rend Maíz (kg/ha) en CIAT

	Mono	Asoc
ICA H-207	6535	7631
ICA H-210	8205	8769
ICA H-207	7221	6926
ICA H-207	5445	6718
ICA H-207	3729	3414

4) Rend Maíz (kg/ha) en CIAT (1975)

	Mono	Asoc	UET
ICA H-210	7377	7760	105
ICA H-207	8496	9222	109
Br Modif	6492	6655	102
Br Normal	7339	6747	92

5) Rend de Maíz y Fríjol en CIAT (1975)

	Monocultivo		Asociado		
Ensayo	Maíz	Fríjol	Maíz	Fríjol	UET
7502	7221	2033	6926	1033	1 47
7509	5674	2815	7175	1180	1 68
7511	5445	2165	6718	1443	1 90
7518	4739	4307	4934	2075	1 52

6) Acame del Maíz (%)

Ensayo	Mono	Asoc
7501	35 8	29 4
7509	62 3	5.2
7516	36 0	24 0
Prom (10 ens)	33 8	16 1

Rend Maíz (kg/ha) en CIAT (1975)

	Mono	Asoc	UET
ICA H-210	7377	7760	105
ICA H-207	8196	9222	109
Br Modif	6492	6655	102
Br Normal	7339	6747	92

Rend de Maíz y Fríjol en CIAT (1975)

	Monocultivo		Asociado		
Ensayo	Maíz	Fríjol	Maíz	Fríjol	UET
7502	7221	2033	6926	1033	1 47
7509	5674	2815	7175	1180	1 68
7511	5445	2165	6718	1413	1 90
7518	4739	4307	4934	2075	1 52

Acame del Maíz (%)

Ensayo	Mono	Asoc
7501	35 8	29 4
7509	62 3	5 2
7516	36 0	24 0
Prom (10 ens)	33 8	16 1

Producción de Maíz (kg/ha)

País	Mono	Asoc
Colombia (1972)	7242	5433
México (1973)	4219	2639
Tanzania (1973)	6500	4140
México (1974)	2050	1721

Producción de Maíz (kg/ha)

País	Mono	Asoc
Uganda (1972)	4000	4400
Guatemala (1973)	3799	3750
Ecuador (1973)	4090	4691
Ecuador (1973)	4560	4741

Rend Maíz (kg/ha) en CIAT

	Mono	Asoc
ICA H-207	6535	7631
ICA H-210	8205	8769
ICA H-207	7221	6926
ICA H-207	5445	6718
ICA H-207	3729	3414

8233

ANTECEDENTES FISIOLOGICOS Y AGRONOMICOS PARA CULTIVAR LA YUCA Y EL FRIJOL EN ASOCIACION[1]

H THUNG[2]

La presentación de las ideas de esta conferencia se efectuará en la siguiente forma

I Introducción
II Agronomía de la yuca
III Fisiología de la yuca
IV Problemas de competencia en el sistema de cultivos asociados
V Aspectos para comprender la interacción yuca-frijol
VI Problemas con las practicas culturales en el cultivo asociado yuca-frijol

1/ El Programa de Fisiología de Yuca del CIAT adelanta las investigaciones del cultivo de la yuca y el frijol en asociación

2/ Fisiólogo, Becario post-doctorado

I. INTRODUCCION

Bradfield (1970), indica tres métodos generales para aumentar la producción de alimentos

1 - Aumentar el área de siembra de cultivos alimenticios

2 - Aumentar la producción por unidad de área

3 - Aumentar el número de cultivos por año en un mismo terreno

Desafortunadamente n son muchos los países que aún tienen suficientes terrenos de reserva para ampliar su área de cultivo Con el fín de aumentar la producción por unidad de área es necesario disponer de variedades y prácticas culturales mejoradas Sin embargo, la producción de granos y otros cultivos alimenticios bajo el sistema de monocultivo (una cosecha por estación por unidad de área) no ha sido lo suficientemente alta para satisfacer la demanda futura Con el fín de satisfacer esta urgente demanda de alimentos a corto plazo, las investigaciones actuales se enfocan primordialmente hacia los siguientes objetivos

1 - Explorar cultivos alimenticios tradicionales y nuevos con alto potencial de rendimiento

2 - Cultivos asociados

1 - <u>Explorar cultivos alimenticios tradicionales y nuevos con alto potencial de rendimiento</u>

Un ejemplo de los cultivos que se están explorando por su alto potencial de rendimiento es el de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Solo recientemente, la yuca surgió de la oscuridad en que se hallaba en el trópico y se pretende que, en un futuro, sea un cultivo universal En cierta medida, puede reemplazar el ñame, aroideas y batata (Martín, 1970) hasta

el presente, el mejor cultivar de yuca aún no ha expresado su máximo potencial genético (de Vries, 1967, Cock, 1976)

La yuca, como productora eficiente de almidón, tiene un contenido de proteínas y vitaminas relativamente bajo Para balancear la dieta humana en una región donde el consumo de yuca es alto, la mejor alternativa pueden ser las leguminosas

2 - Sistemas de Cultivos Asociados

A pesar de que los agricultores del trópico y sub-trópico han practicado estos sistemas durante siglos, sólo recientemente se convirtieron en objetivo de la investigación agrícola Los sistemas de cultivos múltiples agregan otra dimensión (Tiempo y Espacio) a la investigación agrícola tradicional (Sánchez, 1976)

Se asegura que estos sistemas se convertirán en la forma futura de la agricultura (Martín, 1970, Sánchez, 1976) para satisfacer la demanda creciente de alimentos

El sistema de cultivos asociados para la producción de alimentos es ampliamente utilizado por agricultores con diversos niveles de tecnología agrícola En los países en desarrollo, tales como los de América Latina, África y Asia, los agricultores de bajos recursos administraran sus fincas de tal manera que se obtienen producciones bajas, pero frecuentemente adecuadas y relativamente estables La mayoría de los alimentos consumidos por la gente de estos países se derivan de éste tipo de sistemas de cultivo

Cuando los sistemas de cultivos asociados son más intensivos, la

producción obtenida depende de la interacción de las especies en asociación Por éste motivo, los estudios de intercalamiento, adelantados por el Programa de Fisiología de Yuca, hacen énfasis en la interacción entre los cultivos A través de la comprensión de esta interacción cultivo a cultivo, se pueden obtener las informaciones básicas de los sistemas asociados, lo cual permitirá definir mejores sistemas de intercalamiento

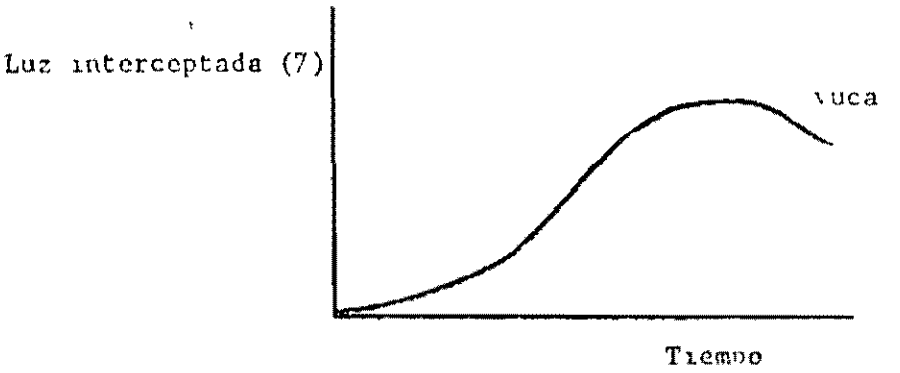
II AGRONOMIA DE LA YUCA

La yuca (Manihot esculenta Crantz) pertenece a la familia Euphorbiaceae y normalmente se cultiva entre los 30°N y 30°S de latitud Fuera de estos límites, la yuca no crece bien, debido a su sensibilidad al fotoperíodo (Jones, 1959), los rendimientos de la yuca disminuyen significativamente en días de más de 14 horas, en comparación con el tratamiento de día corto (Sarah, S B 1975, Bolhuis, 1966, y CIAT, 1974) La yuca se cultiva entre los 0 y 2 000 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación anual que oscila entre menos de 1 000 milímetros y varios miles de milímetros A alturas mayores de los 2 000 metros, la yuca no crece bien debido a la baja temperatura (Cock e Irikura) La yuca frecuentemente se cultiva en áreas monzónicas que presentan estaciones húmedas y secas pronunciadas Esto demuestra que después del establecimiento de la yuca, la planta es capaz de sobrevivir bajo condiciones secas En consecuencia, la yuca establecida no presenta un período crítico (Cock y Rosas). La yuca también crece en suelos con un pH extremadamente bajo (4 3), donde otros cultivos no logran desarrollarse Lógicamente, los mayores rendi-

mientos de yuca se obtienen en suelos de buenas características En la rotación de cultivos, por lo general la yuca se siembra de último, debido a su habilidad para producir varias toneladas de raíces frescas por hectárea en suelos relativamente empobrecidos

III FISIOLOGIA DE LA YUCA

El desarrollo de la cobertura foliar de la yuca es lento durante los primeros estados, y particularmente bajo condiciones desfavorables El hábito de crecimiento de la yuca se puede ilustrar mediante su curva de interceptación de luz



La baja intercepción de luz y el amplio espaciamiento, indican que durante los primeros estados, la yuca no utiliza mayor cantidad de luz, pero tampoco tolera sombra y la competencia (Doll, 1976) En consecuencia, aparentemente no es mucha la cantidad de luz utilizada Este excedente de luz podría ser utilizada por otros cultivos, como por ejemplo el fríjol arbustivo A partir de los seis meses las hojas de la yuca tienden a caer-

se, nuevamente, hay suficiente luz disponible bajo la cobertura foliar de la yuca En este caso, el fríjol trepador, se puede cultivar en asociación con la yuca, en el cual el tallo de la yuca serviría como soporte del fríjol Este método es ventajoso para cultivar el fríjol trepador, debido al alto costo que tiene el soporte artificial

IV PROBLEMAS DE COMPETENCIA EN LOS SISTEMAS ASOCIADOS

La planta requiere de diversos factores de crecimiento que incluyen luz, agua, nutrimentos y dióxido de carbono La luz y el CO_2 son absorvidos por las hojas, y el agua y nutrimentos principalmente por la raíz En todos los cultivos sembrados a una densidad normal, se presenta competencia entre las plantas por los recursos Sin embargo, en los sistemas asociados se presenta más tempranamente que en el sistema de monocultivo

1 - Luz y CO_2

A pesar de que en el trópico hay abundante disponibilidad de energía solar, puede ser un factor crítico en el sistema de cultivos asociados

Cuando las coberturas fotosintetizantes de los componentes del sistema se encuentran a la misma altura, la competencia por luz se puede presentar muy tempranamente en el desarrollo de los cultivos Se considera que las especies que se pueden cultivar más exitosamente en el sistema asociado, son las que presentan diferentes alturas de cobertura foliar

Cuando la cobertura fotosintetizante de un componente se encuentra a mayor altura (yuca) que la del otro (fríjol), la más alta intercepta la

mayor parte de la luz. En este caso, el componente de menor altura se encuentra bajo condiciones desfavorables. Si las condiciones del suelo no son limitantes y los cultivos aún se encuentran en la fase vegetativa, la fotosíntesis y tasa de crecimiento de sus coberturas son casi proporcionales a la radiación que intercepta (Stern y Donald, 1962).

Durante la fase crítica del crecimiento, el sombreamiento puede afectar significativamente el rendimiento del cultivo. La fase crítica del fríjol es durante la floración, y la de la yuca durante los primeros estados. El sombrío del fríjol durante la floración disminuirá el rendimiento significativamente (Informe Anual del CIAT, 1976). El sombreamiento de la yuca durante los primeros dos meses del crecimiento reduce su rendimiento en un 50 por ciento (Doll, 1976).

La competencia por CO_2 entre los componentes del sistema asociado juega un papel de poca importancia en un cultivo abierto, aunque es teóricamente posible que esto ocurra. La turbulencia dentro de una cobertura foliar es frecuentemente tan grande, que no parece factible que se presente este fenómeno (de Witt, 1965). Además, el CO_2 respirado durante la fotosíntesis puede ser utilizado nuevamente por la planta (reasimilación), (Cock - Yoshida, 1972).

2 - Agua y Nutrimentos

Las raíces toman el agua y nutrimentos del suelo. Cuando ambos cultivos se encuentran en estado de plántula, las raíces están suficientemente distanciadas. En virtud de que el área superficial del sistema radical puede ser de más de 100 veces la de la parte aérea (Dittmer, 193), el suelo

pronto se llena y el fenómeno de la competencia puede comenzar La competencia entre raíces suele presentarse primero que la competencia entre las partes aéreas de las plantas

El agua y los iones de nitrato en el suelo son más móviles que el potasio y el fósforo (Pray, 1954) En consecuencia, la tasa de absorción de los primeros es más rápida, y por lo tanto, las zonas de reducción de agua y nitratos crecen más rápidamente que las del potasio y fósforo Esto significa que la competencia se inicia cuando ocurre un traslape de las zonas de reducción de ciertos elementos Sin embargo, la competencia entre raíces individuales y el sistema radical de un componente puede iniciarse más tempranamente El grado de traslape entre el sistema radical de los componentes es muy importante tener un buen conocimiento del patrón de distribución y densidad de las raíces de los componentes del sistema asociado

V ASPECTOS PARA COMPRENDER LA INTERACCION YUCA-FRIJOL

Desde 1976, el programa de Fisiología de Yuca ya ha adelantado investigaciones sistemáticas para comprender el sistema de asociación yuca-fríjol Dentro de estas investigaciones están

1 Epoca relativa de siembra

2 Optima combinación de densidades de población de los dos cultivos

3 Influencia del genotipo en el sistema asociado

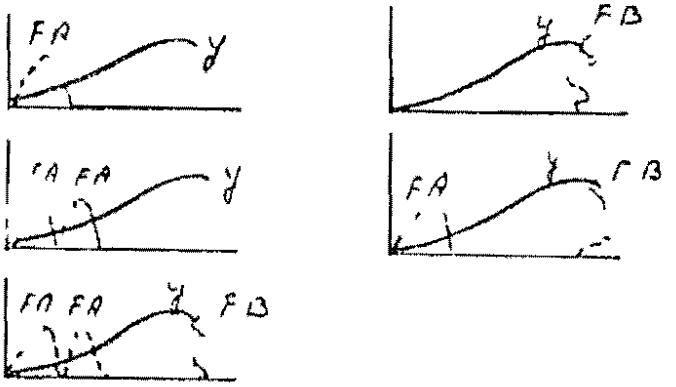
4 Competencia por luz versus competencia por nutrimentos

5 Sistema de asociación de la yuca con el fríjol, en el que el fríjol se cultiva secuencialmente,

Sencillo

Doble

Triple



Estas investigaciones se adelantan con el fin de determinar la intensidad con que se puede intercalar la yuca con el fríjol

VI PROBLEMAS CON LAS PRACTICAS CULTURALES EN EL CULTIVO ASOCIADO YUCA-FRIJOL

1 Tipo de suelo y su fertilidad

El tipo de suelo y la fertilidad del mismo limitan la posibilidad de cultivar yuca y fríjol en asociación En ciertos suelos la yuca puede crecer bien, en tanto que el fríjol no se desarrolla

Se recomienda sembrar la yuca y el fríjol en camellones o canas, debido a que ambos cultivos no toleran encharcamiento Los suelos profundos con buen drenaje son los mejores para el desarrollo de ambos cultivos La preparación del suelo para la siembra de la yuca debe adelantarse más cuidadosamente que para el fríjol La recirculación de los nutrientes presentes en los residuos de fríjol pueden mejorar el balance de nitrógeno en los suelos

2 Agua

En las regiones donde no existen facilidades de riego, como en la mayoría de las fincas de los pequeños agricultores, el inicio de la estación lluviosa determina la fecha de siembra Michel (1973) determinó que el sistema de cultivo asociado utiliza el agua disponible en forma más eficiente que el monocultivo

El proceso es el mismo para la aplicación de fertilizantes El agua total utilizada puede ser mayor, pero la eficiencia, medida en términos de la cantidad de agua utilizada por unidad de producción, será menor

3 Material de siembra

Yuca

Es ventajoso que las estacas de yuca tengan un alto porcentaje de germinación, debido a que su resiembra es difícil de lograr en el sistema asociado sin perturbar las plantas de fríjol

En el sistema de cultivo asociado, es preferible utilizar un cultivar de yuca de ramificación tardía, como por ejemplo Mex 11, Mex 17 y Pan 70 La utilización de este tipo de cultivares facilita la cosecha del fríjol en comparación con la utilización de los tipos de ramificación temprana Los cultivares de yuca que emiten una gran cantidad de follaje también ejercen función como [illegible] variedades de altos rendimientos puesto que el fríjol [illegible] ventaja

Fríjol

Se deben sembrar variedades de fríjol tolerantes al [illegible]

cuando se pretende intercalar esta leguminosa con yuca. El período crítico del sombreamiento es durante la época de floración. Durante esta época, la yuca se encuentra a una altura un poco mayor que la del fríjol y, dentro de ciertos límites, ejercerá sombra sobre la leguminosa. El cultivar tipo P 302 parece ser el mejor para este fín.

En el sistema asociado, la susceptibilidad a los insectos y enfermedades comunes es menor. El fríjol presenta más problemas de plagas y enfermedades que la yuca. En este caso, los nemátodos son un ejemplo de una afección común a los dos cultivos, primero atacarán el fríjol y en una fase posterior a la yuca. "Lorito verde" (Empoasca kraemeri) puede atacar severamente al fríjol, si no se controla en forma apropiada, pero no causa daño a la yuca.

4. Control de Malezas

Con el fín de lograr los máximos rendimientos es necesario mantener al cultivo de yuca o fríjol libre de malezas hasta que se forme una cobertura foliar cerrada. La yuca en monocultivo requiere de 2 1/2 a 3 1/2 meses para que su follaje cubra el suelo (CIAT, 1974). La introducción del fríjol entre hileras de yuca permite el cubrimiento del suelo en forma más rápida, y en consecuencia aumenta la habilidad de los cultivos para competir con las malezas. Este cubrimiento rápido no sólo suprimirá a las malezas, sino que también la intercepción de luz será mayor.

El control manual de las malezas es muy difícil de lograr en el sistema de cultivo asociado, debido a que en el campo se trata de dos cultivos y no de uno. Con el fín de evitar el desyerbe en post-emergencia

que puede ser requerido durante el período germinación-cobertura foliar cerrada, es necesario hacer aplicaciones de herbicidas en pre-emergencia Los herbicidas se deben seleccionar cuidadosamente, debido a que son escasos los que presentan selectividad para los dos cultivos El Alachlor y Diuron son e celentes en post-siembra de la yuca, pero son perjudiciales para el fríjol La textura del suelo también puede influir sobre la selectividad de los herbicidas Es necesario evaluar los herbicidas que sean selectivos para los dos cultivos Con base en los experimentos realizados bajo las condiciones del CIAT, se determinó algunas mezclas efectivas, son las siguientes

Linuron (1 kg) más Fluorodifen (7 litros) en mezcla con 200 litros de agua (suficiente para una hectárea)

Para los suelos más livianos se recomienda utilizar Trifluralina en una dosis de 3 litros/ha debido a que la mezcla anterior puede ser fitotóxica para el fríjol, en el caso de que se presenten lluvias fuertes después de su aplicación

5 Control de insectos

La yuca es atacada por diversos insectos como ácaros, y trips, y el fríjol por el "fotito verde", chinche , etc La yuca tiene la habilidad de recuperarse del ataque de insectos cuando las condiciones climáticas son favorables durante la estación lluviosa, debido a que su ciclo de crecimiento es mayor (1 año o más) que el fríjol En consecuencia, para la yuca las plagas no son tan perjudiciales como para el fríjol

Mediante observaciones visuales se determinó que el sistema de culti-

vo asociado presenta menores infestaciones de insectos en comparación con el monocultivo, debido a que el equilibrio de poblaciones de insectos es mucho mejor (equilibrio presa-predatores) La aplicación irracional de los insecticidas puede deteriorar completamente el equilibrio natural de las poblaciones de insectos y el mecanismo natural del control de plagas

Los niveles de infestación de insectos en el fríjol son mayores que en la yuca, especialmente durante la estación seca En consecuencia, las observaciones de poblaciones de insectos se deben hacer primordialmente en el fríjol Algunas plagas importantes del fríjol son

a) "Lorito verde" - Se puede controlar con Azodrín (300-400 cc/ha)

b) "Chinches Verdes" - Se pueden controlar con Diostop (400-600 cc/Ha)

c) Acaros Rojos y Blancos - Se pueden controlar con Kelthane o Tamaron en las dosis recomendadas

Hasta la presente, no se ha observado un insecto que ataque los dos cultivos, a excepto el "Lorito Verde" "El Lorito verde produce daños severos en el fríjol

6 Control de enfermedades

Existen diversas enfermedades que atacan el fríjol y la yuca [illegible] incidencia puede ser muy severa [illegible] de cultivos asociados puede favorecer el desarrollo de enfermedades en uno de los cultivos, debido a los cambios en el micro-clima

El fríjol es más susceptible a las enfermedades que la yuca particularmente durante la estación de lluvias El ataque del "nublo bacte-

rial" (Xanthomonas phaseoli) puede ser severo. Se puede aplicar Kocide 101 en una dosis de 1 kg/ha. Este producto no solo es preventivo contra el ataque del añublo bacterial en el fríjol, sino que también protege a la yuca de la enfermedad del superalargamiento (Sphaceloma manihoticola).

Otros patógenos que pueden atacar tanto a la yuca como al fríjol son Sclerotium rolfsii, Sclerotinia sclerotiorum, Rhizoctonia sp. y los nemátodos del género Meloidogyne. Los nemátodos pueden atacar tanto al fríjol como a la yuca. Existen productos para erradicar estos patógenos, pero son muy costosos y no están al alcance del agricultor. La mejor forma de prevenir el ataque de nemátodos es mediante la rotación de cultivos

BOLHUIS G G 1966
Influence of length of the illumination period on root formation in Cassava (Manihot utilis var Pohl)
Netherlands Journal of Agricultural Sci 24(4) 251-254

BRADFIELD, R 1970
Increasing food production in tropics by multiple cropping
In Research for the world food crisis, a symposium Washington D C American Association for the Advancement of Science, 1970
pp 229-242

BRAY, R H 195 A nutrient mobility concept of soil plant relationship
Soil Sci 78 9-22

CIAT 74 1976 - Centro Internacional de Agricultura Tropical
Annual Report

COCK, J H 1976
Characteristics of high yielding cassava varieties
Expl Agric 12 135-143, 1976

COCK, J H and S YOSHIDA 1972
Accumulation of 14C labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant
Proc of the Crop Sci Soc of Japan Vol XXXXI, 226-234, 1972

COCK, J H & Y IRIKURA

COCK, J H & C ROJAS
Ecophysiology of Cassava
(CIAT-unpublished)

DITTMER, H J 1937
A quantitative study of the roots and root hairs of a winter rye plant (secale cereale)
Am J Bot 24 417-420

DOLL, J D & H PIEDRAHITA 1976
Métodos de control de malezas en yuc
CIAT publication Serie LS-21, 1976

JENSEN, M E 1961
Double cropping makes better use of rain and land
Crops and soils, Vol 13 7 April May

JONES, W O
Manioc in Africa
Stanford University Press Stanford p 31

KRANTZ, B A , J KALLER & ASSOCIATION 1976
Annual Report of the Farming Systems research program 1975-1976
(an informal report) ICRISAT

KUNG, P 1976
Farm crops of China 4 factors influencing multiple cropping
World crop Vol 28 (N 1) 40-44, 1976

LOWE, S B , J D MAHON & L A HUNT 1976
The effect of daylength on shoot growth and formation of root tubers in young plants of cassava
Plant Sci letter 6(1976) 57-62

MARTIN F W 1970
Cassava in the world of tomorrow
In Intern Symp Tropical Root and Tuber Crops 2nd Honolulu and Hapna, Hawaii
p 53-58

MICHIE A H 1973
Increasing [illegible] efficiency in multiple cropping
Agricultural mechanization in Asia [illegible] 113-[illegible] 1973

OLICSO, I N [illegible] D I GREENLAND 1973
Intercropping, system in tropical Africa multiple cropping
In Proceedings of a symposium p 90 (63-101)

SANCHEZ P A 1976
Multiple cropping, An appraisal of present knowledge and future need
In Asa special publication-number 27 373-379

STERN, W R & C M DONALD 1962
The influence of leaf area and radiation on the growth of clover
Aust J Agric Res 13 615-623

VRIES C A de , FERNLDA J D AND LEACH M 1967
Choice of food crops in relation to actual and potential production in tropics
Neth of Agric Sci p 241-248

LC
CIAT

"CULTIVOS ASOCIADOS" - Resumen N° 1c, Octubre 1976

Objetivos Durante la VII Reunion de Mineros de la Zona Andina (INIAP, Guayaquil, 18-22 Octubre de 1976), se propuso la repatriacion de información a nivel "informal" y antes de la publicacion formal, entre los investigadores mas vinculados al campo. El procedimiento sencillo será el siguiente, segun acuerdo de los fundadores del grupo.

Metodo

1 Cada investigador enviará sus resultados (tabulados, si es posible, no es necesario esperar mucho, pero conseguir los) al CIAT, en donde se publicarán una hoja de serie con una letra (codigo) para el país respectivo y el CIAT repartirá esas hojas a todos los interesados.
2 El formato del resumen de una hoja máximo, será Título, Objetivos, Métodos, Resultados, Conclusiones y el Nombre del Responsable (ver ejemplos 2C y 10C, adjuntos).
3 Se incluirá en la serie con cierta frecuencia, las instituciones de los países incluídos en la lista de los que reciben los resumenes.
4 El exito dependerá del interes de cada investigador en enviar sus datos, y del CIAT en recibir, duplicar y despachar los resultados. Cualquier indice falle en este proceso.

Resultados Durante la reunion en Guayaquil, se preparó una tabla muy preliminar de trabajo actual y planeado, se incluyó en ella un dato adicional para complementar el texto.

Variable	PAIS (1 000 m.n.n.)							
	México (2 2)	CAIIC (3)	CIAT (1 0)	Ecuador (2 1-2 6)	Bolivia (2 6)	Costa Rica (< 5)	Colombia (< 5)	Sierra Leona (2)
Fertilización	2	1(4)		0 (8)			1	2
Riego								
Densidades			1(1)	3 (8)	2	1(1)	1	2
Fecha Siembra			1	3		1(1)	1	
Control Malezas			2	(2)				
Sistemas Siembra		1(4)	1		2	1(1)	1	2
Manejo Suelos	1	1(4)						
Variedades	1	1	3		2		1	2
Var. x Sistemas			1					
Var. x Manejo			(5)		1			
Sanidad Vegetal								
Estudio económico				(6)	1			

Nota: El número indica la cantidad de localidades en la primera columna, seguido la variable y el número en paréntesis, los números planteados.

Colaboradores: Los participantes en la primera reunion.
Morales, Victor, Programa Nal. Maiz, Instituto Nal. Agrario, Lima, Peru; SOTO MAYOR Jesús S., Estación Exp. Vista Florida, Chiclayo, Peru; Ciudad Tito Condemarcos, Cajamarca, Peru; Cali, Colombia; Tarapoto, Peru; Quito, Ecuador; Darío, Cali; Tulio Cesar, Cali; Cali, Colombia; 40, Cali; Cali; INABIO, S.A., CIAT, Apdo. Aéreo 6713, Cali, Colombia.

Para información: CIAT, Apdo. Aéreo 6713, Cali, Colombia

CIAT

CULTIVOS ASOCIADOS - Resumen N° , Octubre 1976

Título Comparacion entre Monocultivos y Asociaciones (7501)

Objetivos Comparar los rendimientos de monocultivos [illegible] asociaciones [illegible] maíz y fríjol, evaluar la interaccion variedad x [illegible]stera, con dos var[illegible]ades de maíz y dos de fríjol

Metodos Bloques al azar, 5 repe, 9 tratamientos, pa[illegible]celas de 4 x 8 [illegible] (28 8 m2), maíces H-207 (44 000) y [illegible]-210 (65 000), fríjoles Pijao (311 000 y P-259 (44 y 65 000), [illegible]embra Pijao Feb 15, Maíz feb 21, P-259 feb [illegible], 1975, fertilización 300 kg (15 15-15), 20 kg Borax, 25 kg $ZnSO_4$, 10 kg [illegible] kg/Ha, control de malezas mecanico

Resultados

	Rendimiento (kg/ha)			Indice Cosecha		Uso Eficiente de la Tierra	
	Fríjol	Maíz (grano)	Maíz total	Maíz	Fríjol		
Pijao (arbustivo)	1738c	-	-		-	1	0
H-207/Pijao	845d	7631bc	14 269a	46[illegible]	-	1	5
H-210/Pijao	647de	8769a	15 564a	48[illegible]	-	1	4
P-259 (44 000)	2148b	-	-	-	56	1	0
H-207/P-259	429ef	7318c	15 839a	40b	50	1	0
P-259 (65 000)	2456a	-	-	-	53	1	0
H-210/P-259	220f	8153ab	15 634a	45[illegible]c	43	1	8
P-207	-	6535a	15 014a	38[illegible]	-	1	0
H-210	-	8205ab	15 796a	45[illegible]c	-	1	0
CV (%)	19 4	7 3	15 0	11 [illegible]			

Conclusiones

1 Los rendimientos del maíz fueron muy altos, con la ventaja del braquítico H-210 debido a mas alto índice de cosecha El monocultivo P-259 resultó con rendimiento mas alto, y el de Pijao aceptable, la densidad de P-259 fue muy baja

2 Los efectos de la asociación fueron muy fuertes, bajar el rendimiento del fríjol, especialmente con el maíz enano (H-210)

3 El ensayo mejoraría con mayor densidad de fríjol [illegible]able, con menos o ninguna diferencia en fecha de siembra de los componentes Se debe incluir variedades con los potenciales mas altos de rendimiento

4 Ataque de cogollero maíz/Pijao << Maíz/P-250 < maíz monocultivo

C A [illegible]lombia y C A [illegible]cia (CIAT)

Referencias disponibles de C A [illegible], CIAT, Apdo aereo 6713 Cali Colombia

CULTIVOS ASOCIADOS - Resumen N° 3[illegible], Octubre 1976

Título Asociaciones entre Maíz, Arroz Fríjol y Soya (7502)

Objetivos Comparar los rendimientos de dos cereales y las leguminosas de [illegible] ano en monocultivo y en asociación, y observar el comportamiento y componentes de rendimiento

Metodos Bloques al azar, 3 reps, 9 sistemas, parcelas de 28 8 m², maíz H 207 (44 000), fríjol ICA Pijao (330 000), soya ICA Pance (330 000), arroz "Fedearroz" (150 000) siembra fríjol, soya [illegible] 18, maíz y arroz feb 26, 1975, fertilizaciones igual a 7 01 (20)

Resultado

	Densidad (1 000/ha) Leguminosa	Cereal	Rendimiento (kg/ha) Leguminosa	Maíz	U[illegible]	[illegible]
Maíz H-20	-	44 a	-	7 221a	1	[illegible]
Fríjol ICA Pijao	300		2 033bc	-	1	[illegible]
Soya ICA Pance	300	-	2 910a	-	1	[illegible]
Maíz/Fríjol	300	44 a	1 033d	6 026a	1	[illegible]
Maíz/Soya	300	44 a	1 550c	6 525a	1	
Maíz/Arroz[1]	-	44 a	-	8 195a		
Arroz[1]/Fríjol	300		2 223b	-		
Arroz[1]/Soya	300		3 025a	-		

[1] Arroz con producción muy baja (no se evaluó)

Conclusiones

1 El rendimiento del fríjol bajó en un 49 , y el de la soya en un 47 en asociación con maíz, comparando con el monocultivo El maíz no cambió su rendimiento, entre los varios sistemas de asociación comparado con el monocultivo

2 Las interacciones entre cultivos son complejas, y la única manera de [illegible] es estudiando cada [illegible], en un sistema de asociación fríjol y maíz, para desarrollar estos principios de asociaciones de cultivos

C A Tlos y C A Tunos (C[illegible])

Resumenes disponibles de la Biblioteca, CIAT, Apdo aéreo 6713, Cali, Colombia

4C
CIAT

CUTIVOS ASOCIADOS - Resumen N° 4C, Octubre 1976

Título Densidades y habitos de maíz en dos sistemas (7503)

Objetivos Comparar variedades seleccionadas de maíz de baja estatura, con híbridos normales y braquíticos en dos sistemas (monocultivo y asociado con fríjol voluble), evaluar el efecto de densidad de siembra del maíz en su rendimiento y el del fríjol asociado

Metodo Parcelas subdivididas, 5 reps, 4 densidades (30, 50, 70, 90 000/ha), 4 variedades de maíz (M-1 M-2 M-3 M-4 = M-207 normal), 2 sistemas, fríjol voluble P-259 (densidad fríjol igual al maíz asociado), fertilización normal a 200, siembra maíz Marzo 10, fríjol marzo, 1975

Resultados en la comparación entre maíz asociado y monocultivo, no había diferencia en rendimiento en ninguna densidad, ni de ningún maíz

Rendimientos de maíz (Densidad x Variedad, ns)

Densidad	M-1	M-2	M-3	M-4	Promedio(**)
30 000	4694	3507	3922	5559	4431z
50 000	7138	4567	5966	7302	6243y
70 000	6779	5032	6325	7952	6272x
90 000	7568	6573	7043	8859	7511x
Promedio( )	6545b	4918d	5814c	7419a	6174

($\bar{x}$ 6174, e - 842, CV = 13 6%)

Rendimientos de fríjol (Densidad Auto., *)

Densidad	M-1	M-2	M-3	M-4	Fríjol Monocultivo	Promedio (pc)
30 000	476d	468d	491d	411def	1755c	72
50 000	441de	459d	451de	289defgh	1954bc	71
70 000	334defg	324efg	241efgh	217fgh	2290a	59
90 000	204gh	222eh	239efgh	175fh	2084b	59
Promedio (*)	364y	365y	356y	272y	2071x	67

($\bar{x}$ 676, e - 146, CV = 21 6%)

Conclusiones

1 Rendimiento de maíz aumentó con densidad, hasta el máximo con 90 000/ha en ambos sistemas no había diferencia en rendimiento de maíz entre asociado y monocultivo. El maíz M-207 y el M-210 braquítico, variaban en comportarse mejor que las variedades seleccionadas por baja estatura

2 El rendimiento de fríjol fue bajo, debido a variedad, fecha de siembra, y también a que el maíz quitó luz a fríjol en asociado. Monocultivo (2 000 kg/ha), el fríjol produjo 70-90% de su rendimiento en asociado

CIAT Palmira y CIAT Quilichao (A1)

Resumenes disponibles de Agrónomos, CIAT, Apdo Aereo 6713, Cali, Colombia

CIAT

CULTIVOS ASOCIADOS - Resumen N° 5C , Octubre 1976

Título Densidades de Maíz con Frijol Voluble I (7504)

Objetivos 1 Comparar los rendimientos de maíz asociado con fríjol, en densidades desde los 30 hasta los 110 000 plantas/ha

2 Comparar varios sistemas de siembra, en cada densidad, con 1 hasta 4 plantas por sitio

Metodos Bloques al azar, 4 reps, 5 densidades (30, 50, 70, 90 y 110 000) 4 sistemas (1, 2, 3 y 4 plantas/sitio) 20 tratamientos, parcela 28 m2, maíz H-207 fríjol P-259 (PI-182-063), fertilización igual al ensayo 7501, siembra de maíz Mayo 17, frijol Mayo 31, 1975

Resultados

1 Rendimiento de maíz (kg/ha)

Densidad	1 1	2 2	3 3	4 4	Promedio ( )
30 000	4970d	7965d	5300bcd	5070 d	506
50 000	6074a	6700a	6196abc	5082 d	6150
70 000	6614a	6295ab	6885a	6426 b	655 y
90 000	6338ab	7226a	6836a	6930 a	683
110 000	6343ab	6528ab	7008	6726	660 y
Promedio (ns)	6172m	6703m	6465m	6048 n	624

($\bar{x}$ = 6242, s = 696, CV = 11 17)

2 Rendimiento de fríjol (kg/ha) - asociado con el maíz en la misma densidad'

Densidad	1 1	2 2	3 3	4 4	Promedio ( )
30 000	1631a	1372ab	1303abc	1040 bcde	13
50 000	1334ab	1038abcde	1310abc	1190 abc	12 y
70 000	772bcdef	1299abc	1212abcd	632 def	9
90 000	590def	512ef	740bcdef	695 cdef	6
110 000	468ef	328f	336f	230 f	34
Promedio (ns)	959m	910m	980m	770 n	90

($\bar{x}$ = 907, s = 398, CV = 43 97)

Conclusiones

1 No había diferencia en rendimientos, ni en el maíz ni en el fríjol, entre sistemas de siembra (no de plantas/sitio) Seguramente, a estos niveles de fertilizante, especialmente bajos en el caso del fríjol, no hubo tan diferencias debidas a cantidad de luz en el cultivo

2 El maíz H-207 respondió a altas densidades de siembra, hasta un tope de 90 000/ha - su rendimiento en 110 000 El fríjol bajó en rendimiento con cada aumento en densidad del maíz, seguramente debido a la competencia por sombra del cultivo más alto

3 Se podría mantener la densidad del maíz en un nivel bajo, de 40 000 por ha, para favorecer al cultivo de fríjol y maximizar la ganancia de los dos cultivos asociados - este ingreso fue mejor ($43 000/ha) con 50 000 ha en este estudio

C A Ilori , C A Francis , C A

Resúmenes disponibles de C A Francis, CIAT, Apdo Aéreo 6713 Cali Colombia

CI

CULTIVOS ASOCI DOS - Pe umen N° 6C, Octubre 1976

Título Fpocas de Siembra lel Frijo Voluble con maíz (7505)

Objetivos

1 Determinar la epoca mas crítica para sembrar el fríjol voluble con maí
2 Evaluar el efecto del fríjol asociado en la produccion de maíz

Metodos Bloques al azar, 4 reps, 6 fechas de siembra de fríjol/simul ineo 10, 20, 30, 40 y 50 días despues del maí), y monocultivo maíz testigo, parcelas 32 m2, maíz H-207 (30 000/ha), fríjol I-259 (20 000 ha), siembra en cuadro 30 x 40 fertilizacion igual al 2501, fechas de siembra maíz Feb 8, fríjol Feb 19 hasta Abril 1975

Resultados

	Rendimientos (Kg/ha)	
	Maíz	Fríjol
Siembra simultanea	1999d	240a
Siembra fríjol 10 días despues	1310cd	140b
" " 20 " "	1417cd	69c
" " 30 " "	1780ab	35cd
" " 40 " "	1355a	5d
" " 50 " "	1742bc	0d
Monocultivo Maíz	1978bc	-
" "	1662bc	-

Maíz ($\bar{x}$ = 5653, s = 280, CV = 5 0% , Fríjol ($\bar{x}$ = 82, s 32, CV = 38)

Conclusiones

1 No hubía influencia de la asociacion de fríjol en ninguna época, sobre el rendimiento de maíz, aunque el fríjol resultó tener lo que no permitio sacar un juicio sobre su verdadero efecto potencial sobre el maíz

2 El fríjol I-259 no fue apropiado en esta asociacion, y no produjo nada en parte por la baja densidad - siempre se redujo en forma especialmente con el tiempo de siembra, con respecto a la fecha de siembra del maíz

C A Ebler y C A Francis, CI

Resumenes disponibles de C A Francis, CIAT Apdo aéreo 6713, Cali, Colombia

7L
CIAT

CULTIVOS ASOCIADOS - Resumen nº 7C, Octubre 1976

Título Variedades de maíz en Tres Sistemas (7506)

Objetivos

1 Evaluar maíces de tres fenotipos en monocultivo vs asociado con fríjol arbustivo y con fríjol voluble

2 Estudiar la correlación entre sistemas en cuanto al rendimiento de maíz, y la interacción genotipo de maíz por sistema

Metodología Parcelas divididas, 3 reps, 3 sistemas (monocultivo maíz 40 000, maíz 40 000 con fríjol arbustivo 250 000, maíz 40 000 con fríjol voluble 250 000), 15 variedades de maíz, parcelas de 16 m2, fertilización igual a 7501, siembra Mayo 20, 1975

Resultados (calculos con maíz - $4000/ton y fríjol a $16 000/ton, pesos colombianos)

Rendimientos

	Maíz Asoc con Fríjol Arbust			Maíz Asoc con Fríjol Volub			Maíz Solo	
Var MIZ	Maíz (kg/ha)	Fríjol (kg/ha)	Valor Total ($)	Maíz (kg/ha)	Fríjol (kg/ha)	Valor Total ($)	Maíz (kg/ha)	Valor Total ($)
M1188	3 853a	455b	22 692	3 493a	424b	20 356	4 644a	18 572
M1577	3 620a	510b	22 820	3 584a	411b	20 912	4 660a	18 672
M1768	4 207a	422b	23 580	4 581a	450b	25 524	5 429a	21 765
M1389	4 470	400b	24 360	4 441a	445b	24 854	4 015a	16 060
M1464	4 100a	473b	24 098	3 308a	402b	19 662	4 164a	16 660
M1443	4 228	372b	22 864	4 437a	361b	23 524	4 961a	19 844
M1101	4 630a	355b	23 720	4 924a	372b	25 648	4 924a	19 796
M1030	4 241	483b	24 720	4 393a	345b	23 092	4 815a	19 260
M1599	4 880a	377b	24 912	5 074a	383b	26 732	5 003a	20 012
M1586	3 064a	455b	19 216	3 923a	413b	22 300	4 717a	18 868
M1449	4 181a	333b	21 892	4 603a	520b	26 732	3 855a	15 420
M4084	3 920	437b	22 696	3 879a	528b	23 874	4 503a	18 012
H-207	4 860	372b	25 416	4 470a	341b	23 536	4 992a	19 968
H-210	4 310	309b	23 032	4 533a	335b	23 492	5 334a	21 336
Tuxp Cam 2	4 475	390b	22 740	3 331a	449b	28 509	5 367a	21 468
Fríjol Solo	-	912a	15 072	-	2 532a	40 512	-	-
Promedios	4 220	406	23 250	4 427	544	23 856	4 761	19 044

Comparación	Solo vs Asoc Arb	Solo vs Asoc Vol	Asoc Arb vs Asoc Vol
Maíz Asociado	1 - 23	1 - 46	1 - 66*
Maíz Puesto	1 - 45	1 - 56	1 - 77**

Conclusiones

1 Se presentaron casos en los maíces altos como el H-207 y Tuxpeño Cam 2, y en el monocultivo en la densidad normal

2 Hubo efecto genotipo significativo entre variedades de maíz, pero no entre los tres sistemas de siembra, no hubo diferencia significativa entre variedades de maíz, pero el rendimiento del fríjol arbustivo en el voluble entre variedades de maíz, pero el rendimiento del fríjol arbustivo en el voluble

3 La correlación entre sistemas, no hubo una relación significativa entre el rendimiento de maíces en monocultivo con los de los sistemas de asociación. Entre los dos sistemas de asociación, hubo una correlación intermediente (r = 06*) pero de (r = 72**)

8C
CIA-

CULTIVOS A OCIADOS - Resume N° 8C, Octubre 1976

Título Evaluación de Var edades de Fríjol Voluble en Dos Sistemas (7507)

Objetivos
1 Evaluar una serie de variedades de frí l voluble en monocultivo vs ocia-
cion con el maíz
2 Estimar la correlacion entre endimien os y puestos en los dos sistem es decir,
la interaccion sist n por genotipo

Metodos Parcelas divididas, 4 eps, 2 stemas (monocultivo fríjol con 0 000/ha
y trelli, frí l asociado (100 00/ha) con maíz H-207 a 40 000 arie-
dades de fríjol volubl, fertiliz ción gu a 7501, siembra maíz Mayo 20 rí ol
Junio 10, 1975

Resultados

Variedad	Monocultivo Puesto	Rendimiento (kg)	Asociado Puesto	Rendimiento (kg)	[illegible]
P-353 (negro)	1	2414a	3	525ab	[illegible]
P 364 (blanco)	2	2273a	1	577a	44 59ab
P-759 (café)	3	2205a	4	402bc	51 8a
P-525 (negro)	4	2126ab	2	558a	51 9a
P-6 (negro)	5	1785bc	6	317cd	52 8a
P-526 (negro)	6	1650cd	5	400bc	53 4a
P-16 (negro)	7	1308de	7	270cd	51 7a
P 483 ( )	8	947ef	9	140a	4 4a
P-355 (gris mot)	9	587f	8	193d	47 1a
Maíz Monocultivo					28 4b

(Fríjol Mono $\bar{X}$ = 1658, s = 960, CV = 15) (Fríjol Asoc $\bar{X}$ = 377, s , 74 8
(Maíz $\bar{X}$ = 4209, s = 891 CV = 17 14

Correlacion de fríjol e re dos siste puestos r = 88 *, rendimiento = 99 *

Conclusiones
1 Los rendimientos de íjol b jaron en n 787 (promedio) en la asocia , comparado con el monocultivo los co ponentes o afect s por la competenci n número p anas/vaine (-14), días a tie ( ), peso de 100 s ill ( ), e índice de cosecha ( ) los compo tes a ectados por la competen ron altura de guía (-2), número de rud (-327), ramas con vaina ( ) los co - ponentes m s afect s por la compet cia vai as/planta (-587), r planta (-50), para trille (-67), peso vain (-70) peso semilla (-67) planta
2 No había interacción variedad x siste , como observa en las corre ones por rendimiento ( ) y pues o en el maíz ( ) - indicando que lo fríjoles altos entre los resultado de los dos sist s. Si este dato se confirma permitirá utili n cualquiera de los dos siste s en l asociación de pol
3 En analisis aparte, os suelos centric s los datos bord s parece cluyo que una re ion en l mano de a parcelas es factible, s el CV, y para incrementar m número de varie dades en los ensayos posteriores

(A Lancie y C A Palmira (CIA

Resumenes disponibles de CIAT Fríjol, CIAT, Apdo Aéreo 6713, Cali, Co

CIAT

CULTIVOS ASOCIADOS, Resumen N° 96, Octubre 1976

Título Evaluación de Variedades de Fríjol Arbustivo en dos Sistemas (7508)

Objetivos

1 Evaluar variedades de volubles en dos sistemas, para calcular las correlaciones entre rendimientos y puestos entre sí

2 Cuantificar la interacción sistema por variedad, para decidir si es necesario hacer evaluación en más de un solo sistema

Método Parcelas divididas 3 reps, monocultivo y asociado, 9 variedades, parcelas de 24 m2, maíz a 40 000/ha, fríjol a 350 000/ha, fertilización igual a 7501, siembra de fríjol Junio 1, maíz Junio 0, 1975

Resultados

Variedad	Monocultivo Puesto	Monocultivo Rendimiento	Asociado Rendimiento	Asociado Puesto	% Reduc en Asoc	Maíz Rendimiento	Maíz en Asoc
Guali	9	691f	574f	8	16 9	5199 b	46 0bc
Jamaica CR	3	156 b	1040d	4	33 7	5309 b	23 3c
Porrillo	2	191 a	1367bc	2	28 5	4710 b	22 7c
Hij	4	138 bc	1193cd	3	13 7	4094 b	34 0bc
Neptuno	7	1067d	516f	9	51 6	4483 b	37 7bc
Puebla 152	5	137bc	1006de	5	26 8	5109ab	29 0c
Tui	6	109 d	805ef	6	26 3	5427 b	34 7bc
Jamaica V	1	201a	1371bc	1	31 8	5947a	17 3c
P-5 A	8	767ef	713f	7	7 0	4518 b	30 0bc
Maíz Solo(40 000)						2051c	65 3ab
Maíz Solo(80 000)						4291bc	86 7a

Fríjol Monocultivo $\bar{x}$ = 1018, Fríjol Asociado $\bar{x}$ = 954, CV = 12 2%
Maíz $\bar{x}$ = 4806, CV = 16 1%

Correlación entre sistemas (fríjol) rendimientos r = 0 91**, puestos r = 0 93**

Conclusiones

1 Los rendimientos de fríjol se redujeron en un 28% en asociación, y esa reducción varía desde 52 hasta 7%, entre las 9 variedades. Las variedades negras fueron superiores, y las variedades de rendimiento bajo sufrieron menos reducción

2 No se presentó una interacción variedad x sistema, con correlaciones altas entre rendimientos (r = 91 **) y puestos (r = 93 **)

3 Se redujo en significativamente por la competencia del maíz, las vainas/planta, granos/planta, hojas/planta, peso seco/planta, índice de cosecha

4 El maíz no varió en su rendimiento entre variedades de fríjol, pero con la misma densidad (40 000) produjo mucho menos rendimiento en monocultivo, debido a un cambio de hábito

C A Lloyd y C A Francis (CIAT)

Resúmenes disponibles de C A Francis, CIAT, Apdo Aéreo 6713, Cali, Colombia

CULTIVOS ASOCIADOS, Resumen N° 100, Octubre 1976

Título: Densidades de Fríjol Voluble en Monocultivo y Asociacion (7509)

Objetivos

1 Evaluar los efectos de altas densidades de fríjol voluble en el rendimiento y los componentes de rendimiento, y escoger una densidad optima, comparar el efecto de variedad en monocultivo con la asociacion de M/F

2 Evaluar la rentabilidad de estos dos sistemas, como función de densidad

Metodo: Bloques al azar, 4 reps, 4 densidades de fríjol P-259 (40, 80, 160 y 320 000/ha con 40 000 de fríjol H-207, parcelas 20 m2, fertilizacion igual a 7501, siembra de maíz mayo 16 y fríjol mayo 22, 1975

Resultados

Sistema	Densidad Fríjol	Fríjol Rendimiento	Fríjol Altura	Fríjol No/pl	Maíz Rend	Maíz Acame (%)	Ingreso Bruto (C$)
Monocultivo F	40 000	2815b	279a	26 0a		-	46 300
"	80 000	2797b	269a	25 0b	-	-	55 840
"	160 000	3635a	276a	20 8c	-	-	72 700
"	320 000	3674a	212b	8 3e	-	-	69 480
Asociado F/M	40 000	1180c	197b	14 8d	7175a	8 5a	59 474
"	80 000	1022c	188b	10 2de	6911a	5 2a	54 995
"	160 000	1480c	189b	11 0de	6347ab	14 0a	61 320
"	320 000	1250c	181b	6 2e	5087b	15 2a	53 595
Maíz Solo	-				5074b	62 2b	28 370
$\bar{x}$		2207	223	17 6	6158	21 0	
CV (%)		15 4	8 2	15 7	11 6	47 2	

Conclusiones

1 Los rendimientos mas altos resultaron de una densidad de por lo menos 160 000/ha en ambos sistemas, con ninguna interacción densidad x sistema. La altura de planta se redujo en asociacion, así como el número de vainas por planta. La altura se redujo con el ultimo aumento en densidad, pero solamente en monocultivo. Igualmente, la competencia en maíz y la reducción de altura debido a la asociación fué mas fuerte que el efecto de densidad del fríjol en asociación. El acame por ambiente también se redujo con el aumento en densidad de fríjol, en ambos sistemas.

2 El fríjol bajo en su rendimiento con la densidad mas alta de fríjol, y bajo en monocultivo debido a un acame fuerte de las plantas.

3 El enlinamiento biologico fué mas alto en la asociacion de los dos cultivos, y la producción de proteína fué mas alta en asociacion.

4 El ingreso bruto fué mayor en la alta densidad de monocultivo de fríjol voluble, debido a la buena producción y precio mas favorable del fríjol (al comparlo con maíz), altos costos de materiales y mano de obra en asociacion, sin embargo, es ventajoso en su rentabilidad comparado con un cultivo asociado con maíz.

C A Flor y C A Francis, CIAT

Resumenes disponibles de C A Francis, CIAT, Apdo aereo 6713, Cali, Colombia

11C

CIAT

CUI IVOS ASOCIADOS - Resum 1 n° 110, noviembre 1976

Título rsonas Interesadas en Culti s Asociados y que figura en la lista de distribucion[1/]

OLIVIA

A TIA, Gonzalo, Granja Pairumani, asilla 128, Cochabamba
IO I O, Po ario, Granja Pairumani, Casilla 128, Cochabamba
TIO , Paul, Granja Pairumani, Casilla 128, Cochabamba

COSTA RICA

, Jorge, CATIE, Turrialba
P Z , ufo, CATIE, Turrialba

ECUADOR

LUI NI, Hector, Est Exp Boliche , INIAP, Casilla 7069, Guayaquil
TONCI, Alfonso, Est Exp Boliche INIAP, Casilla 7069, Guayaquil
LENRIQUEZ, Gustavo, Est Exp Sta Catalina, INIAP, Casilla 340, Quito
CH ROCA, Cesar, Est Exp Sta Catalina, INIAP, Casilla 340, Quito

EL SALVADOR

, Carlos Mario, Centro Nac de Tecnología Agropecuaria, Santa Tecla

GUATEMALA

OLI, Federico, ICTA, 5a Ave #1-31, Zona 9, Guatemala
ARRILLAGA, Eugenio, ICTA, 5a Ave #12-31, Zona 9, Guatemala

HONDURAS

MARTINEZ, Rafael, Secretaría de Estado de Recursos Naturales, Tegucigalpa

MEXICO

RODRIGUEZ, Fidel, Colegio Postgraduados, ENA , Chapingo
LOPEZ, Rogelio, Colegio Postgraduados, ENA , Chapingo

PERU

GUTIERREZ, Federico, Univ Agraria La Molina, Apartado 456, Lima
SALINAS, Pedro, Univ Agraria La Molina, Apartado 456, Lima
SANCHEZ, Hugo, Univ Agraria La Molina, Apartado 456, Lima
VALDIVIA, Americo, Univ Agraria La Molina, Apartado 456, Lima
CAMARENA, Felix, Univ Agraria La Molina, Apartado 456, Lima

COLOMBIA

TORRES GOMEZA, Manuel, Programa Maíz , ICA Tibaitata, Apdo aereo 151123, Bogota
ARBOLEDA, Fernando, Programa Maíz , ICA Palmira, Apdo aereo 233, Palmira
LOPEZ, Miguel, ICA Tibaitatá, Apdo aereo 151123, Bogotá
GOMEZ , William, Estacion Exp La Selva, ICA, Rionegro, Antioquia

CIAT

AL , Manuel - Malezas
PLUCKNETT, Anthony - Yuca
BOR , Robert - Fríjol
CASTRO, Edgar - Maíz
COC , James - Yuca
DOEL, Jerry - Malezas
FERNANDEZ, Fernando- Adiestr
FOR Carlos - Adiestramiento
L Z, Guillermo - Fríjol
GONZALES, Gonzalo - Maíz
K , Peter - Fríjol
MAR , Douglas - Fríjol
FERNANDEZ, Roberto, Fríjol
HUDSON, Robert, Fríjol
MUDIA, Carlos, Fríjol
NICHOLS, John, Administracion
PRACER, Martin, Fríjol
RACHIE, Kenneth, Administracion
SCHOONHOVEN, Aart van, Fríjol
SPAIN, James, Grado de Carne
TAB ERO, Fernando, Fríjol
T , Steven, Fríjol
THURN, Michael, Yuca
VOYSEST, Oswaldo, Fríjol

1/ Lista de distribución , Octubre 1976

Copia disponible de CIAT Administración, CIAT, Apdo aereo 6713, Cali, Colombia
Copias disponibles para quienes interesados de catálogo informativo

L2C

.IAT

BIBLIO ASOCIADO , Resumen ° 12C, Noviembre, 1976

tulo Referencias Claves sobre Asociación de Cultivos

neral

A 197 Multiple Cropping Symposium Reunión Anual de ASA, Knoxville, Tenn. sec, 24-29 Agosto 1975 (en imprenta)

A (Amer characterization in Asia) 19 3 Multiple Cropping and mechanization of IRRI, 1, Spring, 1973 (Versión en español sobre este tópico)

Brymple J 1971 Survey of multiple cropping in less developed nations USAID 12, Washington, D.C. 108 pp

Davis, 1 1 3 Effect of intercropping maize or sorghum with cowpeas, pigeon peas or beans Exp Agric 9 81-90

Francis, A, A Flor y Prager 1976 Contrastes agroeconómicos entre el monocultivo y la asociación maíz-fríjol VII Reunión Maíceros, Zona Andina, Guayaquil, Ecuador, 19-22 Octubre

Fuenzalida, , C Flor y Prager 1976 Potencialidades de la asociación maíz-fríjol en el trópico Fitotecnia Latinoamericana (en imprenta)

Hart, R 197 A bean, corn and manioc polyculture cropping system I The effect of intercropping competition on crop yields Turrialba 25 3) 29 30 II A comparison between the yield and economic return for monoculture and polyculture cropping system Turrialba 25 ') 377-34

Hiquita, 19 Siembras multiples e intercaladas ICA (Colombia) Boletín de Divulgación N° 4

IICA 1 Sistemas de Agricultura Tropical, Bibliografía N°27, IDIA, San José, Turrialba, Costa Rica 5 p

IRRI 1 Multiple Cropping Training Course (IRRI, P O Box 933, Manila, Philippines) Vol 1 Organization Principles of Cropping Systems, Vol II Control management Vol III Seed management Vol IV Crop technology Vol V Agronomic economic extension (La Biblioteca - disponible a Biblioteca)

Jiménez, 19 Mixed farming in the tropics Turrialba 3(2) 52 4

Jiménez, 197 Asociación de cultivos maíz-fríjol Agric en México, 3 (3) 18-20

Jiménez, 1976 Asociación de cultivos maíz-fríjol INIA, SAG, México, Folleto Técnico No 8

Kowal, 1 4 Patterns of intercropping under indigenous conditions of Northern Nigeria, J Dev Stud 10 3-21

Lappe, A 1971 The flow of energy in an agricultural society Sci 22 117-132

Valle 1975 Efecto de la fertilización con NP en el sistema maíz-fríjol cultivado bajo las condiciones del Valle de Honduras Universidad de Guatemala, Facultad de Agronomía, tesis (inédito, 197)

Willey, R W 0 Osiru 197 Studies on mixtures of maize and beans (Phaseolus vulgaris) with particular reference to plant populations J Agric Sci 79 517-29

CULTIVOS ASOCIADOS - Resumen N° 3[illegible], Noviembre 1976

Título: [illegible] mas densidades y epocas de siembra del fríjol voluble con maíz (510)

Objetivo: Evaluar diferentes sistemas de siembra de maíz como soporte al fríjol, comparado con los dos monocultivos, comparar densidades de siembra, comparar dos épocas de siembra del fríjol voluble después del maíz, estimar interacciones entre los tres factores

Métodos: [illegible] al azar, [illegible] repe, 11 tratamientos parcelas 24 x 2, maíz H-207 a [illegible]0/ha, dos sistemas (sa[illegible] a 1 00, [illegible] surcos a 1 40- 60), fríjol [illegible] y 320 000/ha, dos epocas de siembra de fríjol, 5 y 15 días después del maíz, [illegible] cultural igual a los ensayos anteriores siembra maíz mayo 23, fríjol [illegible] 28 y Junio [illegible], 1975

Resultados:

	Rendimiento[1/] (kg/ha) Maíz	Fríjol	Ingreso Bruto (Col$/ha)[2/]
Maíz [illegible] Normales, Fríjol 80 000, 5 días	4578 bc	683 c	29120
" " " " " 15 "	6774 a	517 c	35448
" " " " 320 000 5 "	43[illegible] c	82[illegible] c	30700
" " " " " 15 "	5406 b	463 c	29112
" " Pares, Fríjol 80 000, 5 días	4160 c	49[illegible]	24624
" " " " " 15 "	5476 b	38[illegible] c	28364
" " " " 320 000 5 "	5653 ab	65[illegible] c	33076
" " " " " 15 "	485 bc	54	28200
Fríjol monocultivo 80 000	-	348[illegible] a	55776
" " 320 000	-	283[illegible] b	45328
Maíz [illegible]	5500	-	22000

1/ [illegible] grano con 15% humedad, fríjol kg/ha grano con 14% [illegible]
2/ [illegible] Col 4 000/ton, y fríjol Col $15 000/ton

En cuanto al maíz, se presentaron menos [illegible] en uno sistema de asociación, comparado con monocultivo. Las unica diferencias consistentes fueron entre las dos fechas de siembra de fríjol - con 15 días de atraso había mas producción de grano y rastrojo de maíz. No se presentaron diferencias en peso de grano, dimensiones de mazorca y tusa, número de hileras, índice de prolificidad y cosecha.

En fríjol, la densidad menor en monocultivo tenía mayor producción, y mas ramas, racimos y vainas/planta, comparado con los demás tratamientos. En los pesos secos de los varios componentes, no había consistencia en los datos, aunque se relacionaron [illegible] con el rendimiento de grano.

Conclusiones:

1. [illegible] sistemas de asociación, el fríjol no afectó el crecimiento ni el rendimiento del maíz, comparado con el monocultivo de maíz.
2. [illegible] del sistema de siembra en asociación, en el rendimiento del fríjol [illegible] rendimiento fue bajo. Se sugiere siembra simultánea con maíz en surcos normales y una densidad intermedia.

C.A. Flor y C.A. Ernesto

[illegible] Apartado [illegible] Cali, Colombia, S.A.

CULTIVOS ASOCIADOS [illegible] 1/(, Noviembre 1976

[illegible] lo Si[illegible] siembra de fríjol arbusti[illegible] con maíz (7511

Cl[illegible]tivos [illegible]lua un siste[illegible]a de si[illegible]bra nor[illegible] de maíz, cont[illegible] un sis[illegible]ema de [illegible]res de surcos que permit[illegible] mas [illegible]tracion de luz al fríjo[illegible] arbus-
[illegible], compar[illegible] los asociado[illegible] contra [illegible]nocultivo, ver la inter[illegible]cción de variedad
[illegible] fríjol po[illegible] [illegible]stema

[illegible] Pl[illegible]ues 1 [illegible]azar, 2 reps, 7 tratami[illegible]os, parcelas de 24 m2, [illegible]íz H-207
([illegible] 000/ha) en sur[illegible]os nor[illegible]les (eq[illegible]istantes) vs [illegible]rcos en [illegible]ares
([illegible] fríjol ICA Pi[illegible]o vs [illegible]rrillo [illegible]ático (250 000 [illegible]ha), fe[illegible]tilización
[illegible] (15-1[illegible] 15, 30 kg [illegible], 50 [illegible] $ZnSO_4$ 20 kg Rayple[illegible] /ha, c[illegible]trol com-
[illegible]o de [illegible] [illegible] y [illegible]ermeda[illegible]s, cont[illegible]ol de ma[illegible]a mecanico, [illegible]embra de fríjol
[illegible] 23 y [illegible] Junio 5, 197

[illegible]ados	[illegible]ndimien[illegible]o (kg/h[illegible]		Indice Co-[illegible]	[illegible]reso Tot[illegible]	(Maí[illegible] $5 000)
	fríjol	maíz	[illegible]echa Maíz	[illegible]cos Co[illegible]	(fríjol $1[illegible] 00
[illegible]ormal, ICA [illegible]jao	1410a	6115[illegible]	[illegible]4a	531[illegible]	
[illegible]ormal, [illegible]orrillo Sint[illegible]	1443[illegible]	6718a	42a	5667	
[illegible] Pato, [illegible]A Pi[illegible]jao	1485[illegible]	5774[illegible]	[illegible]7a	511[illegible]	
[illegible] Tarec, [illegible]orrillo Sint[illegible]	1467[illegible]	4193a	43a	444[illegible]	
[illegible]jao [illegible]ocult[illegible]vo	1968[illegible]	-	-	314[illegible]	
[illegible]rillo Si[illegible] [illegible]on cultivo	2165[illegible]	-	-	346[illegible]	
[illegible] ICA H-[illegible]07 [illegible]on	-	5445a	36b	272	
[illegible]	1656	5589	41 8		
[illegible] ( )	11 9	[illegible] 2	3 [illegible]		

C[illegible]clu[illegible]ion

[illegible] [illegible]ent[illegible] de am[illegible] cultiv[illegible] fuero[illegible]tos, y l[illegible] di[illegible]ferencia[illegible] en el rendi-
[illegible]to [illegible] fríjol no fu[illegible]on sig[illegible]ificativ[illegible], [illegible]bido a la [illegible]lid[illegible] de [illegible] [illegible]etí-
[illegible] [illegible]reducion en [illegible]ndimi[illegible]to del [illegible]jol, co[illegible]parado c[illegible] el mo[illegible] cult[illegible]vo,
fue el [illegible]dor [illegible] 307 en ambas v[illegible]iedades

[illegible] [illegible] [illegible]senta[illegible]on dife[illegible]ncias e[illegible]re los [illegible] [illegible]istemas de si[illegible]bra del maíz, indi-
[illegible]ando que el [illegible]tento de [illegible]umentar la luz [illegible]ponible al fríj[illegible]l no fu[illegible]ono, o que
[illegible]abria[illegible] otro( ) factor[illegible]s) mas limitant[illegible] en la producci[illegible] del frí[illegible]ol

[illegible] [illegible]nte[illegible]rac[illegible]cion d[illegible] [illegible]riedad por sist[illegible], como no se [illegible]esentar[illegible] difer[illegible]en-
[illegible] [illegible] los fríjoles en [illegible]da [illegible] siembra

[illegible] [illegible]z, no habia dif[illegible]ferenci[illegible] [illegible]nificat[illegible]va entre trat[illegible]mientos, [illegible]entre
[illegible]ncilliv[illegible] [illegible]ociado, [illegible] en la forma d[illegible] [illegible]mbra [illegible] [illegible]rigo, la producción
[illegible] [illegible] redujo en un [illegible]%, cu[illegible]ando se [illegible] [illegible]te cultiv[illegible] en pare[illegible] de surcos
con fríjol, comparado co[illegible] la siembra no [illegible]

[illegible] [illegible] Flo[illegible] [illegible] [illegible]nals, CIAT

[illegible] [illegible]ponibles de [illegible] [illegible]rarec[illegible], CIAT, [illegible] [illegible]o 6713 [illegible]li, Co[illegible]

CULTIVOS ASOCIADOS - Resumen No 150, Noviembre 1976

Título Comparación de épocas de siembra de fríjol voluble con maíz (7513).

Objetivos Determinar la época óptima para la siembra del fríjol voluble con el maíz, evaluar el efecto de esta siembra en el maíz, estudiar la interacción de variedad de fríjol con fecha de siembra

Métodos Bloques al azar, 4 reps, 13 tratamientos, parcelas de 28 m2, maíz (ICA V-207) a 70 000/ha, fríjol (P-259 y P-6) a 320 000/ha, siembra de fríjol desde 10 días antes, hasta 10 días después del maíz, prácticas culturales iguales a las anteriores, con 300 kg/ha de fertilizante completo, protección completa, siembra de fríjol Agosto 6 y de maíz Agosto 14-Sept 4, 1975

Resultados (fríjol primero = +10, +5, simultánea = 0, maíz primero = -5, -10)

Tratamiento	Rendimiento Grano Maíz	Rendimiento Grano Fríjol	Maíz Altura	Maíz Ind Prol	Maíz Rend Rastrojo	Ingreso Bruto($/ha)
P-259 Asoc (-10)	4827bc	593fg	273ab	1 11ab	5777ab	33623
P-259 Asoc (-5)	4948bc	782ef	251ab	99b	6333a	37252
P-259 Asoc (0)	4913bc	805def	240ab	1 09b	5941ab	37445
P-259 Asoc (+5)	4270c	474g	234ab	1 06b	4873b	28934
P-259 Asoc (+10)	2927d	376g	205c	1 00b	3152c	20651
P-6 Asoc (-10)	5108ab	942de	248ab	1 34a	5663a	40612
P-6 Asoc (-5)	5923a	1030d	260a	1 33a	6372a	46095
P-6 Asoc (0)	5626ab	890de	248ab	1 16ab	5264ab	42370
P-6 Asoc (5)	4950bc	1049d	235ab	1 18ab	5527ab	41534
P-6 Asoc (10)	2921d	1385c	227bc	1 03b	2917c	36765
P-259 Monocultivo	-	2240b	-	-	-	35840
P-6 Monocultivo	-	2574a	-	-	-	41184
V-207 Monocultivo	5096ab	-	242ab	1 05b	5896ab	25480
Prom (general)	4682	894	238	1 12	5247	
Prom (asociado)	4671	832	238	1 13	5182	
Prom (monocultivo)	5096	2407	242	1 05	5896	
CV (%)	12 9	13 4	6 2	12 5	15 0	

Los resultados indican una pérdida grande de producción de fríjol en todas las fechas y ambas variedades. No son buenos competidores en el sistema de asociación con el maíz. P-259 sufrió con la siembra anticipada, así como por la siembra retrasada, P-6 sufrió con la siembra anticipada del maíz. Sería recomendable utilizar siembra simultánea de esas variedades, en las condiciones del CIAT, para obtener el mayor ingreso total del sistema. El maíz sufrió con la siembra anticipada del fríjol - también es recomendable la siembra simultánea de los dos cultivos, para favorecer la producción de maíz.

Conclusiones

1. Aun con resultados bajos de producción del fríjol, la siembra simultánea aparentemente es la mejor para asociar los dos cultivos en este clima
2. Los rendimientos del maíz bajaron drásticamente, cuando fué sembrado el fríjol primero
3. Había una leve interacción de variedad de fríjol por fecha de siembra, con el tipo III (P-6) más favorecido con la siembra anticipada

C A Flor y C A Francis, CIAT

Resúmenes disponibles de C A Francis, CIAT Apdo aéreo 6713, Cali, Colombia

CULTIVOS ASOCIADOS - Resumen N°16C Noviembre de 1976

Título Métodos, densidades y soportes en dos fríjoles volubles (7514).

Objetivos Estudiar la interacción entre sistema de soporte y densidad de siembra en dos variedades de fríjol voluble, comparar el ingreso de un sistema barato de monocultivo de fríjol (sin soporte) con el sistema de espaldera

Metodos Parcelas sub-divididas, principal = densidad de fríjol (80 000, 160 000, 320 000/ha), sub-parcela = variedad (P-259 y P-6), sub-sub-parcela = sistema de soporte asociado con maíz, espaldera, sin soporte), maíz H-207 a 40 000/ha, parcelas de 24 m2, fertilización y protección completa, siembra 28 de Agosto de 1975

Resultados (análisis como bloques al azar)

	Rendimiento		Fríjol (datos/planta)			Ingreso
	Maíz	Fríjol	Altura	N° Ramas	N° Vainas	Total
P-259, 80 000, Asoc Maíz	3738a	474f	188	2 2cde	11 2efg	22536
P-259, 80 000, Trelis	-	1263bc	211	2 8bcd	13 8d	20208
P-259, 80 000, Sin Soporte	-	445f	139	3 5ab	11 8efg	7120
P-259 160 000, Asoc Maíz	3886a	500ef	181	1 5ef	7 5g	23544
P-259 160 000, Trelis	-	1788a	206	2 0de	9 2fg	28608
P-259 160 000, Sin Soporte	-	525ef	102	3 2abc	7 5gh	8400
P-259 320 000, Asoc Maíz	4192a	565ef	143	1 0f	3 2i	25808
P-259 320 000, Trelis	-	1714a	205	1 5ef	4 0hi	27424
P-259 320 000, Sin Soporte	-	527ef	139	1 5ef	2 5i	8432
P-6, 80 000, Asoc Maíz	4362a	928cde	90	2.2cd	15 5cde	32296
P-6, 80 000, Trelis	-	1648a	159	3 8a	31 5a	26368
P-6, 80 000, Sin Soporte	-	1319b	80	4 0a	26 8b	21104
P-6, 160 000, Asoc Maíz	4371a	1031bcd	108	2 5cd	12 5ef	13980
P-6, 160 000, Trelis	-	1965a	146	2 5cd	19 5c	1440
P-6, 160 000, Sin Soporte	-	1704a	95	2 8bcd	17 0cd	7264
P-6, 320 000, Asoc Maíz	4298a	369de	121	1 2f	8 0g	1096
P-6, 320 000, Trelis	-	1999a	161b	1 2f	10 0fg	1984
P-6, 320 000, Sin Soporte	-	1639a	118d	1 8ef	13 2de	6224
Promedios						
Fríjol Asoc Maíz	4142	728o	138m	1 8o	9 7n	
Fríjol con Trelis	-	1730m	181n	2 3m	14 6m	
Fríjol sin Soporte	-	1026n	112o	2 8n	13 2m	
Fríjol 80 000	4050s	1012t	144s	3 0s	18 4	
Fríjol 160 000	4178s	1252s	140	2 4t	12 2t	
Fríjol 320 000	4245s	1210s	148s	1 4u	6 8u	
Fríjol P-259	3939x	867y	168	2 1y	7 9y	
Fríjol P-6	4344x	1456x	120y	2 5x	17 1x	
Promedio General	4142	1161	144	2 3	12 5	
(%)	11 2	19 6	16 7	24 8	21 2	

Conclusiones

1 Aumentó la produccion de frijol con el primer incremento de densidad, con trelis como soporte y levemente con el tipo III (P-6), este ultimo sufrió menos sin soporte, ya que no es voluble

2 La reduccion en rendimiento de fríjol debido a la asociación con el maíz, fué de 71% en el voluble P-259, y de 50% en el tipo III (P-6)

C A Flor C A Francis

Resumen disponibles de C A Francis, CIAT, Apdo aereo 6713, Cali, Colombia

1 PL
CIAT

CULTIVOS A OCIADOS, R sumen N° 17C, Noviembre 1976.

Título Densidades e fríjol v luble en dos sistemas (7515)

Objetivos Buscar la densidade óptimas de siembra de fríjol voluble en monocultivo, así como en la asociación, medir el efecto de la asociación en el maí

Métodos Latice 3x3, 4 reps, 9 ratamientos maíz H-207 monocultivo 40.000, frijol P-25 monoculti o con 80, 160, 320 y 640 000/ha, H-207 asociado con 4 densidades de P-259, parc la d 24 m2, prácticas culturales iguales a otros ensayos, sieml a de ambos cultivos 19 de Agosto de 1975

Resultados

	Maíz			Fríjol				Ingreso
Tratamiento	Rend	Altur	% Cog	Rend	Altura	N° Ramas	N° Vainas	Bruto
P-259 Solo 80 000	-	-	-	2688c	210a	2 0a	18 0a	53760
P-259 Solo 160 000	-	-	-	2892bc	197a	1 0c	13 8b	57840
P-259 Solo 320 000	-	-	-	3324a	202a	1 0c	9 0cd	66400
P-259 Solo 640 000	-	-	-	2956b	159b	1 0c	4 0e	59120
P-259 Asoc 80 000	4177b	231	4 0	1275de	160b	1 8a	11 8bc	46385
P-259 Asoc 160 000	3906b	224 b	2 0	1384d	145b	1 0c	6 0de	47210
P-259 Asoc 320 000	3288b	200	1 0	1034ef	136b	1 5b	5 5de	37120
P-259 Asoc 640 000	3474b	214 c	5	793f	136b	1 0c	3 5e	33330
Maíz H-207 Solo	5600a	230	13 0	-	-	-	-	28000
Promedio Monocultivo	5600	230	10 0	2965x	192x	1 2x	11 2x	
Promedio Asociado	3711	219	1 9	1123y	145y	1 3x	6 7y	
Promedio General	4089	221	4 1	2044	168	1 3	9 0	
CV (%)	14 3	3 6	-	8 2	11 0	20 0	25 7	

En este ensayo el maíz en monocultivo superó al asociado por primera vez en este año Ademas tenía mayor peso de rastrojo y mayor ataque de cogollero, comparado con la asociación de cultivos

El fríjol se redujo alrededor de 60% en rendimiento, debido a los efectos de la asociación l spondió hasta las 160 000 plantas/ha en asociación, y hasta las 320 000 en monocultivo en este ensayo, dato no confirmado en otras pruebas El efecto de densid l de siembra, se expresó con menos ramas/planta, menos nudos/planta, menos vaina /planta y una reducción consistente en peso/planta de los componentes Como nota, los mayores ingresos procedieron del monocultivo de fríjol voluble

Conclusiones

1 bajo ciertas condiciones como las de este ensayo, el rendimiento de maíz puede bajar debido a la asociacion (dato no confirmado en otros ensayos)
2 La densidad optima del fríjol fue de 320 000 en monocultivo y 160 000 en asociación, ambos datos muy altos comparados con otros ensayos
3 El rendimiento biologico total el monocultivo de maíz y el de todas las asociaciones fue de 10 ton/ha, sin diferencias entre los tratamientos

C A Flor y C A Francis

Resumenes disponibles de C n lenges, CIAT, Apdo aéreo 6713, Cali, Colombia

CIAT

CULTIVOS ASOCIADOS, Resumen N° 18C, Noviembre 1976

Título Asociaciones y monocultivo de fríjoles volubles y arbustivos (7516)

Objetivos Comparar los potenciales actuales de los arbustivos y volubles en dos sistemas de siembra, evaluar los efectos de la competencia en cada cultivo componente del sistema

Métodos Bloques al azar, 4 reps, 13 tratamientos monocultivo H-207 (40 000), monocultivo fríjol voluble (160 000) de P-259, Trujillo 4, P-589, monocultivo fríjol arbustivo (250 000) de Jamapa, Pijao, P-302, todos los mismos seis fríjoles asociados con maíz de la misma densidad, parcelas de 28 m2, prácticas culturales iguales a las anteriores, siembra de maíz/voluble simultánea, y maíz/arbustivo con una semana de anticipación con el fríjol, Nov 3, 1975

Resultados

	Maíz	Fríjol			Ingreso
Tratamiento (Volubles)	Rend	Rend	Altura	Ind Cosecha	Bruto
P-259 Solo	-	2319b	219a	62ab	37104
Trujillo Solo	-	2014c	186b	56bc	32224
P-589 Solo	-	2538a	177bc	65a	40608
P-259 Asoc	3183a	757e	147cd	63a	28027
Trujillo Asoc	3193a	870e	138d	53c	29885
P-589 Asoc	2875a	1270d	154bcd	61ab	34695
Maíz Solo	3729a	-	-	-	18645
Promedio Solo	3729	2290	194	61	
Promedio Asoc	3084	965	146	59	
Promedio General	3245	1628	170	60	
CV (%)	16 1	8 9	15 0	6 5	
Tratamiento (Arbustivos)					
Jamapa Solo	-	1531a	60b	61a	24496
Pijao Solo	-	1397a	66a	53b	22352
P-302 Solo	-	1587a	63ab	61a	25312
Jamapa Asoc	3414a	1085bc	59b	61a	34398
Pijao Asoc	2471a	906c	67a	52b	28169
P-302 Asoc	3141a	1156b	58b	62a	34217
Maíz Solo	3729a	-	-	-	18645
Promedio Solo	3729	1503	63	58	
Promedio Asoc	3099	1049	61	58	
Promedio General	3256	1276	62	58	
CV (%)	16 1	8 9	11 6	6 0	

No se cambio significativamente ni el rendimiento de grano ni de rastrojo del maíz, tampoco el índice de cosecha u otros componentes medidos El fríjol arbustivo se redujo en un 30% en su rendimiento debido a la asociación, con menos vainas/planta y por m2, y menos ramificación Los demas componentes no cambiaron El fríjol voluble se redujo un 60% en rendimiento debido al sistema asociado, con menos altura de planta, ramas/planta, vainas/planta y por m2, y los demás componentes relativamente estables

Se analizaron aparte los surcos bordes y centrales, encontrando poca diferencia entre los promedios y varianzas - se podría reducir el tamaño de la parcela exp

Conclusiones

1 El maíz asociado no bajo significativamente su producción, comparado con el monocultivo

2 El fríjol arbustivo se redujo un 30% por la asociación y el voluble en un 60% cuando se asocio con el maíz

C A Flor , S A Francis

Resumenes disponibles de C A Flores, CIAT, Apdo aereo 6713, Cali, Colombia

CULTIVOS ASOCIADOS - Resumen N° 19C, Noviembre 1976

Título Densidades de tres fríjoles volubles en dos sistemas (7517)

Objetivos Comprobar en monocultivo, así como en asociacion con el maíz, la densidad óptima para el fríjol voluble estudiar la interacción de variedad de fríjol por sistema y densidad

Metodos Parcelas divididas, 4 reps, parcelas principales = sistemas (monocultivo con espaldera vs asociado con H-207, 40 000/ha), sub-parcela = variedad de fríjol (P-259, P-589, Trujillo 4), sub-sub-parcela densidad de fríjol (120, 160, 200 000/ha), parcelas de 24 m2, fertilizacion y proteccion completas, siembra Nov 20, 1975

Resultados

Tratamientos	Rend Maíz	Rendimiento Fríjol Bordes	Centrales	Total	Ramas Planta	Vainas planta	Ingreso Fruto
P 259 A oc 120 000	3770a	518c	793c	50c	1 5a	8ab	29346
P 259 A oc 160 000	4515a	501c	762c	531c	1 5a	5b	32671
P 259 A oc 200 000	4082a	495c	738c	517c	1 5a	7ab	30282
P 589 A oc 120 000	3860a	1570a	1564a	1567a	1 8a	10a	44372
P 589 A oc 160 000	4089a	1732a	1797a	1765a	1 5a	8ab	48685
P 589 A oc 200 000	3966a	1612a	1561a	1587a	1 5a	10a	45222
Tr 4 A oc 120 000	4104a	978b	1071b	1025b	2 0a	9ab	36920
Tr 4 A oc 160 000	3781a	1065b	1214b	1139b	2 0a	8ab	37129
Tr 4 A oc 200 000	3754a	884b	1140b	1012b	1 8a	9ab	34962
monocultivo H 207	4435a	-	-	-	-	-	22175
Promedio	4036	1039	1182	1111	1 68	8 22	
CV ( )	15 1	15 9	15 0	13 2	31 0	23 0	
P 259 Mono 120 000		2678cd	2606de	2642de	2 0bc	12bc	42272
P 259 Mono 160 000		2807cd	2909cde	2 58cd	1 5cd	11bc	45728
P 259 Mono 200 000		2270d	2301e	2286e	1 0d	9c	36576
P 589 Mono 120 000		3892a	3788a	3840a	3 0a	23a	61440
P 589 Mono 160 000		3696ab	3550ab	3623ab	2 0bc	14bc	57968
P 589 Mono 200 000		3642ab	3671ab	3656ab	2 0bc	16b	58496
Tr 4 Mono 120 000		3325abc	3537ab	3431abc	2 5ab	24a	54896
Tr 4 Mono 160 000		3276abc	3136bcd	3206bcd	2 5ab	17b	51296
Tr 4 Mono 200 000		3014bcd	3273abc	3 43bcd	1 8bc	14bc	50288
Promedio		3178	3197	3187	2 03	15 6	
CV (%)		15 6	12 6	13 9	23 6	27 1	

Los rendimientos de fríjol bajaron en un 54% en P 589, hasta 77% en P 259, mientras que el maíz no se redujo significativamente Tampoco cambió en el maíz, rastrojo, rendimiento biológico ni indice de cosecha La altura de planta del fríjol se redujo un 15% en asociacion, así tambien como el numero de ramas/planta vainas/planta, nudos/planta y los pesos de varios componentes

Se presentaron diferencias entre variedades comportandose mejor el P 589 y peor el P 259, en ambos sistemas de siembra No había interaccion de variedad por densidad, ni por sistema Se nota claramente que no hay diferencia entre los surcos bordes, surcos centrales y toda la parcela en general, en cuanto a promedios, puestos, ni varianza - logicamente, se puede reducir el tamaño de parcela sin perder información

Conclusiones

1 La densidad optima para el fríjol voluble aparentemente no sobrepasa 120 000 plantas/ha, ni en asociacion ni en monocultivo
2 No hay interaccion entre variedad y densidad, ni variedad y sistema en este ensayo P 589 parecía ser el mejor fríjol voluble en esas condiciones
3 El maíz en asociacion no baja en producción comparado con maíz monocultivo, en la misma densidad de siembra

( ) Apoyo a especies

Resumenes disponibles en CIAT, Apartado Aereo 6713, Cali Colombia

CIAT

CULTIVOS ASOCIADOS, Resumen N° 20C, Noviembre 1976

Título Sistemas de siembra de la asociación maíz/fríjol voluble (7518)

Objetivos Comparar sistemas alternativos de siembra de fríjol voluble con maíz, en cuanto al espaciamiento y orientación física de los dos cultivos, evalua la interacción de variedad por sistema

Metodo Parcelas divididas, 3 reps, con parcelas principales las variedades (P 259, P 589, Trujillo 4) a 160 000/ha, maíz H 207 a 40 000/ha, parcela de 4 m2, 6 tratamientos (1) monocultivo fríjol, (2) fríjol asociado en el mismo surco con maíz en surcos normales, (3) fríjol en dos surcos con maíz en surco normales, (4) fríjol en un surco con maíz en pares de surcos, (5) fríjol en dos surcos con maíz en pares de surcos, y (6) monocultivo maíz, fertilización y control normal, siembra Noviembre 21, 1975

Resultados

		Rend Maíz	Fríjol Rend	Fríjol Altura	Fríjol Nudos/planta	Fríjol Indice Cosecha	Ingreso Bruto
P 259	1 surco) + maíz normal	5125a	1302cde	165a	12d	63a	46457
P 259	2 surcos) + " "	4891a	1095e	176a	11d	57a	41975
P 259	1 surco) + maíz pares	4688a	1085e	228a	16bcd	59a	40800
P 259	2 surcos) + " "	4434a	1185e	167a	11d	50a	41130
P 259	2 surcos) monocultivo	-	3016b	223a	14cd	61a	48256
P 589	1 surco) + maíz normal	4934a	2075c	230a	20ab	58a	57870
P 589	2 surcos) + " "	4070a	1990cd	213a	18abc	59a	52190
P 589	1 surco) + maíz pares	4012a	1984cd	256a	21ab	58a	51804
P 589	2 surcos) + " "	3268a	2078c	216a	18abc	54a	49588
P 589	2 surcos) monocultivo	-	4307a	249a	22a	56a	68912
Tr 4 (	surco) + maíz normal	4559a	1584cde	207a	20ab	53a	48139
Tr 4 (	surcos) + " "	4952a	1548cde	241a	20ab	55a	49528
Tr 4 (	surco) + maíz pares	4639a	1240de	244a	19abc	54a	43335
Tr 4 (	surcos) + " "	4748a	1679cde	252a	22a	53a	50604
Tr 4 (	surcos) monocultivo	-	4326a	227a	22a	55a	69216
H 207	maíz monocultivo	4739a	-	-	-	-	23695
	Promedio	4548	2033	220	18 9	56	
	CV (%)	15 9	21 2	17 8	16 2	11 5	

Los rendimientos de maíz no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, ni entre asociación y monocultivo Tampoco había diferencia en rendimiento de rastrojo ni en índice de cosecha

El fríjol se redujo en su rendimiento en un 52% (P 589), un 57% (P 259) y un 61% (Trujillo 4), debido a la asociacion con maíz No variaba altura de planta ni el índice de cosecha, pero los nudos por planta y rendimiento en ambos sistemas cambian con variedad de fríjol No se presentaron diferencias entre los cuatro sistemas alternativos para siembra de fríjol en asociacion con el maíz - lo cual indica que no fué la luz, sino otro factor el que limitó la produccion a estos niveles Los rendimientos sobre 4 ton/ha en monocultivo y sobre 2 ton/ha en asociacion fueron los mas altos hasta la fecha Se confirmó que no había diferencia entre surcos bordes, centrales y toda la parcela

Conclusiones

1 El maíz en asociacion no sufrió perdida en rendimiento, con la densidad de 40 000/ha, ni en grano ni rastrojo
2 El fríjol se redujo un 52 a 61% debido a la asociacion, se alcanzó un tope de 4 3 ton/ha con P 589 y Trujillo 4 en monocultivo, y 2 1 ton/ha con el mejor sistema asociado en P 589
3 No había diferencia entre los sistemas de siembra en asociacion, indicando una amplia flexibilidad al adecuar recomendaciones al agricultor sobre como adecuar la tecnología a su propia situacion

C A Flor y C Francis

Resumenes disponibles de C A Francis, CIAT, Apdo aereo 6713, Cali, Colombia

5232

METODOLOGIA EN EL MEJORAMIENTO GENETICO DEL FRIJOL

Steven Temple
Luis A Rojas
Richard Swindell

I INTRODUCCION

Como todos sabemos, los agricultores cultivan las plantas útiles por su importancia, no solamente en la alimentación humana y animal sino también en la industria Para elevar sus ingresos el agricultor progresista está constantemente en busca de procedimientos más eficientes que le permitan aumentar la producción y mejorar la calidad y el valor nutritivo de sus productos El mejoramiento genético no es la única arma de que el agricultor dispone para mejorar sus cosechas, ya que es necesaria una estrecha relación entre las prácticas culturales que el agricultor puede desarrollar con los materiales obtenidos por el fitomejorador

En terminos generales el mejoramiento de las plantas pretende conseguir variedades superiores mediante diferentes métodos que le permiten escoger dentro de poblaciones variables plantas geneticamente superiores en una o varias características, las cuales pueden producir a su vez nuevos y mejores individuos a través de la hibridación y la selección El mejoramiento de las plantas se aplicó por primera vez, cuando el hombre aprendió a escoger las mejores plantas (domesticación) Es muy difícil determinar exactamente cuando el hombre empezó a hibridar plantas en una forma conciente o planificada,

pero se sabe que en Siria y Babilonia polinizaron artificialmente la Palma Datilera 700 años antes de la era Cristiana También se dice que los Indios Americanos hicieron magníficos trabajos de mejoramiento en maíz mucho tiempo antes de que los Europeos llegaran a este continente Cuando en el año de 1694 se publicaron los trabajos de Camerarius mostrando con certeza la existencia del sexo y la fun ión del polen en las plantas, creció el interés por el cruzamiento

En 1716 se observó que las mazorcas de maíz amarillo cercanas a maices de granos rojos o azules contenían granos rojos y azules entre los amarillos, hecho que parece haberse constituido en la primera observación registrada respecto a hibridación natural La primera planta híbrida fué obtenida en 1717 cruzando dos tipos diferentes de trébol

Posteriormente (1760-1766) en Alemania se realizaron estudios sistemáticos de hibridación artificial, principalmente en tabaco, la primera hibridación con fines prácticos fue por un horticultor inglés llamado Thomas Andrew Knight quien produjo muchos nuevos tipos de frutos y hortalizas por medio de la polinización cruzada Durante esta época de los comienzos del fitomejoramiento hubo trabajos en Europa y en Norte América a detectar metodologías y principios que facilitaran la investigación Por ejemplo el principio de la selección individual en las plantas autógamas como medio para obtener nuevas variedades, se estableció a los comienzos del siglo en Suecia Ningun trabajo contribuyó tanto como el de Gregor Mendel, quien estudió el mecanismo

de la herencia en cruzas de arvejas (Pisum sativum), descubrió en 1866 que la primera generación después de un cruce entre plantas altas y plantas cortas producía tan solo plantas altas, y que en la segunda generación, volvían a aparecer los dos tipos de plantas, altas y cortas en una proporción de 3 altas a 1 corta

II LA GENETICA COMO BASE DEL FITOMEJORAMIENTO DE PLANTAS

La discusión de todas las bondades de las variedades mejoradas modernas no tendría sentido sin hacer alusión a los medios por los cuales las características mejoradas de esas variedades reaparecen en cada generación La transmisión de las características de un individuo a su descendencia es la "Herencia", término general que denota la tendencia en Animales y Plantas a semejarse a sus progenitores

Por supuesto los determinantes de las características son los genes transportados por los cromosomas del nucleo de las células sexuales Mendel, a consecuencia de sus observaciones estableció las dos leyes fundamentales que rigen la herencia y en las cuales se basa el fitomejoramiento, ellas son

1) Ley de la separación o segregación de los factores Los factores diferentes que representan en un cruzamiento carácteres opuestos de un mismo órgano se separan en el hibrido al formarse las celulas sexuales, distribuyendose entre éstas en identica proporción

2) ley de la asociación o recombinación independiente de los factores Una vez separados los factores se reunen al azar durante la fecundación, formando distintas combinaciones cuyo número depende del de los caracteres que entren en el cruzamiento

Las leyes y los principios de Mendel se tomaron como base de la ciencia de la Genética

Genetica es la ciencia joven (desde 1900) que estudia la herencia y la variación para identificar los principios involucrados en la transmisión de las unidades de la herencia, de una generación a la siguiente Como descubrió Mendel, después de cruzar entre dos padres diferentes y homocigóticos, la primera generación de plantas produce individuos todos iguales genéticamente En la segunda generación comienzan a segregar En la tercera generación las plantas homocigóticas producen solamente descendientes homocigóticos, mientras que las plantas heterocigóticas siguen segregando Es decir, que desde la tercera generación se aumenta cada ciclo el porcentaje de las plantas homocigóticas y se disminuye por la mitad el porcentaje de las plantas heterocigotas En esta forma la frecuencia de plantas homocigóticas es de 07 en F1, 50% en F2, 75% en F3, 87 5% en F4, etc Ya en F6 casi no habrá plantas heterocigotas (solo 3 1%)

Fitomejoramiento es el mejoramiento genético de las plantas, aquella ciencia capaz de dirigir la herencia de éstas, a fin de producir generaciones que hereden de sus progenitores las características más deseadas por el hombre El moderno mejoramiento de las plantas se basa en una aplicación de los principios de la genética al manejo de la variabilidad que existe en poblaciones Se trata de las frecuencias de genes, y su modificación por lo que podemos llamar "evolución dirigida" al beneficio económico del hombre

II FUENTES DE VARIABILIDAD BIOLOGICA

Las variaciones biológicas que exhiben los seres vivos, (sean animales o vegetales) pueden ser debidas a tres causas distintas

A Influencia del medio ambiente en que se desarrolla

B Segregación genética para factores hereditarios

C Mutaciones genéticas

El total de las características que un determinado individuo posee y es capaz de transmitir a sus descendientes se llama el "Genotipo" del individuo, y la expresión externa de esas características es el "Fenotipo" del individuo Mientras que el genotipo es heredable, el fitomejorador tiene que basar sus observaciones visuales en la apariencia externa o fenotípica, complicándose de esta forma los problemas del hibridador porque la variación observada entre plantas

en el resultado de interacciones complicadas entre el genotipo y factores ambientales que ocurren durante el ciclo de crecimiento de las plantas. Sabemos que el ambiente interviene actuando con la herencia en la expresión de casi todas las características que pueda presentar una planta, pero hay factores como la exhuberancia del crecimiento vegetativo y el rendimiento en grano que son especialmente susceptibles a las variaciones ambientales. Dado que estas son características económicas de mucha importancia para el fitomejorador, su preocupación en reducir al mínimo la variabilidad causada por las variaciones ambientales debe ser de primera prioridad. Es decir que el fitomejorador esta en la lucha que cada individuo exprese su capacidad genética real.

La recombinación de factores hereditarios da origen a una variación de bastante intensidad en las progenies, tanto más numerosos como mayor sea el número de pares de factores distintos que figuran en la hibridación.
La variación genética puede ser no solo de carácter cualitativo bien marcado, es decir, cambios de forma o de color de ciertos órganos, sino de tipo cuantitativo debido a la acción de factores múltiples. Este ultimo puede manifestarse en caracteres que se miden facilmente o con mucha dificultad.

La última causa de la variación son las mutaciones heredables dentro de individuos de una población. La mutación puede ser espontánea (fuente natural de la variabilidad), o inducida químicamente o atómicamente.

IV ASPECTOS DE LA VARIABILIDAD GENETICA

Cuando una especie se reproduce de tal modo que los gametos que se unen para formar un cigote proceden del mismo individuo, se dice que la reproducción es "autógámica" y las plantas reciben el nombre de autógamas Entre las especies autógamas se cuentan la mayor parte de las leguminosas de grano, el trigo, la avena y la cebada En estas especies la selección individual dentro de razas criollas puede dar origen inmediato a lineas homocigotas Las poblaciones de especies autógamas están formadas por una mayoría de individuos homocigóticos

Cuando los gametos que se unen para forma el cigote y por lo tanto el individuo nuevo, proceden de individuos o plantas diferentes, se dice que la reproducción es alógama, y las plantas reciben el nombre de alógamas Interesa hacer notar que una especie puede ser alógama y sin embargo, ser monoica (por ejemplo el maíz) Es evidente que son alógamas las especies vegetales dioicas y todas las que son auto-estériles, caso muy frecuente en árboles frutales, como también aquellas especies cuya fertilización se efectua por acción del viento, como ocurre en el caso del maíz Las poblaciones en estas especies están formadas por una mayoría de individuos heterocigóticos El criterio que utilizó Allard (1960) para distinguir entre los cultivos principalmente autógamos y los alógamos, es el de si sufren de endocria

La variabilidad en los caracteres morfológicos que existe en la naturaleza, como es el caso de la separación natural que existe entre plantas dioicas y monoicas exige que el fitomejorador escoge sus procedimientos de mejoramiento al modo de reproducción de la especie

Plantas dioicas - dentro de éstas existen individuos que producen exclusivamente gametos masculinos e individuos que producen exclusivamente gametos femeninos, ejm lupulo, espírrago

Plantas monoicas - los gametos masculinos y femeninos se turnan en el mismo individuo y se presentan dentro de dos caras plantas con flores unisexuales (maíz) y plantas con flores hermafroditas (frijol)

En las plantas dioicas y monoicas con flores unisexuales cada semilla debe ser el resultado de polinización cruzada Padres genéticamente diferentes frecuentemente producen en el híbrido características superiores a las de sus progenitores Este fenómeno, llamado "heterosis" o "vigor híbrido" se ha explotado exitosamente en cultivos comerciales como el del maíz

Dentro de las poblaciones de varias especies se presentan casos de incompatibilidades geneticas que restringuen las combinaciones a un número menor que el potencial teórico

La incompatibilidad puede ser debida al polen o a la morfología o sincronización de los estambres y pistilos El extremo, por supuesto, es la esterilidad masculina, factor aprovechable en realizar cruzamientos pero un fenómeno no muy común en la naturaleza Su uso en la produccion de híbridos es cada día mayor y se hace necesario que el fitomejorador esté familiarizado con los usos de esta clase de herramienta Hay diferentes tipos de esterilidad masculina - genetica, genética/citoplásmica, y exclusivamente citoplasmica Lo importante es que esta esterilidad abre nuevas opciones en cuanto a la cantidad y latitud de cruzas posibles, hasta la simulación de poblaciones alógamas

Penetracion y expresividad son términos que se usan para explicar la transferencia de los genes de progenitores a progenies relacionadas con la aparición de las características que transmiten Mendel encontró que la fasciación, o fusión parcial o total de las hojas con el tallo es un fenómeno debido a un gene simple recesivo fa En el estudio de F1 y F2 e híbridos testigos de cruces de tipos normales y fasciados se demostró que la penetrancia del gene fa, dada por la proporcion de plantas fa fa que mostraron fasciación, fué incompleta y variable de cruce a cruce La expresividad fué también variable desde plantas con fasciación casi imperceptible hasta plantas completamente anormales Penetración y expresividad son muy importantes para conocer la confianza con la cual el fitomejorador puede hacer un tamizado* o seleccionar para un caracter

* Tamizar "screening" (procedimiento de sembrar, aplicar tratamiento, evaluar, eleccionar)

V METODOS DE LA SELECCION EN PLANTAS ALOGAMAS Y AUTOGAMAS

Por ser las plantas alógamas plantas de polinización cruzada en ellas se aplica una metodología especial distinta a la empleada en plantas autógamas Siendo la producción comercial de híbridos o plantas F1 el principal método usado, a fin de aprovechar las ventajas que presenta la heterosis o vigor híbrido Pero en el presente trabajo solo hablaremos de los métodos de mejoramiento de plantas autógamas como es el caso del frijol

Metodos empleados en el mejoramiento de plantas autogamas

A POBLACIONES NO HIBRIDAS, como por ejemplo una mezcla de razas criollas, pueden ser mejoradas por medio de dos métodos comunes

1 Selección masal es la selección, cosecha y mezcla de la semilla proveniente de plantas similares en apariencia Una variedad desarrollada por selección masal debe ser más o menos pura para aquellos caracteres seleccionados (como madurez, color de semilla), pero sus lineas componentes pueden diferir en rendimiento y calidad puesto que diferencias muy pequeñas en los caracteres cuantitativos no pueden detectarse a simple vista El objetivo de la selección masal es mejorar el nivel general de la población para caracteres de alta heredabilidad El método no sirve bien para caracteres de baja heredabilidad Una observación por Vieira (1973) y confirmada por las experiencias de todos noso-

tros es que muchos de los fríjoles sembrados por agricultores en América Latina son mezclas de varios genotipos, las cuales pueden ser mejoradas por la selección masal o de líneas puras

2 Selección de líneas puras.- una línea pura es la descendencia de una sola planta homocigota y autógama, y la variedad desarrollada por este sistema es absolutamente uniforme Teóricamente todas las plantas en una variedad de línea pura son exactamente iguales, asumiendo que la planta originalmente seleccionada sea homocigota para todos los pares de genes Muños y Cárdenas (1950) mostraron un aumento hasta 64% de líneas seleccionadas sobre la variedad Mexicana original

B POBLACIONES HIBRIDAS de plantas autógamas recién han recibido mucha atención en cuanto a metodologías modificando las prácticas antiguas de Pedigree y Bulk

1 Pedigree es el método mas conocido en el mejoramiento de los cultivos autógamos Se seleccionan plantas F2 combinando las características deseadas, y se siga cada generación por plantas individuales hasta lograr la pureza genética deseada El método sirve para caracteres de alta heredabilidad, pero ya hay mucha evidencia (Brim, 1975, Rios, 1976, Hanson et al, 1962) en soya y frijol que el uso del pedigree en el F2 no ayuda en seleccionar para rendimiento

2 Pedigree modificado se refiere a un grupo grande de metodologías (Andrus, 1963), combinando aspectos del pedigree con selecciones masales en ciertas generaciones, y con cruzamiento entre hermanos de generaciones tempranas La razón para la cual se ha escogido el pedigree modificado se debe a que aparentemente las poblaciones naturales mas adaptadas y estables no son físicamente homogeneas en estructura sino que son sistemas balanceados de individuos parcialmente heterocigotos en un estado de equilibrio Por lo tanto los sistemas de mejoramiento deben tender hacia la producción de variedades mas bien homogeneas pero que tengan sistemas de genes balanceados en lugar de sistemas uniformemente homocigotes, estas variedades tendran mejor adaptacion debido a su mejorado sistema genético

De aquí se desprende que el mejorador debe escoger el sistema de mejoramiento que mejor le permita obtener el máximo de uniformidad de las características deseables bajo unas condiciones ambientales que nunca son estables Se ha clarificado últimamente que para muchas características importantes como rendimiento que dependen de muchos genes, la uniformidad no está basada primeramente en la homocigosis sino en la habilidad de un complejo de genes para responder variadamente a diferentes condiciones con el mismo patrón fenotípico Como resultado de este análisis se han combinado los mejores procedimientos del sistema de

Pedigree con variaciones a fin de obtener un procedimiento mas efectivo para la obtención de ese blalance genético que se persigue

3 Descendencia simple (single seed descent) es el método desarrollado por C A Brim del USDA Consiste básicamente en avanzar una población utilizando solamente una semilla de cada planta en cada generación segregante En esta forma, cada planta F5 procede de una planta F2 distinta, maximizando así la variabilidad genética indispensable para efectuar las selecciones en generaciones avanzadas En la práctica las plantas que posean factores indeseables y altamente heredables se eliminan oportunamente durante el proceso de endogamia El método es tambien muy eficiente respecto a tierra y el tiempo del fitomejorador

4 Bulk en este método la selección se realiza en generaciones avanzadas como son la F5 o F6 en las cuales la segregación practicamente ha terminado Se seleccionan plantas y se siembran espaciadas y se practica un tamizado para resistencia u otro caracter que se está buscando El siguiente ciclo se siembra las selecciones separadamente Se puede volver a practicar una selección y llevarlas a ensayos de rendimiento en este ó el próximo ciclo

El método del Bulk es simple, comunmente barato y se requiere menos trabajo durante las generaciones tempranas, pero luego es necesario sembrar

miles de plantas seleccionadas para buscar los materiales recombinantes que se desean Exito en obtener el rendimiento máximo de selecciones provenientes del método asume que la planta (habito/arquitectura) más agresiva y competitiva (que llega a dominar en la población por su frecuencia), es la mas rendidora Es una relacion que varía entre cultivos y (dentro de un cultivo) según los mismos padres de la cruza

5 Bulk modificado combina el bulk con la selección de los genotipos superiores, existen varias modificaciones según el espaciamiento y las condiciones deseadas para mostrar la variabilidad y seleccionar para ella Jennings y Aquino (1968) utilizaron el bulk modificado para reducir el efecto de la competencia intraespecífica en seleccionar para rendimiento en arroz

6 Selección masal es otro procedimiento que el mejorador usa en la búsqueda de recombinantes superiores, se basa en la eliminación de individuos indeseables y continua en forma masal con aquellos superiores obtenidos luego de la eliminación de los indeseables El sistema de "selección masal progresiva" ocupa una sección de esta presentación

7 Retrocruza - este método resulta en la transferencia de un caracter altamente heredable del padre donante al padre recurrente, sin modificar

sustancialmente la integridad del último, que debe ser realmente bueno para las demas características Las características o genes para transferir se denominan genes bajo transferencia Una vez realizada la cruza simple las progenies portadoras de los genes bajo transferencia en F1 o generaciones más avanzadas son retrocruzadas con el padre recurrente Este proceso se repite de nuevo con los productos del retrocruce, generalmente se hacen 5 ó 6 retrocruces pero en casos especiales pueden ser más

8 Selección recurrente, se ha propuesto este método para superar las limitaciones que surgen como consecuencia de la autofecundación y estrechamiento genético en el mejoramiento de las autógamas Como es de esperarse la selección recurrente se ha aplicado en alógamas o en aquellas autógamas relativamente fáciles de cruzar (especialmente aprovechando esterilidad) Existen muchas variaciones del método y depende en el numero y clase de caracteres para mejorar y las dificultades de ligamiento

El proceso incluye cruzas fraternales en generaciones tempranas y selección, procesos que se repiten varios ciclos hasta conseguir el incremento de las caracterísitcas que se persiguen En algunos casos es necesario tambien meter la retrocruza al sistema a fin de obtener poblaciones

heterogéneas y seleccionar las líneas segregantes superiores que han de usarse como progenitores La selección recurrente empleada por Brim (1975) en el mejoramiento de soya incluye un gran número de cruzas, retrocruzas, cruzas fraternales y selección por varios ciclos, que dieron origen a incrementos apreciables en las características bajo estudio El procedimiento es complicado y complejo pero puede simplificarse usando la característica de esterilidad masculina recientemente observada por el mismo Brim y que se hereda como un carácter simple recesivo

Resumen de Métodos.- de todo lo anterior podemos concluir que existen tantos metodos de mejoramiento como fitomejoradores, pero todos ellos basados en los métodos convencionales tradicionalmente conocidos, y modificaciones de ellos en donde las distinciones antiguas no nos sirven Lo importante, por supuesto, es que el metodo produzca el fin deseado, no que sea factible clasificarlo'

Avance genético por medio de la selección, es el objetivo primordial en el mejoramiento de plantas y animales El avance de una generacion a la próxima, y la forma de medirlo, varían con el carácter, pero la selección y el avance genetico exigen

1) Variación genética para el caracter, y

2) Una heredabilidad suficientemente alta para que la selección sea efectiva También se mide avance por ciclo en sistemas (como de la selección recurrente) de mejoramiento que tengan en exceso de una generación por ciclo

MEJORAMIENTO DEL FRIJOL EN AMERICA LATINA Y EL CIAT

Como las demás disciplinas, el objetivo primordial de fitomejoramiento es de aumentar la producción del cultivo Pero el fitomejorador debe reconocer también las realidades de los factores limitantes

1) Que el uso de productos agroquímicos no va a reducir la necesidad de incorporar resistencia genética para insectos y enfermedades La resistencia varietal ayuda al agricultor grande en reducir sus costos de producción, y ayuda al agricultor pequeño en aumentar sus cosechas
2) Que existen diferencias marcadas en cuanto al potencial y estabilidad de rendimiento entre variedades negras y no-negras sembradas en América Latina

Existen varios programas nacionales, regionales e internacionales Cada uno tiene sus objetivos, escogidos en base a los gustos de la gente que el programa debe servir, y las deficiencias conocidas del cultivo para su área de influencia Ya les han elaborado algunas necesidades del cultivo en cuanto a su arquitectura, parámetros de adaptación y su reacción al complejo de plagas que limitan la producción

Entonces el fitomejorador trabaja para unir las distintas características deseables en materiales que tendrán buena aceptación por los agricultores y el pueblo, midiendo y dando peso a cada característica

Valdría la pena revisar las características genéticas, las cuales pueden ser metidas a un programa de mejoramiento genético (Cuadros 1 y 2) A seguir elaborando los criterios para caracteres patológicos

1 La distribución del patógeno en el área de interés (o sea su "frecuencia")

2 La intensidad del daño en el rendimiento

3 Su modo de sobrevivencia y transmisión

4 La disponibilidad de materiales que puedan ser verdaderamente llamados "fuentes" o "donantes" de resistencia a la plaga

5 La herencia de esta resistencia

6 Los requisitos para conducir tamizados en poblaciones segregantes o sus familias

7 Si es factible conducir el tamizado en pre-floración, para ganar eficiencia y tiempo en el cruzamiento ?

8 La disponibilidad y costo de métodos alternativos de control

9 Si existen las complicaciones de cepas, razas, o especies con daños parecidos y síntomas difíciles en separar (por ejemplo los virus y el complejo de pudriciones radiculares)

Hay caracteres no-patológicos muy importantes en los cuales tienen sus criterios para considerar, tales como puntos 1, 2, 5 y 6 arriba mencionados Además, para algunos caracteres estamos apenas conociendo la expresión del caractere en el trópico y los requisitos para trabajar y mejorarlos Es obvio que para pesar bien los caracteres patológicos y no-patológicos, el fitomejorador debe ser sobre todo un buen agrónomo

Con toda la información anterior en mano, y conociendo agronómicamente las debilidades de los materiales locales, el fitomejorador toma en cuenta sus recursos

(mano de obra, tiempo, dinero, tierra, programas hermanos colaborativos), y establece las prioridades para su programa En cuanto a la selección de una metodología que le serviría mejor, el técnico debe considerar

1) El número de características para las cuales los padres del cruzamiento varían
2) El número de genes controlando la herencia de los caracteres, y su acción, penetrancia, expresividad, ligamiento (respecto a tamaño de la población)
3) La balanza (ajuste) entre el número de cruzas para trabajar y la intensidad del trabajo para cada cruza
4 El papel de amplia adaptación en la zona frijolera, y las necesidades y facilidades de probar progenies en diversas localidades

Hay varios ejemplos apuntados en la bibliografía de programas nacionales, regionales, e internacionales los cuales han salido de este procedimiento Por supuesto, el resultado es distinto para cada cual

El programa de Fitomejoramiento del CIAT, considerando los potenciales en distintos programas nacionales y regionales, ha tratado de identificar un papel del programa que sea una parte de la red multinacional y escoger las necesidades prioritarias y universales en América Latina

Es conveniente dividir los materiales genéticos en cuatro grupos (Cuadro 3) En el corto plazo, el programa tratará de estabilizar los rendimientos potenciales (y buenos) de la clase "Negro Arbustivo" por medio de resistencias claves En

el caso de los "Arbustivos no negros" deseamos obtener mayores rendimientos y de una vez estabilizarlos por las resistencias Para los frijoles volubles, esperamos identificar y estabilizar un rendimiento de 2 5 toneladas de frijol en asociación con una cosecha mayor de 4 toneladas de maíz Aunque no estamos probando progenies del Habito IV (voluble), son varios donantes claves de este habito los que siempre segregan volubles en sus progenies Finalmente, el programa esta cruzando variedades comerciales de América Latina que no tienen resistencias claves para mostrar mayor grado de estabilidad, por donantes que si las tienen Las resistencias y los donantes varian con la variedad de interes

Se nota inmediatamente que el programa está trabajando con fuerza para solamente 6 de los 20 factores patológicos y no-patológicos dentro del programa central del CIAT Faltan conocimientos claves de las demás características que faciliten hacer tamizados, o faltan fuentes adecuadas para meter en el programa de hibridación, o tienen aspectos locales que pertenecen mejor a los programas nacionales

Aprovechamos de una alta capacidad para hacer cruzas controladas, emasculando y polinizando dentro de una serie de invernaderos Recién se ha dado mucho énfasis al escoger padres con alta frecuencia de genes resistentes para las ca-

racterísticas claves, incluir potencial de rendimiento (CIAT Informe Anual 1976) Hasta el momento cruzas dobles, múltiples, y complejas han recibido poca prioridad, debido al número de polinizaciones requeridos cuando se presenta segregación gamética Además, vemos como excelente la probabilidad de obtener recombinantes con las resistencias múltiples y otros caracteres deseables en poblaciones provenientes de cruzas simples y triples Sin embargo, ya estamos entrando en una fase en donde estaremos haciendo cruzas complejas utilizando selecciones avanzadas y segregantes escogidos como padres

El sistema básico del programa es de Selección Masal Progresiva, en donde desde la generación F2 los materiales progresan paso por paso de los viveros inoculados con mosaico común, roya, antracnosis, y Empoasca, sencillamente o en combinaciones (Figura 1) Sembramos viveros de las generaciones tempranas con un espaciamiento suficiente para que cada genotipo muestre su arquitectura, aprovechando que el fisiólogo del programa evalue el potencial y la variabilidad de la población El tamaño mínimo de cada población es de 200 plantas en F2 & F3

Dentro del grupo de poblaciones asignamos prioridades para la frecuencia de resistencias claves, la frecuencia de plantas con buena arquitectura en la población, y siempre dando mayor opción a las cruzas que segregan genotipos no menos que puedan (según la arquitectura de sus padres) recombinar resisten-

cias multiples Así el énfasis está dirigido hacia caracteres de alta heredabilidad en las primeras generaciones Seleccionamos muy pocas cruzas (37 en 1976B) como prioridad 1, las cuales merecen cosechar y sembrar planta a surco en la siguiente generación

Otro 20% merecen ir al próximo paso (vivero), pero no en la forma de familias sino como compuestos balanceados El intento para estas cruzas no sería encontrar pronto familias homocigotas para resistencias múltiples - no podemos exigir tanto de una vez Por el contrario, queremos mover/empujar la población en la dirección de resistencias múltiples, buena arquitectura y madurez variable, y (en muchos casos) a favor de colores no-negros Es un trabajo que necesitará mas paciencia (tiempo), mayor tamaño de población y el intercruzamiento de progenies buenos pero incompletos (faltando caracteres claves) La razón para este último es que no existen materiales no-negros arbustivos que combinan resistencias múltiples y buena adaptación al trópico

El compuesto balanceado (cosechando una o dos vainas por planta de las plantas deseables) nos sirve para asegurar que la representación de las cosechas sea igualada en la próxima siembra

La mayoría de las cruzas están paradas en el F3 ó F4, guardando solamente la semilla Masal F3 Varias de ellas pueden ser interesantes en viveros especiales para mosaico dorado, empoasca, mustia, etc , pero las dejamos a considerar

en el camino central del programa Siempre buscamos la planta rara dentro de todas las poblaciones, pero el número de selecciones individuales en poblaciones de prioridad 2 o 3 es bajísimo

El sistema de Selección Masal Progresiva nos ofrece mucha flexibilidad útil en planear el manejo de cada cruza Según nuestro conocimiento de los padres y objetivos de una cruza, podemos o mandarla al vivero de inoculación manual con mosaico común, o al vivero de infestación con roya, ó al vivero que contiene ambos factores Aprovechamos de la oportunidad para aumentar o reducir el tamaño de cada población según su mérito y la frecuencia de segregantes esperados (conociendo la reacción de sus padres para los 15 caracteres Además, existe la posibilidad de mover la población al nivel de prioridad uno en cualquier generación

Debemos siempre mantener variabilidad genética para rendimiento, madurez, arquitectura de planta, y color del grano hasta las generaciones avanzadas, esperando que los investigadores en programas nacionales trabajen para identificar y purificar las poblaciones segun sus gustos Además, son otros factores que exigen el desarrollo de viveros internacionales.

1) La existencia de cepas/razas para algunas enfermedades, así como la segregación para genes modificadores en el frijol

2) Variabilidad local en cuanto a las necesidades agronómicas para que sea buena variedad

3) Oportunidad de seleccionar para componente local de adaptación dando potencial de rendimiento

4) La necesidad basica que los programas nacionales y el equipo del CIAT trabajen juntos para obtener utilidad máxima de los materiales genéticos

Hay planes para iniciar, a mediados de 1977, dos sistemas de ensayos en localidades multiples 1) Ensayo de rendimiento y adaptación para progenies F5 saliendo de Selección Masal Progresiva en 3 localidades que varían en temperaturas y radiación solar

2) Ensayo internacional de progenies elites que se destacaron en el ensayo (1), conducido por Agronómía Dada la variabilidad en las condiciones ambientales para la producción del cultivo, y los gustos de distintas zonas en el consumo, la respuesta e intercambio de ideas relacionado con el vivero internacional de progenies es de alta prioridad

Cuando iniciemos cruzas entre selecciones ya resistentes a combinaciones claves de plagas y con buen rendimiento, dentro de un año, será posible y deseable avanzar poblaciones en generaciones F3/F4 a los viveros internacionales.

Empleamos en el trabajo del campo y la revisión final de los materiales que van al campo en el próximo ciclo, la capacidad del Sistema de Información de Fitomejoramiento de Frijol (SIFFRI), un soporte de apoyo combinando los técnicos y recursos de Biometría y Fitomejoramiento de Frijol en el servicio de todo el equipo de Frijol La operación del SIFFRI ha sido elaborada en un documento por Hurtado y Porras (1976) Las capacidades claves del SIFFRI son

1) Hay integración completa en base al material genético desde el banco de germoplasma hasta promisorios, progenitores, sus cruzas y progenies
2) El SIFFRI nos proporciona etiquetas con el pedigree y la reacción de los padres a unos 15 caracteres claves (son del grupo en cuadros 1 y 2) La información nos sugiere el camino más lógico para el material en el sistema de la Selección Masal Progresiva
3) Las etiquetas van al campo pegadas a las tarjetas de información La tarjeta es un libro de campo y la historia para los progenies provenientes de cada cruza Información en la tarjeta es progresiva tras generaciones, como la semilla que representa

Son tres las tarjetas de información Una lleva los datos desde el cruzamiento hasta la cosecha del tarro de semilla Bulk F3 que nos sirve como recurso genetico de la cruza La segunda tarjeta tiene los datos morfofisiológicos del

propenie, y la tercera tarjeta tiene los datos e historia de su manejo en la Selección Masal Progresiva

Aparte del objetivo central del programa, trabajamos en un grupo de proyectos, los cuales están elaborados en el cuadro 4 Tratamos de aprovechar la asistencia técnica de candidatos post-graduados y la oportunidad de tener viveros colaborativos internacionales para lograr avances en estos proyectos Como se puede ver, utilizamos libremente modificaciones de selección recurrente, metodología escogida para mejorar cultivos alógamos, pero últimamente aplicado con resultados favorables al mejoramiento de los autógamos Aunque los detalles varian segun el objetivo, la figura 2 nos sirve como ejemplo del método aplicado hacia el aumento en niveles de resistencia a Empoasca

VII RENDIMIENTO DEL FRIJOL Y SU SELECCION EN LAS GENERACIONES TEMPRANAS

No hemos tratado todavía la selección para rendimiento, sino que hemos dicho que sería deseable dejarla hasta generaciones avanzadas Valdría la pena presentar un resumen breve de las experiencias con frijol y otros cultivos sobre este aspecto

Brim (1965) desarrolló un método de pedigree modificado llamado "decendencia ample", en el cual cosechó una vaina de cada planta tras generaciones, con

un objetivo de llegar al F6 con una cantidad de familias igual al numero de plantas F2 (deja crecer solamente una planta de cada vaina) Lo importante del metodo es que permitió una comparación del avance de varias metodologias con el de al azar

Selección para rendimiento en el F2 no ha sido efectiva en trigo (Mc Ginnis y Shebeski, 1968, Knott, 1972, De Pauw y Shebeski, 1973, Knott y Kumar , 1975)

En soya, Leudders, Duclas y Matson (1973), no encontraron diferencias significativas entre rendimientos de poblaciones seleccionadas por pedigree, prueba F4/F5 de selecciones, y dos modificaciones del método bulk Voigt y Weber (1960) encontraron que selecciones en el F4 de soya superaron materiales del pedigree y del bulk, pero F4 ya no es realmente una generación temprana No diferencia significativa apareció entre los tres métodos del bulk comparado por Empig y Fehr (1971) con descendencia simple

Coyne (1968) no encontró ningún avance por seleccionar el mejor 5 por ciento del F2 para rendimiento total, ni para componentes de rendimiento En estudios conducidos en el CIAT, Rios (1976) analizó en detalle selecciones de 14 cruzas, y reportó

1) Familias de selecciones individuales F2 llamadas "superiores" no se comportaron como superiores al ser comparados con familias seleccionadas al azar e igual al bulk 2) No hubo ganancia de las selecciones individuales F2 sobre el rendimiento de los padres

La conclusión general ha sido que selección para rendimiento en generaciones tempranas por variaciones del método pedigree, no ha dado resultados

Existe diferencia de la opinión respecto al valor del Bulk en mejorar frijol para rendimiento Cardoso y Vieira (1971) informaron que en 4 combinaciones de 2-3 variedades cada una, la variedad mas rendidora dominó despues de 3 ó 4 ciclos Lampig y Fehr creen que en soya la selección natural en el Bulk no sirve para seleccionar las variedades con mayor potencial de rendimiento Es cierto que la influencia de la competencia diferencial debido a arquitectura es clave, y por esto que la selección de los padres que figuran en las poblaciones estudiadas determinará en gran parte la conclusión El programa está actualmente estudiando los efectos de competencia en poblaciones sintéticas e híbridas entre varias combinaciones de habito y agresividad Esta información es básica para ser aplicada hacia la metodología en las primeras generaciones, para seleccionar materiales que responden a altas densidades, y para aplicar a la formación potencial de multilineas para necesidades como la roya Mientras tanto, trabajamos en las generaciones tempranas con caracteres de mayor heredabilidad

CUADRO 1 Consideraciones en asignar prioridades para la inoculación de resistencia a enfermedades

Patógenos	Distribución	Transmisión	Fuentes[1]	Herencia	Tamizado	Alter-[2] nativas	Limi-[3] tando	Observacio nes
Mosaico Común	General	Semilla/Afidos	Varias	Simple	Factible	No	1	Cepas
Mosaico Rugoso	C A, COL, BRZ	Crisomélidos	Varios	Simple	Familias	Si	3	Síntomas? Cepas
Moteado clorótico	General	Bemisia	Varios	Simple	Familias	Si	3	---
Mosaico dorado	Tropico Bajo	Bemisia	No	--	Se puede	Si	1	---
Mosaico amarillo	Cono sur	Afidos	Varios	Simple	Familias	Si	2	Cepas
Mancha angular	Templado	Tiempo[4]/sem	Varios	Simple	Familias	Si	2	---
Bacteriosis común	Trópico calido	Sem /agua	Tolerante	---	Familias	Culturales	2	Cepas
Mustia hilachoza	Trópico bajo húmedo	Tiempo/sem	Tolerante	---	Familias	Algunos	1	---
Mildeo polvoso	Limitado	Tiempo	Varios	Simple	Familias	Si	3	Razas
Pudr Radicul	Varias	Suelo/sem	Específicas	Varias	Familias	Algunos	2	4 Patógenos
Rova	General	Tiempo	Varios	Simple/ complejo	Factible	Algunos	1	Razas
Antracnosis	General	Sem /tiempo	Varios	Simple	Factible	Algunas	1	Razas
Nematodos	Varias	Suelo	Tolerante	---	Se puede	Culturales	2	Especies

[1] Fuentes para genes de resistencia
[2] Si existen medidas alternativas para su control
[3] Problema serio - 1, Problema no serio = 3
[4] Factores ambientales como lluvia, viento, etc

CUADRO 2 Consideraciones en asignar prioridades para la incorporación de factores no patológicos en el mejoramiento genético del frijol

Caracter	Importancia[1]	Conocimiento[2]	Herencia	Tamizado
Empoasca	1	Adecuado	Compleja	Difícil (familias)
Apion	2	Adecuado	--	Factible
Fotoperiodismo	2	Bueno		Familias
Madurez	1	En desarrollo	Compleja	Familias
Estabilidad de hábito	2	En desarrollo		Multilocalidad
Caracteres del grano	1	Adecuado	Compleja	Factible
Rizobium	2	En desarrollo	--	Familias

[1]Importancia 1 = muy importante 2 = menos importante

[2]Conocimiento necesario para planear cruzamiento y tamizado para caracter

Cuadro 3 Caracteres claves para mejoramiento a corto plazo de cuatro grupos importantes de *Phaseolus vulgaris*

GRUPO	Rendimiento (tons)		CARACTER CLAVE BAJO SELECCION
	Actual	Deseado	
Negro arbustivo	2,5 - 3,0	3,0 (estable)	CBMV, Roya, Empoasca, madurez variable, Antracnosis
Arbustivo colores	1,5 - 2,3	3,0 (estable)	CBMV, Roya, Empoasca, Indeterminada con madurez variable, Antracnosis
Trepador (color/negro)	2,0 (1)	2,5 (estable)	CBMV, Antracnosis, Roya, Insensibilidad a fotoperiodo
Variedades comerciales	Variable	3,0 (estable)	Caracteres especificamente solicitados por programas nacionales

(1) Asociado con 40,000 plantas/ha de maíz que rinde 4+ ton/ha

CUADRO 4 Proyectos especiales colaborativos de fitomejoramiento frijol (Marzo 1977)

PROYECTO	OBJETIVOS	METODOLOGIA	DISCIPLINA COLABORADORA	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
Materiales precoces	Rendimiento, Precocidad, Herencia	Pedigree	Fisiología	Oscar Leiva	Mayormente negros
Empoasca	Aumentar resistencia, Herencia	Selección recurrente	Entomología	Nick Galwey	
Bacteriosis	Aumentar resistencia, Herencia	Pedigree modificado	Patología	David Webster	Faltan metodologías
Pudriciones radiculares	Resistencia (s) general/(específicas)	Falta información	Patología	Stephen Beebe	Problema complejo
Mosaico dorado	Aumentar resistencia	Selección recurrente	Patología		Siembras en Guatemala, Brasil, Salvador
Mustia hilachoza	Aumentar resistencia	Selección recurrente	Patología		-----
Rhizobium	Aumentar eficiencia, Herencia	Falta información	Microbiología		-----
Estudios de competencia	Entender la relación entre competencia y rendimiento en poblaciones provenientes de cruzas con un rango de combinaciones parentales		Fisiología	Richard Swindell	

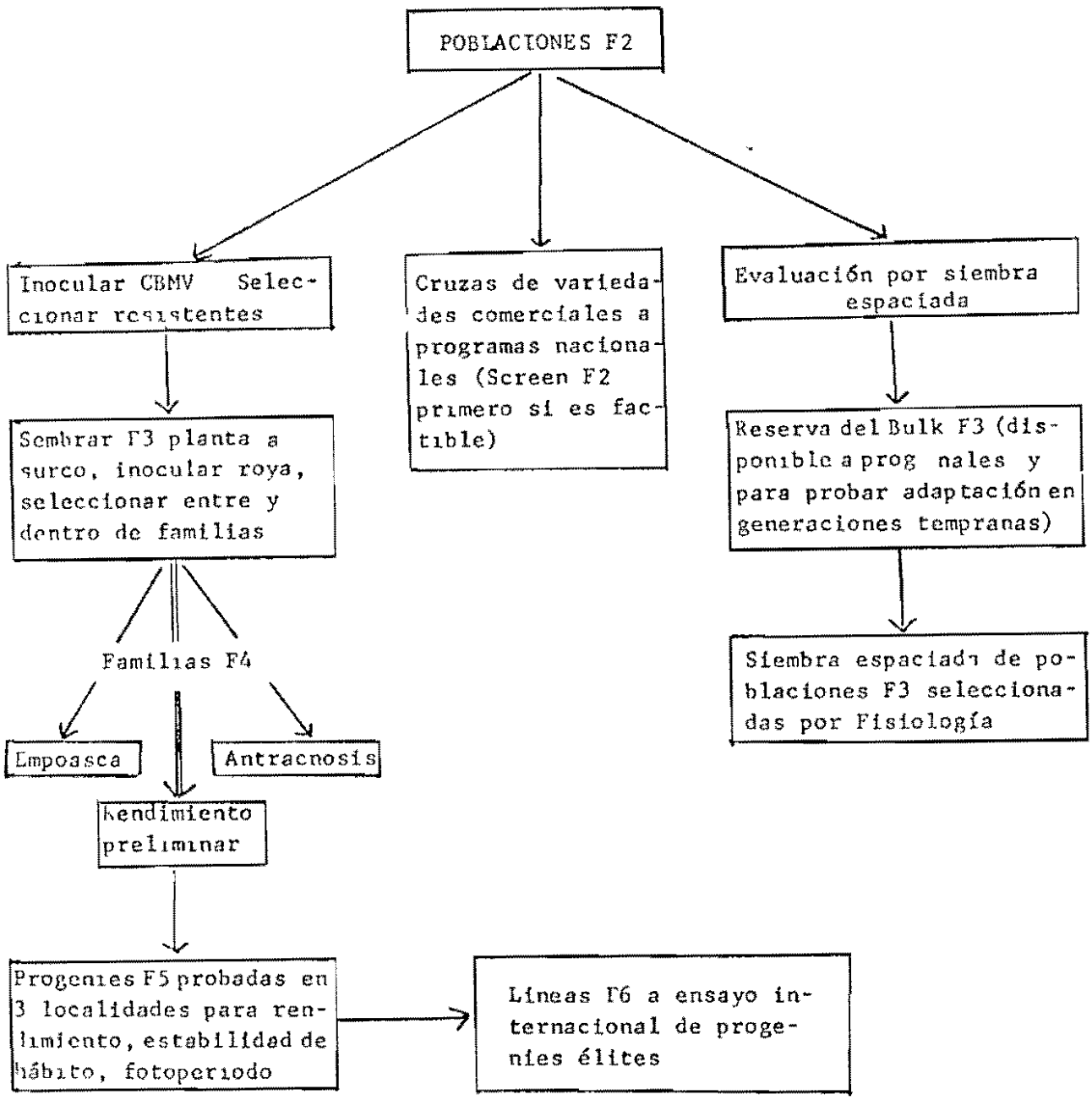
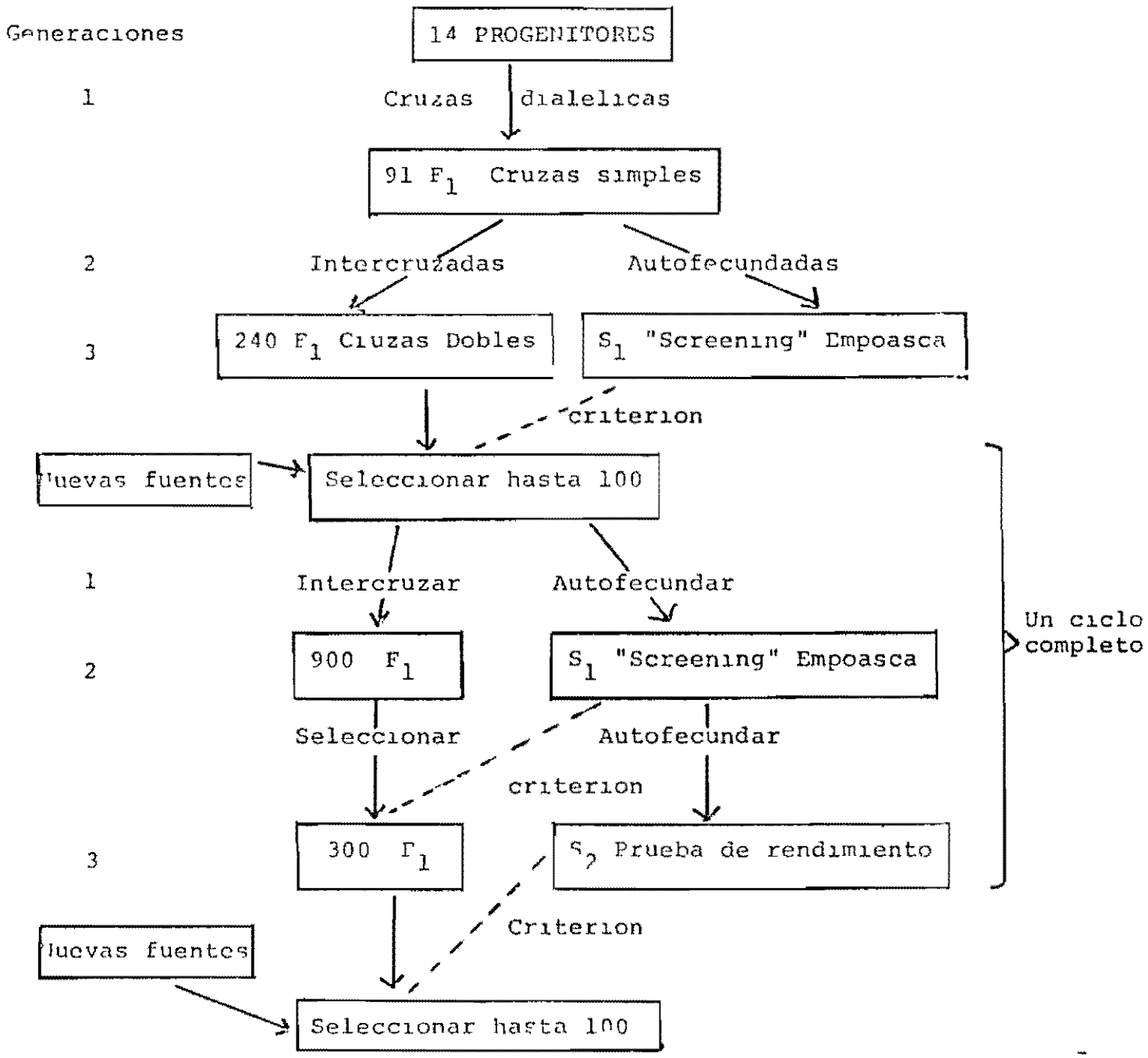


FIGURA 1 Sistema de Selección Masal Progresiva que el CIAT utiliza en la vía central de mejoramiento de Frijol

Figura 2 Plan de recombinar niveles más altos de resistencia a Empoasca con alta productividad



BIBLIOGRAFIA

1 - ADAMS, M W 1973 Plant architecture and physiological efficiency in the field bean In Potentials of field beans and other food legumes in Latin America CIAT Series Seminar No 2E 266-278

2 - ALAN, J J 1962 Programa de mejoramiento de frijol en Costa Rica Reporte anual de PCCMCA 27-30

3 - ALLARD, R W 1954 Natural hybridization in lima beans in California Proc Amer Soc Hort Sci 64 410-416

4 - ALLARD, R W 1960 Principles of plant breeding John Wiley & Sons, New York

5 - ANDRUS, C F 1963 Plant breeding systems Euphytica 12 205-228

6 - Anónimo 1972 Improved beans developed at IICA- CATIE Actividades en Turrialba

7 - BOERMA, H R and R L COOPER 1973 Comparison of three selection methods for yield in soybeans Crop Sci 15 313-315

8 - BREWBAKER, J L 1964 Agricultural genetics Prentice Hall, Inc Englewood Cliffs, New Jersey

9 - BRIGGS, F N and P F KNOWLES 1967 Introduction to plant breeding Reinhold Pub Corp New York

10 - BRIM, C A 1975 Recientes avances en la metodología del mejoramiento de la soya y otras especies autógamas Trabajo presentado en la reunión de trabajo sobre mejoramiento genético del frijol común, Phaseolus vulgaris y recursos de germoplasma CIAT, Palmira

11 - BRIM, C A 1965 A modified pedigree method of selection in soybeans Crop Science 6 220

12 - BURNS, G W 1972 The sciences of genetics McMillan Co New York

13 - CARDOSO, A A y C VIEIRA 1971 Progresos nos estudos sobre misturas varietais de feijao (Phaseolus vulgaris L) Revista Ceres 28 (100) 465 - 477

14 - COYNE, D P 1968 Correlation, heritability, and selection of yield components in field beans, Phaseolus vulgaris L Proc Amer Soc Hort Sci 93, 388-396

15 - DE PAUW, R M and L H SHEBESKI 1973 An evaluation of an early generation yield testing procedure in Triticum aestivum Can J Plant Sci 53, 465 470

16 - EMPIG, L T and W R FEHS 1971 Evaluation of methods for generation advance in bulk hybrid soybean populations Crop Sci 11 51-54

17 - EVANS, A M 1973 Plant architecture and physiological efficiency in the field bean In Potentials of field beans and other food legumes in Latin America CIAT Seminar series, No 2E 279-286

18 - FASOULAS, A 1973 A new approach to breeding superior varieties Publn No 3 Aristotelian Univ Thessaloniki, Greece

19 - FASOULAS, A 1976 Principles and methods of plant breeding Publn No 6 Aristotelian Univ Thessaloniki, Greece

20 - HANSON, W D , LEFFEL, R C and H W JOHNSON 1962 Visual discrimination for yield among soybean phenotypes Crop Sci 2, 93-96

21 - HURTADO, G y J A PORRAS 1976 Sistema de información de fitomejoramiento de frijol componentes, descripticiôn y actividades Unidad de Biometría, CIAT Mimeografeado

22 - JENNINGS, P R and R C AQUINO 1968 Studies on competition in rice, III The mechanism of competition among phenotypes Evolution 22, 529-542

23 - KNOTT, D R 1972 Effects of selection for F2 plant yield on subsequent generations in wheat Can J Plant Sci 52: 721-726

24 - KNOTT, D R and J KUMAR 1975 Comparison of early generation yield testing and a single seed descent procedure in wheat breeding Crop Sci 15, 295-299

25 - LEON, J 1968 Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales IICA Lima, Perú

26 - LENDDERS, V D , DUCLOS, L A , and A L MATSON 1973 Bulk, pedigree and early generation testing breeding methods compared in soybeans Crop Sci 13, 363-364

27 - McGINNIS, R C and L H SHEBESKI 1968 The reliability of single plant selection for yield in F2 Proc 3rd Intl Wheat Gen Symp , 109-114

28 - MIRANDA, S 1966 Mejoramiento de frijol en México SAG-INIA folleto misc No 13

29 - MUÑOZ, J M y R F CARDENAS 1950 Variación genética de los frijoles en México En Primera sesión anual Latinoamericana de fitogenética México 67-71

30 - POEHLMAN, J M 1959 Methods of breeding field crops Holt, Inc New York

31 - ROBERTS, L M 1973 A note on required legume research PAG bull 3 (No 4), 11-14

32 - RIOS, R 1976 Evaluación del rendimiento en selecciones individuales de frijol Informe del Becario presentado al CIAT

33 - SHEBESKI, L H and L E EVANS 1974 Early-generation selection for wide-range adaptability in the breeding program Proc 4th intl wheat genetics symposium Columbia, Mo, 587-593

34 - SILBERNAGEL, M J and W J ZAUMEYER 1973 Beans In Breeding plants for disease resistance concepts and applications, R R Nelson ed Univ Press

35 - SUNESON, C A 1956 An evolutionary plant breeding method Agron Journal 49, 188

36 - TEMPLE, S P 1976 Resumen del programa de ensayo de progenies híbridos de frijol en el CIAT Manuscrito mimeografiado

37 - TEMPLE, S R 1976 Plan para aumentar genéticamente niveles de resistencia al Empoasca kraemeri en el frijol CIAT Manuscrito mimeografiado

38 - VIEIRA, C 1973 Plant introduction and germplasm of Phaseolus vulgaris and other food legumes In Potentials of field beans and other food legumes in Latin America CIAT seminar series No 2E, 239-252

39 - VOIGT, R L and C R WEBER 1960 Effectiveness of selection methods for yield in soybean crosses Agron Journal 52, 527-530

40 - VOYSLST, O et al 1973 Plan de trabajo (1973-1976) del departamento de leguminosas de grano - CRIA I Ministerio de Agricultura Lima, Perú Mimeografiado

41 - WILLIAMS, W 1965 Principios de genética y mejora de plantas Editorial Acribia Zaragoza, España

METODOLOGIA EN EL MEJORAMIENTO GENETICO DEL FRIJOL

NOTA TODA LA INFORMACION QUE A CONTINUACION SE PRESENTA CORRESPONDE A UNA INFORMACION COMPLEMENTARIA A LAS CONFERENCIAS DE MEJORAMIENTO GENETICO

ESTA INFORMACION FUE SUMINISTRADA POR EL INGENIERO LUIS ROJAS

1) Genética base fundamental del mejoramiento

2) Fuentes de variabilidad biológica

3) Aspectos de la variabilidad genética

4) Métodos de selección en plantas

METODOS DE SELECCION EN PLANTAS

1) ALOGAMAS Híbridos comerciales (F1)

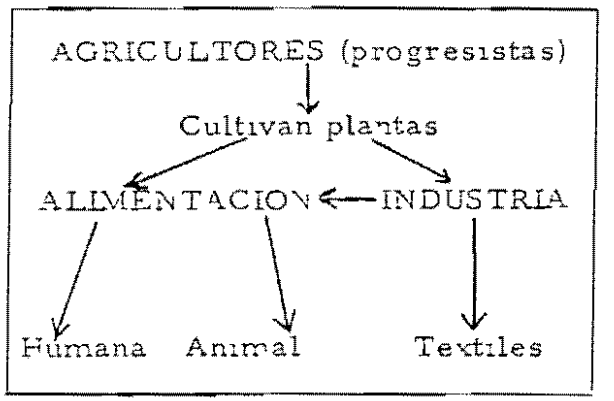
2) AUTOGAMAS

A Poblaciones No-híbridas

1 selección masal
2 selección de lineas puras

B Poblaciones híbridas

1 Pedigree
2 Pedigree modificado
3 Descendencia simple
4 Bulk
5 Bulk modificado
6 Selección masal
7 Retrocruza
8 Selección recurriente
9 Resúmen de métodos
Combinación de métodos


AGRICULTORES (progresistas)
Cultivan plantas
ALIMENTACION
INDUSTRIA
Humana
Animal
Textiles

MEJORAMIENTO tata le obtener variedades superiores mediante METODOS que aplicados a POBLACIONES VARIABLES produzcan plantas GENETICAMENTE superiores

DOMESTICACION DE PLANTAS CULTIVADAS

(Se inició cuando el hombre empezó a escoger las mejores plantas para su uso)

En Siria y Babilonia, 700 años antes de la era Cristiana se supo de la polinización en palma datilera

En 1694 se dieron a conocer los trabajos de Camerarius sobre la existencia del sexo en las plantas y la funcion del polen

En 1716 se hicieron las primeras observaciones sobre polinización natural en Maíz

En 1717 se obtuvo la primera planta híbrida

De 1760 a 1766 en Alemania se organizaron trabajos de hibridación sistemática

Finalmente MENDEL como resultado de sus trabajos concluyó sobre los mecanismos de la herencia que son la base de la genética

LA GENETICA COMO BASE DEL MEJORAMIENTO

HERENCIA	Transmisión de características de un individuo a su descendencia
GENES	Entidades determinantes de las características de un individuo son trasportadas por los cromosomas de una generación a otra

LEYES DE MENDEL

Plantas altas (AA) cruzadas por plantas cortas (aa)

F_1 = Plantas Alta (Aa)

F_2 = 3 Plantas Altas (AA Aa)
1 planta corta (aa)

1 Ley de separación o segregación de factores
2 Ley de la asociación o recombinación

FUENTES DE VARIABILIDAD GENETICA

A. Influencia del medio ambiente

GENOTIPO (heredable) — Constitución genetica del individuo

FENOTIPO (No-heredable) — Interacción del Genotipo y el ambiente
Expresión externa del genotipo

El Fitomejorador tiene que encontrar genotipos superiores basado en los Fenotipos

B. Segregación Genetica de Factores Hereditarios

La recombinación de factores origina variación de poblaciones

La variación genetica puede ser
- de caracter cualitativo (simple)
- de caracter cuantitativo (compleja)

C. Mutaciones

1) Espontanea o natural (fuente usada por la naturaleza)

2) Inducida (química atómica)

SEGUN MENDEL

Padres diferentes y homocigotas

AA aa

Cruzados (AA x aa)

1a generación hibrida (F_1) 100% Aa

Autofecundados (Aa x Aa)

2a generación híbrida (F_2) 25% AA 50% Aa 25% aa

3a generación híbrida (F3) 25% AA 12 5% AA 25 % Aa 12 5% aa 25%aa

Sumada la F 3 = 37 5% AA, 37 5% aa 25% Aa

o sea 75% homocigotica (AA o aa) y
25% heterocigotica (Aa)

La 4a contiene 87 5% homocigosis 12 5% heterocigosis

La 5a contiene 93 75% homocigosis 6 25% heterocigosis

La 6a contiene aprox 97% " 3% heterocigosis

FITOMEJORAMIENTO

Se define como aquella ciencia capaz de dirigir la herencia de las plantas a fin de producir genotipos que combinen y hereden de sus progenitores las características más útiles al hombre

ASPECTOS DE LA VARIABILIDAD GENETICA

Plantas Autogamas

Gametos producidos en un mismo individuo (ejemplo Frijol)

La selección individual produce en una sola generación líneas homocigotes y poblaciones también homocigotas

Plantas Alógamas

Gametos producidos en diferentes individuos (ejemplo Lúpulo espárrago)

Estas especies están formadas de poblaciones heterocigotas

Allard (1960) usó el criterio de Endocria para diferenciar entre plantas Alógamas y plantas Autógamas

EL FITOMEJORADOR

Debe escoger sus métodos de MEJORAMIENTO basados en parte en la clasificación natural de las plantas en cuanto a su forma de reproducción

PLANTAS DIOICAS 2 distintos fenotipos respecto sus flores	Individuos machos Individuos hembras
PLANTAS MONOICAS 1 solo individuo	Flores unisexuadas (maiz) Flores hermafroditas (frijol)

HETEROSIS

Fenómeno común en plantas dioicas y monoicas unisexuales cuando al cruzar dos progenitores genéticamente diferentes produce en el híbrido un vigor mayor al de sus padres. Tiene amplia aplicación práctica para dichos cultivos.

INCOMPATIBILIDAD GENETICA

Factor que restringue las combinaciones a un número menor que el teórico

Causas:
- Polen
- Morfología
- Sincronización de estambres y pistilos

ESTERILIDAD MASCULINA

Caso extremo de incompatibilidad, poco común pero de mucha utilidad en hibridación, y para simular poblaciones alógamas

Tipos:
- Genética
- Genética/citoplásmica
- Citoplásmica

PENETRANCIA Y EXPRESIVIDAD son términos que explican la transferencia de genes en relación a las características que transmiten

PENETRANCIA la habilidad de un gene o combinación de genes para expresarse fenotípicamente (a cualquier grado)

EXPRESIVIDAD el grado de efecto producido por un genotipo penetrante (que muestra la característica)

AUTOCRUZAS

A Poblaciones no híbridas

1 Selección masal (equipara multineal)

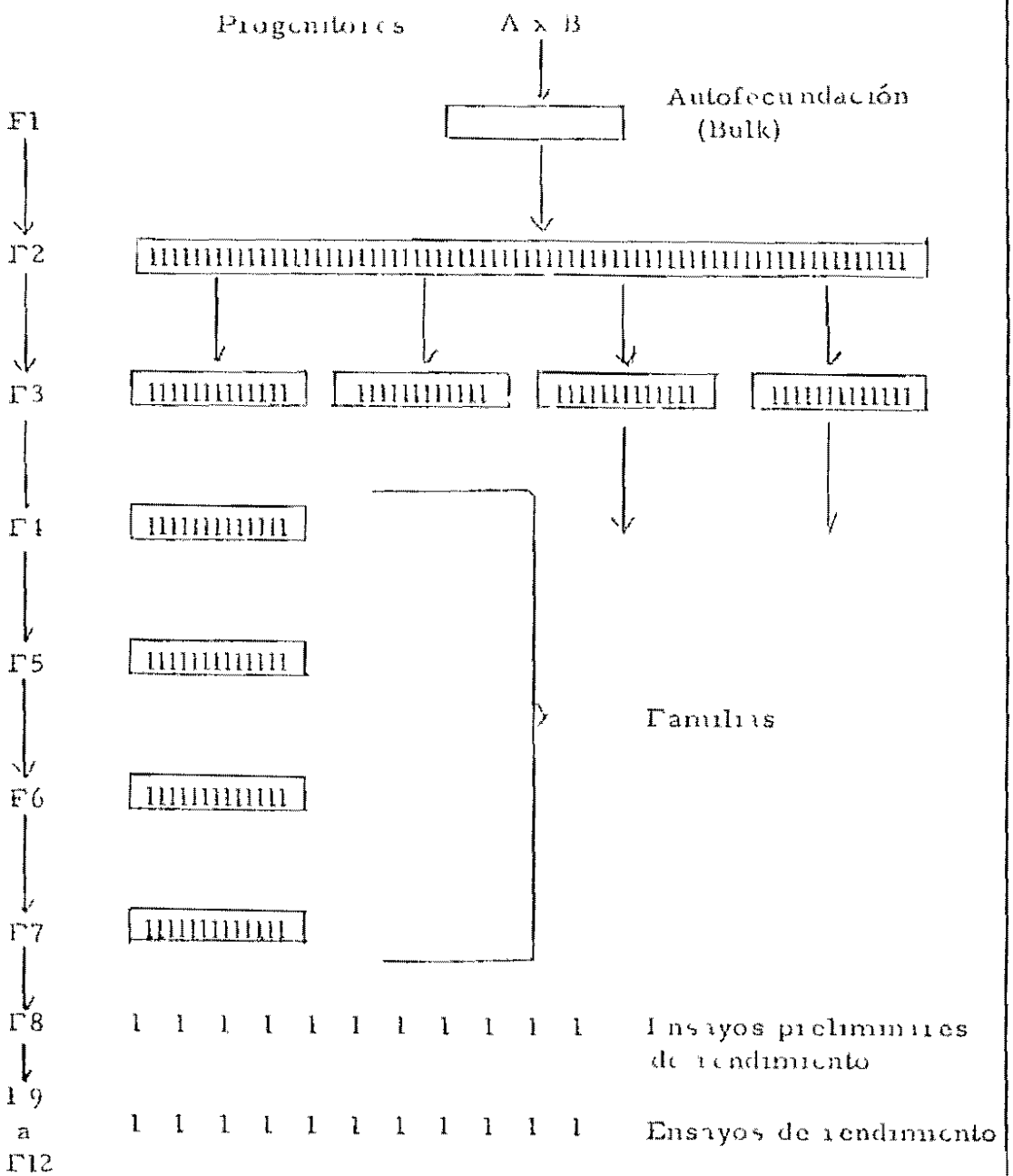
Su base está en seleccionar características de alta heredabilidad, su objeto mejorar el nivel general de la población

2 Selección de líneas puras

Línea Pura es la descendencia de 1 planta homocigota y autógama ---- var uniforme

POBLACIONES HIBRIDAS

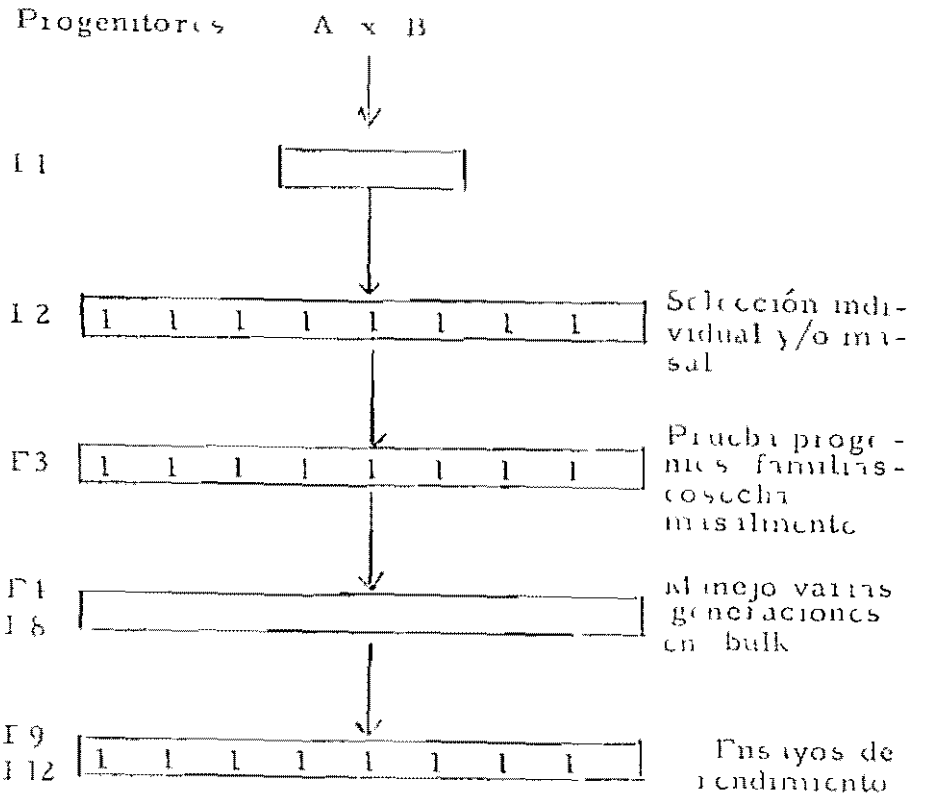
1 Pedigree — Método muy común en Autógamas para caracteres de alta heredabilidad. No ayuda mucho en seleccionar para rendimiento.



POBLACIONES HIBRIDAS

2 Pedigree modificado Combina básicamente, el Pedigree y la selección masal con cruzas laterales en generaciones tempranas

Los materiales se avanzan bien sea como plantas individuales o como selecciones masales



Ventaja del método mayor oportunidad para la recombinación genética y aprovechamiento de la selección natural

POBLACIONES HIBRIDAS

3 Descendencia simple consiste en avanzar una población utilizando una sola semilla de cada planta en cada generación segregante

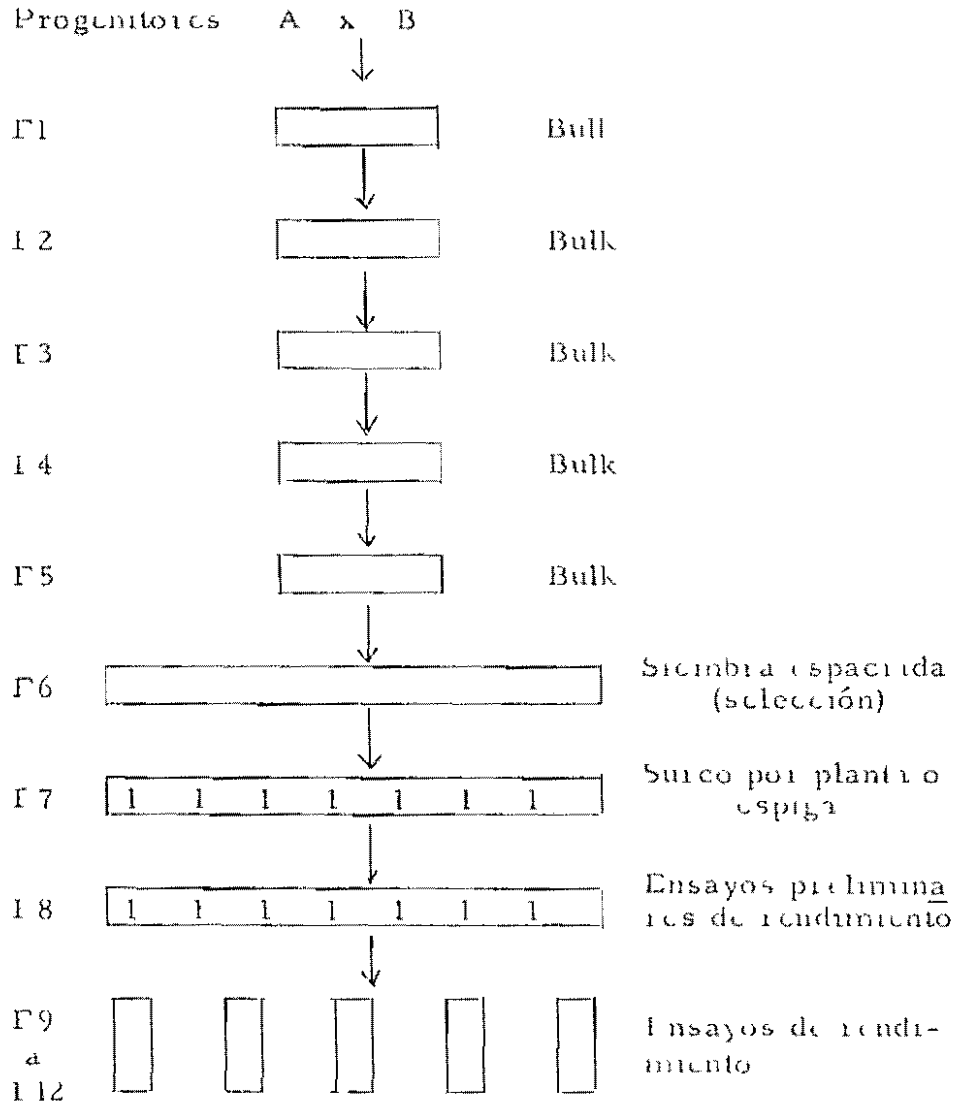
Ventajas

1) Mantiene variabilidad genética hasta generaciones avanzadas cuando juega un papel muy importante

2) Ahorra tiempo espacio al Fitomejorador

POBLACIONES HIBRIDAS

I Bulk En este método la selección se realiza en generaciones avanzadas en las que prácticamente ya no hay segregación

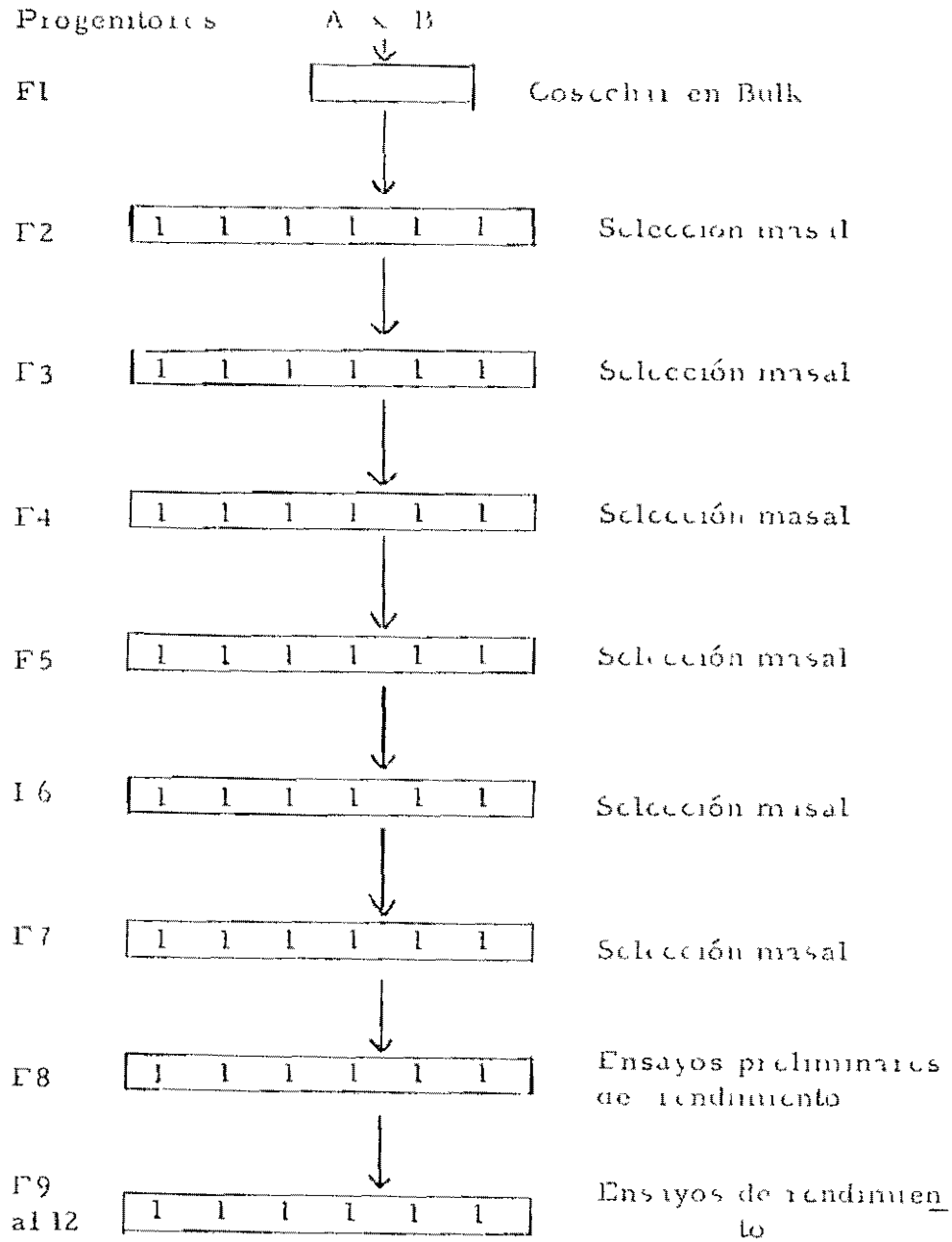


POBLACIONES HIBRIDAS

5) Bulk modificado este método combina el bulk con la selección de los genotipos superiores Básicamente es el mismo esquema pero incluyendo la selección en generaciones más tempranas

POBLACIONES HIBRIDAS

6 Selección masal



POBLACIONES HIBRIDAS

7 Retrocruza Por este método se transfiere un carácter de alta heredabilidad del padre dominante al padre recurrente sin modificar sustancialmente este último

Progenitores C x D
RR rr

1a R C 50 % D B 1 x D
Rr

2a R C 75 % D B 1 x D
Rr

87 5 % D B 2 x D
Rr

93 8 % D B 3 x D
Rr

97 % D B 4 x D Autofecundación
Rr

Obtener la variedad D con carácter (RR) homocigótico por prueba la progenie

8231

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA

CIAT, Marzo 28 a Abril 23 de 1977

UTILIZACION DE LA ESTADISTICA Y EL DISEÑO EXPERIMENTAL EN INVESTIGACION EN FRIJOL

Por Gastón Mendoza

María Cristina Amézquita

Jorge Augusto Porras

Unidad de Biometría, CIAT

Marzo de 1977

CONFERENCIA No 1

INTRODUCCION GENERAL A LA ESTADISTICA Y AL DISEÑO EXPERIMENTAL

1 1 Introducción

Quisiera comenzar esta primera conferencia dándoles una idea bastante breve de lo que es la Unidad de Biometría dentro del CIAT y sobre cual es su papel dentro de un centro de investigación agropecuaria A continuación definiremos el Método Científico, entendido como la integración de las distintas etapas por las que pasa un investigador, desde la observación crítica de un fenómeno hasta la inferencia de conclusiones respecto a tal fenómeno Esto nos llevará a entender mejor la relación que existe entre la pregunta que se hace el investigador y el diseño experimental apropiado para poner a prueba su hipótesis Luego hablaremos del porqué se utiliza la estadística en la investigación y, finalmente, intioduciremos algunos conceptos y terminología básicos

En las tres siguientes conferencias estudiaremos algunos de los diseños más utilizados en experimentación agrícola En la quinta conferencia finalizaremos la parte teórica del curso haciendo una revisión de las técnicas de regresión, correlación y superficies de respuesta Las conferencias 6 y 7 serán dedicadas a revisar algunas de las aplicaciones llevadas a cabo por el CIAT En la octava conferencia describiremos los aspectos más saltantes del Sistema de Información de Fríjol Por último, las conferencias 9 y 10 se utilizarán para ilustrar numéri-

camente algunos de los diseños experimentales introducidos anteriormente

1 2 Papel de la Unidad de Biometría en el CIAT

La Unidad de Biometría es un grupo central de servicio que presta asesoría en las etapas de planeación, diseño, procesamiento, análisis e interpretación de los resultados relacionados con las distintas investigaciones y experimentos realizados por los programas del CIAT Estos servicios son sufragados con fondos de la misma Unidad y se suministran sin ningún costo a los programas de investigación y adiestramiento

Las funciones básicas de la Unidad de Biometría son

1 Asesoría estadística en la planeación, diseño, procesamiento, análisis e interpretación de los experimentos

2 Creación y manejo de grandes sistemas de información (encuestas socio-económicas y agropecuarias, bancos de germoplasma, etc)

3 Desarrollo y proyectos de investigación cooperativos con otros programas

4 Evaluación de tecnología (estudio del impacto de nuevas variedades, prácticas culturales, etc , desarrolladas por el CIAT)

5 Investigación sobre el desarrollo e implementación de nuevas técnicas estadísticas

6 Adiestramiento estadístico de profesionales

Las principales actividades cooperativas de la Unidad de Biometría con el Programa de Fríjol durante 1976 fueron el desarrollo de un sistema de información para fitomejoramiento de frijol, un estudio sobre la eficiencia relativa del diseño en látice respecto al de bloques completos al azar y procesamiento de la información de los viveros internacionales de rendimiento y de roya, así como de las encuestas agro-económicas

1 3 El Método Científico

El método científico es el conjunto de las etapas lógicas que sigue un investigador para llegar a inferir algo a partir de la observación crítica de un fenómeno, es decir, es la aplicación objetiva de la lógica al mejor entendimiento de un fenómeno Su característica esencial es que partiendo de una observación crítica se llega a formular hipótesis que puedan probarse experimentalmente

El proceso que sigue el método científico consta de las siguientes etapas

1 Observación del fenómeno - Consiste en observar el fenómeno de una manera crítica sin que ésto nos permita llegar a una conclusión Por ejemplo, en un terreno sembrado con una misma variedad se observa que en determinada áreas las plantas se ven raquíticas, mientras que en otras se ven vigorosas

2 Planteamiento del problema - La observación crítica del fenómeno conduce al planteamiento operacional de un problema cuya solución debe ser la meta del investigador En nuestro ejemplo anterior, el problema podría plantearse como la respuesta a la pregunta ¿Es posible mejorar la producción en ese terreno?

3 Establecimiento de las hipótesis - Son numerosas las hipótesis que el investigador puede plantear sobre las posibles causas del fenómeno observado Lo importante es formular hipótesis relevantes al problema y que sean verificables experimentalmente, es decir, debe tenerse en cuenta la significancia operacional de resolver el problema Siguiendo nuestro ejemplo, una hipótesis razonable podría ser

H_0 La deficiencia de nitrógeno en el suelo produce falta de vigor en la planta

4 Planeación del experimento - Establecida las hipótesis, el paso siguiente es la verificación objetiva de ellas a través de un experimento En él, el investigador trata de controlar todos los factores, excepto aquellos cuyo efecto desea determinar Sin embargo, existen factores imposibles de ser controlados o que sería muy costoso controlarlos, como por ejemplo, las variables climatológicas Estos factores no controlados constituyen el "error experi-

mental" Antes de escoger un diseño experimental apropiado, debe especificarse los tratamientos a ensayar, seleccionarse el material experimental, decidir a que poblaciones se espera extender los resultados del experimento y la precisión deseada Si se deseara probar la hipótesis H_0 de nuestro ejemplo anterior, una forma de verificarla objetivamente sería ensayar distintos niveles fijos de nitrógeno y observar el comportamiento de la planta manteniendo los otros factores constantes (contenido de otros minerales en el suelo, riego, etc)

5 Escogencia del diseño experimental - El diseño experimental es el patrón que indica la forma como se deben agrupar las unidades experimentales[1/] y como se deben asignar los tratamientos a las unidades experimentales Al escoger un diseño experimental se debe tratar de conciliar dos aspectos generalmente contrapuestos sencillez y precisión La mayor precisión se consigue seleccionando un diseño que minimice las variaciones no controladas por el investiga-

---

1/ Unidad experimental es la unidad mínima de material experimental a la cual se aplica un tratamiento dado Por ejemplo, en experimentos de campo las unidades experimentales son generalmente las parcelas, y no las plantas individuales

dor, es decir, la varianza del error experimental Además, el tipo de diseño a utilizar depende de las hipótesis que se desean probar simultáneamente Cuanto mayor sea el número de hipótesis más refinado será el diseño experimental a utilizar Un buen diseño experimental provee la información deseada con un mínimo de esfuerzos y recursos Luego de escoger el diseño experimental, se diseñan los formatos de recolección de datos y el plan de análisis

6 Ejecución del experimento - El experimento debe conducirse siguiendo estrictamente el diseño experimental y los controles culturales y estadísticos planeados En términos generales, las recomendaciones básicas para un buen manejo de experimentos agrícolas son uniformidad en la aplicación del riego, en la densidad de siembra y en la aplicación de insecticidas, fungicidas y herbicidas, siempre y cuando éstos no sean los factores de interés para el investigador

7 Análisis e interpretación de resultados - El análisis de los resultados que arroje un experimento tiene por objeto probar mediante métodos estadísticos las hipótesis [illegible]

8 Informe escrito - Este informe debe resumir todo aspecto de interés sobre el experimento, desde su motivación hasta la interpretación de resultados Es importante incluir todas las situaciones imprevistas que ocurrieron

1 4 Utilidad de la estadística en la investigación

Existen dos tipos de experimentos los determinísticos y los aleatorios Un experimento determinístico es aquel cuyo resultado es, para todos los efectos prácticos, exacto, por ejemplo, los experimentos físicos Un experimento aleatorio es aquel cuyo resultado no se puede predecir por estar sujeto a variaciones no controlables por el investigador, tales son los experimentos biológicos En consecuencia, la verificación de una teoría mediante experimentos aleatorios no puede ser absoluta El investigador sólo puede concluir que las observaciones son o no compatibles con la teoría, dentro de los límites de error a los cuales las mismas observaciones están sometidas

El papel de la Estadística consiste en proporcionar métodos que permitan distinguir entre situaciones donde las diferencias observadas entre "tratamientos" distintos son relativamente pequeñas y atribuibles al azar, y situaciones donde tales diferencias son relativamente grandes y son explicadas mejor por efectos diferentes de los "tratamientos" en ambos casos, las conclusiones obtenidas tienen un margen de confiabilidad conocido

1.5 Conceptos y Terminología Básicos

Muestra y Población. Una muestra es una colección de individuos u observaciones perteneciente a una colección mayor llamada población o universo del cual deseamos información. Si el proceso de selección de los individuos es al azar se dice que la muestra es aleatoria.

Variable Aleatoria. Es aquella cuyo valor no puede predecirse sino que depende del azar.

Distribución de Frecuencias. Es la tabla de frecuencias obtenida agrupando los datos en clases excluyentes y exhaustivas. Su representación gráfica es llamada histograma de frecuencias. Para el caso de una variable continua, si se reduce el intervalo de clase en forma indefinida, se obtiene la función de distribución.

Ejemplo 1. Distribución del número de dígitos impares en cada una de 200 muestras aleatorias de 10 dígitos.

Sea X = número de dígitos impares en una muestra de 10. Entonces, la distribución (observada) de frecuencias pudo ser

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
frecuencia observada	2	2	8	25	39	45	35	25	14	4	1

y el correspondiente histograma de frecuencias se muestra en la figura (a). La variable X tiene por distribución teórica la llamada distribución binomial con $p=1/2$, $n=10$, es decir

1/ La encontrar [illegible] $b(n,p)$ [illegible] $\binom{n}{x} p^x(1-p)^{n-}$

$0 \leq x \leq n$, donde $\binom{n}{x} = \frac{n}{(n-x)\ x}$

demostrar que $Pr(\lambda=x)=\binom{10}{x}\left(\frac{1}{2}\right)^{10}$, de modo que la distribución teórica de frecuencias (ajustadas a números enteros) es

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frecuencia teórica = 200 $P_r(X=x)$	0	2	9	23	41	50	41	23	9	2	0

<u>Ejemplo 2</u> Distribución normal con media $\mu = 5$ y varianza $\sigma^2 = 2\ 5$ Es una aproximación de la distribución teórica anterior con la misma tendencia central (media) e igual "dispersión" alrededor de la media (varianza) Su gráfico se muestra en la figura (b)

<u>Distribución Normal</u> Una distribución normal es caracterizada por dos "parametros" μ(media) y σ^2(varianza, σ= desviación estándar) Si X es distribuída siguiendo una distribución normal con media μ y varianza σ^2 escribiremos $X \sim N(\mu,\sigma^2)$ La distribución normal es muy usada en estadística por razones prácticas y teóricas muy manejable y extensamente tabulada, muchas variables aleatorias siguen aproximadamente una distribución normal o pueden ser reducidas a normales mediante una transformación adecuada, la distribución de medias muestriales de <u>cualquier población</u> tiende a ser normal a medida que el tamaño de la muestra aumenta

A continuación se presentan algunas de las propiedades de la distribución normal

Prueba de Hipótesis

Hipótesis nula (H_0) Es aquella que se acepta actualmente como cierta de modo que sólo es rechazada si la evidencia experimental en su contra es muy "grande"

Hipótesis alternativa (H_1) Es aquella que se desearía "probar" al rechazar la hipótesis nula

Ejemplo 1 Prueba de os colas H_0 $\mu_1=\mu_2$ Vs H_1 $\mu_1\neq\mu_2$

Ejemplo 2 Prueba de una cola H_0 $\mu_1\leq\mu_2$ Vs H_1 $\mu_1 > \mu_2$

Error de tipo I Es aquel que se comete cuando se rechaza una hipótesis nula verdadera

Error de tipo II Es aquel que se comete cuando se acepta una hipótesis alternativa falsa

Los procedimientos clásicos de prueba de hipótesis minimizan las probabilidades de error de tipo II, (denominadas "potencia de la prueba"), para un nivel predeterminado de probabilidad de error de tipo I (denominada "nivel de significancia") y del tamaño de la muestra

Nivel de Significancia $\alpha = Pr(\text{rechazar } H_0 | H_0 \text{ es verdadera})$

Nivel de confianza $1-\alpha = Pr(\text{aceptar } H_0 | H_0 \text{ es verdadera})$

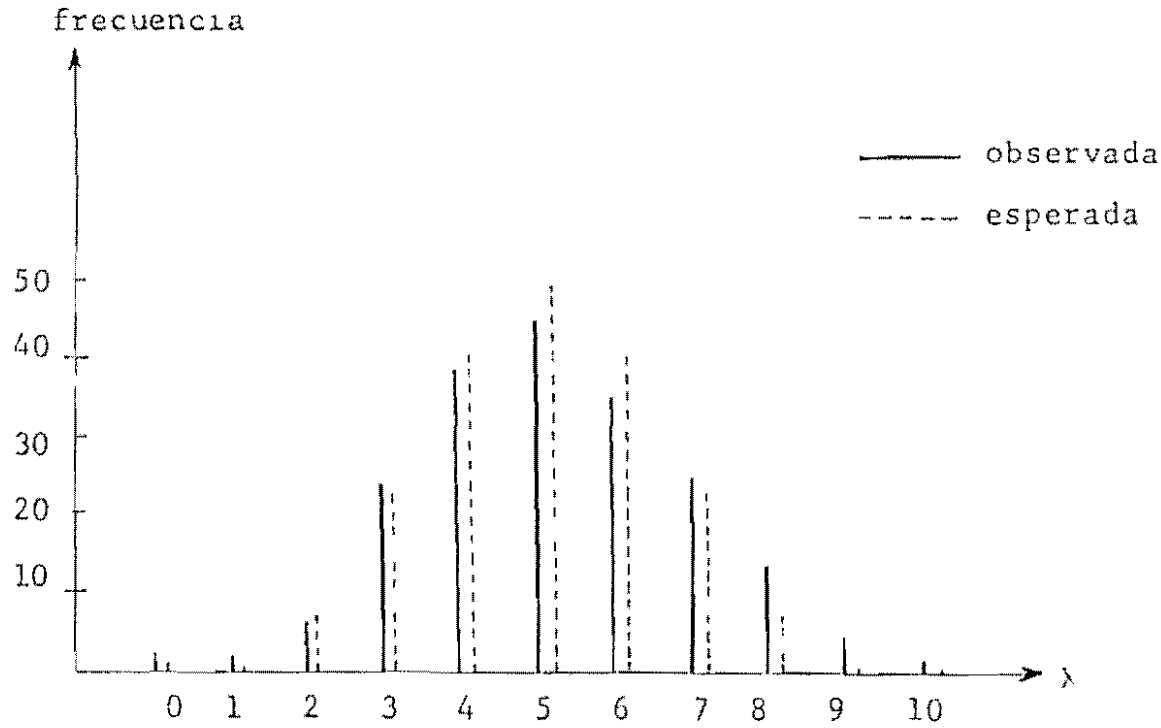


Fig (a) Distribución de frecuencias del número de dígitos impares en cad una de 200 muestras de tamaño 10

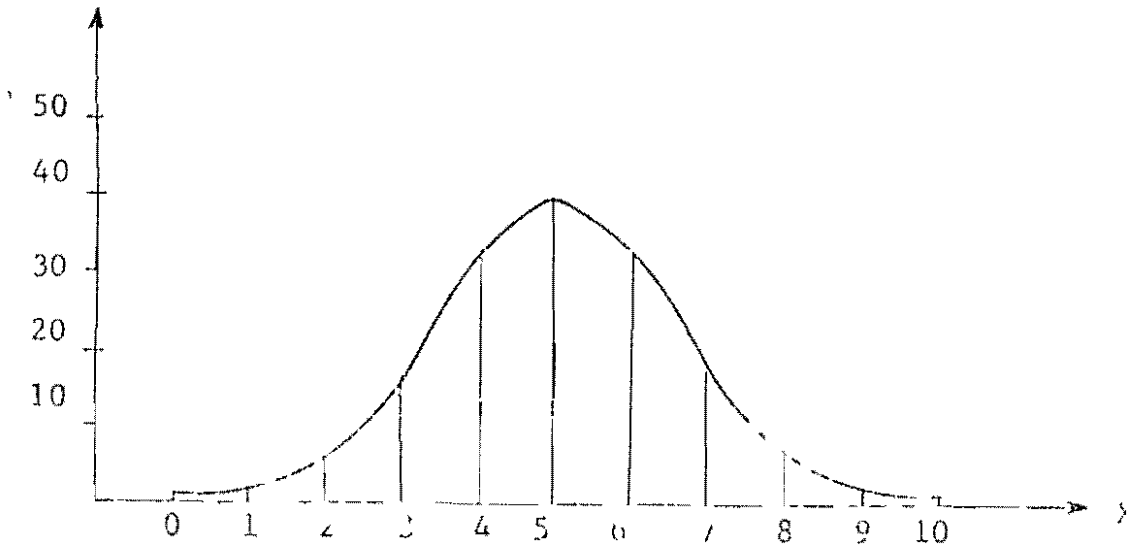


Fig (b) Gráfico de la función de distribución (o densidad) de una dist

1 Función de densidad de probabilidad

$$f_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-\mu)^2/\sigma^2} \qquad -\infty < x < \infty$$

2 Función de distribución acumulativa

$$F_X(x) = Pr(X \leq x) = \int_{-\infty}^{x} f_X(x)dx$$

= area bajo la curva $f_X(x)$ desde $-\infty$ hasta x

3 La siguiente propiedad es válida para toda variable aleatoria

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_X(x)dx = 1$$

4 Los parámetros μ y σ^2 se estiman a partir de una muestra de n observaciones por los siguientes estadísticos

$$\hat{\mu} = \bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad \hat{\sigma}^2 = S^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2$$

5 Si $X \sim N(\mu,\sigma^2)$ y σ^2 es conocido, entonces

$Pr(\mu-\sigma < X < \mu+\sigma) = 68$

$Pr(\mu-1.96\sigma < X < \mu+1.96\sigma) = 95$

$(X-\mu)/\sigma \sim N(0,1)$

$\bar{x} \sim N(\mu,\sigma^2/n)$ y $\frac{\bar{x}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0,1)$

6 Si $X \sim N(\mu,\sigma^2)$ pero σ^2 no se conoce, entonces $(\bar{x}-\mu)\sqrt{n}/s$ sigue una distribución "similar" a la $N(0,1)$ llamada la distribución t con (n-1) grados de libertad

DISEÑOS MAS UTILIZADOS EN EXPERIMENTACION CON FRIJOL

2.1 Qué es el diseño experimental

Por diseño experimental se entiende el conjunto de reglas que indican cómo asignar los tratamientos a las unidades experimentales. Un buen diseño permite efectuar comparaciones válidas entre tratamientos, y controlar la principal fuente de variación que presentan los experimentos de campo: la heterogeneidad del suelo. Un buen diseño debe incluir tres aspectos importantes: Aleatorización en la aplicación de los tratamientos, un adecuado número de replicaciones y un control máximo del error experimental.

2.2 Escogencia del diseño

El mejor tipo de diseño para un experimento dado depende de la magnitud de la heterogeneidad del suelo en el área experimental, del tipo y número de tratamientos que se deseen probar y del grado de precisión deseado.

2.3 Diseños más utilizados en experimentación con fríjol

Los diseños más comunmente usados en experimentos de campo en fríjol son:

- Completamente al azar (para uno o varios factores)
- Bloques completos al azar (para uno o varios factores)
- Parcelas divididas
- Latices
- Diseños sistemáticos

Vamos a describir brevemente como y cuando usar cada uno de estos diseños Presentamos un resumen de los calculos necesarios para el análisis estadístico y algunos ejemplos ilustrando su uso

2 4 Diseño Completamente al Azar

- Se usa cuando las unidades experimentales son homogéneas
- Con el se puede probar cualquier número de tratamientos (ya sean niveles de un solo factor o combinaciones de niveles de varios factores)
- Los tratamientos se aplican a las unidades experimentales al azar
- Cualquier número de repeticiones es posible

2 4 1 Análisis de Varianza

Modelo Matemático

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij} \qquad i = 1,2, \quad ,t \qquad j = 1,2, \quad ,r$$

e_{ij} — Error experimental en la celda (i,j)

τ_i — efecto del tratamiento i

μ — media global

Y_{ij} — característica bajo estudio observada en la parcela j y donde se aplicó el tratamiento i

Supuestos $e_{ij} \sim NID(0,\sigma^2)$, $\sum_{i=1}^{t} \tau_i = 0$

$$\text{Si } \bar{Y} = \left(\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{r} Y_{ij}\right)/(rt),$$

$$\bar{Y}_i = \left(\sum_{j=1}^{r} Y_{ij}\right)/r \quad ,$$

entonces $\bar{Y}$ es un estimador de μ,

$\bar{Y}_i$ es un estimador de $\mu+\tau_i$

Además, la suma de cuadrados de las desviaciones respecto a $\bar{Y}$, denominada suma total de cuadrados, puede descomponerse de la siguiente manera

$$\sum\sum(Y_{ij}-\bar{Y})^2=\sum\sum(\bar{Y}_i-\bar{Y})^2+\sum\sum(Y_{ij}-\bar{Y}_i)^2$$

La primera suma del segundo miembro es un indicador de las diferencias entre medias de tratamientos, y la segunda es un indicador de la variabilidad de las observaciones respecto a la correspondiente media de tratamiento Por tal motivo ellas se denominan suma de cuadrados debido a tratamientos y suma de cuadrados del error, respectivamente Para hacer comparables estos indicadores se introducen los denominados grados de libertad El cociente de una suma de cuadrados por su correspondiente número de grados de libertad es denominado cuadrado medio del efecto bajo consideración Los grados de libertad asociados con SCT, SCTR y SCE son, respectivamente, rt-1, t-1 y (r-1)t

Consideremos la hipótesis nula H_0 $\tau_i=0, i=1, \quad ,t,$ vs la hipótesis alternativa H_1 $\tau_i\neq 0$ para al menos un i

Si la hipótesis H_0 es verdadera, es decir, no hay diferencias entre medias de tratamientos, entonces CMTR y CME tienden a ser similares y en consecuencia el cociente CMTR/CME tiende a ser aproximadamente igual a uno Si por el contrario, H_1 es verdadera, entonces CMTR tiende a ser mayor que CME y en consecuencia el cociente CMTR/CME tiende a ser mayor que uno Por lo tanto valores de CMTR/CME cercanos a uno soportan H_0 y valores mucho más grandes que uno soportan H_1 Es interesante señalar que CME es un estimador de la varianza σ^2, la cual existe debido a los factores aleatorios no controlables por el investigador Queda por decidir cuan "grande" debe ser CMTR/CME para poder concluir, con cierto grado de confianza, que las diferencias observadas entre medias de tratamientos son debidas a diferencias reales entre los tratamientos y no al azar Para ello es necesario escoger el nivel de confianza $1-\alpha$ y utilizar el hecho de que bajo H_0 el cociente CMTR/CME sigue una distribución llamada como la distribución F con t-1 y (r-1)t grados de libertad Resumiendo, la hipótesis H_0 es rechazada al nivel de significancia α si y sólo si

$$F_{observado} = \frac{CMTR}{CME} > F_{t-1,(r-1)t}(\alpha) = \alpha\text{-percentil superior de la distribución } F_{t-1,(r-1)t}$$

Todo el procedimiento anterior puede condensarse en la llamada tabla de ANOVA

Fuente de Variación	g de l	S C	c m	F observ
Tratamiento	t - 1	$\frac{1}{r}\sum Y_{i}^{2} - \frac{1}{rt}Y^{2}$	CMTR	$\frac{CMTR}{CME}$
Error	t(r 1)	SCT-SCTR	CME	
Total (corregido por la media global)	tr - 1	$\sum\sum Y_{ij}^{2} - \frac{1}{rt}Y^{2}$		

En la tabla anterior las fórmulas para las sumas de cuadrados son aproxi ados para el cálculo por calculadora

Y_{i} denota $\sum_{j} Y_{ij}$ e Y denota $\sum\sum_{ij} Y_{ij}$

2 4 2 Ejemplo Numérico

Se desea comparar el rendimiento de t=5 variedades de frijol Por experiencias anteriores se conoce que el terreno disponible es homogéneo Además siguiendo las recomendaciones sobre tamaño de parcela se disponen de 30 parcelas Entonces, podemos utilizar r = 6 repeticiones para cada variedad (cabe señalar que el número de repeticiones a utilizar es generalmente determinado por la precisión deseada y no por el área disponible) El siguiente paso es asignar las variedades a las parcelas completamente al azar Supongamos que los siguientes fueron los rendimientos observados en gramos por m²

Variedad							Y_{i}	$\bar{Y}_{i}$
1	88	129	117	312	220	99	965	161
2	235	263	216	156	244	233	1347	224
3	412	125	218	463	156	226	1700	283
4	284	484	164	445	388	436	2201	367
5	674	332	595	498	571	366	3036	506
						Y =	9249	$\bar{Y}$ = 308 3

Algunos de los cálculos para obtener la tabla del ANOVA son

$SCTP = (965^2 + 1347^2 + 1700^2 + 2201^2 + 3036^2)/6 - 9249^2/30 = 431421$

$SCT = 88^2 + 129^2 + \quad + 571^2 + 366^2 - 9249^2/30 = 716036$

La tabla del ANOVA es

F V	g l	S C	c m	F Obsrv	$F_{4,25}(.01)$
Variedades	4	431421	107855.3	9.474	13.91
Error	25	284615	11384.6		
Total	29	716036			

Puesto que $F_{obs} < F_{4,25}(.01)$, a $\alpha = .01$, no podemos rechazar la hipótesis nula de que todas las variedades rinden igual. Si hubiéramos decidido usar $\alpha = .05$, el valor crítico hubiese sido $F_{4,25}(.05) = 5.77$ que sí es menor que F_{obs} y por lo tanto hubiéramos concluído que a $\alpha = .05$, se rechazaba la hipótesis nula. El nivel de significancia a usar es en última instancia decisión del investigador. Los niveles .01 y .05 son sólo guías que dan, respectivamente, 1 y 5 oportunidades en 100 de rechazar la hipótesis nula cuando en realidad élla es verdadera.

CONFERENCIA No 3

DISEÑOS MAS UTILIZADOS EN EXPERIMENTACION CON FRIJOL (Cont)

3 1 Diseño en Bloques Completo al Azar

- Se utiliza cuando el material experimental no es homogéneo y es posible estratificarlo en subgrupos mas o menos homogéneos. Por ejemplo, si el terreno presenta una gradiente conocida en una sola dirección, es posible dividirlo en "bloques" tan homogéneos como sea posible La gradiente en cuestión puede ser una gradiente de fertilidad, de acidez o declive del terreno en una dirección definida

  Cada bloque debe contener todos los tratamientos El número de tratamientos debe ser relativamente pequeño (menor de 12 según Kempthorne, cuando el número de tratamientos es mayor se aconseja usar diseños en Látice)

  Los tratamientos pueden corresponder a distintos niveles de un factor o a combinaciones de niveles de varios factores

  La asignación de los tratamientos a las unidades experimentales no es completamente al azar sino que se asignan al azar a las unidades experimentales de un mismo bloque Se debe hacer una aleatorización diferente para cada bloque

  Permite cualquier número de replicaciones

  Para que este diseño no sea más eficiente que el diseño

completamente al azar, se requiere que la variación entre bloques sea lo más grande posible y que la variación dentro de bloque sea mínima. Además, para que las pruebas de significancia sean válidas es necesario que no exista interacción tratamiento x bloque

3 1 1 <u>Análisis de Varianza</u>

Modelo Matemático

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij} \qquad \begin{array}{l} i = 1,2, \quad ,t \\ j = 1,2, \quad ,b \end{array}$$

e_{ij} — error experimental en la celda (i,j)

β_j — efecto del bloque j

τ_i — efecto del tratamiento i

μ — media global

Y_{ij} — respuesta observada en la celda (i,j)

Supuestos $e_{ij} \sim NID(0,\sigma^2)$, $\sum_{i=1}^{t}\tau_i = 0 = \sum_{j=1}^{b}\beta_j$

Si $\bar{Y} = (\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{b} Y_{ij})/(bt)$,

$\bar{Y}_i = (\sum_{j=1}^{b} Y_{ij})/b$, $\bar{Y}_j = (\sum_{i=1}^{t} Y_{ij})/t$,

entonces $\bar{Y}$ es un estimador de μ

$\bar{Y}_i$ es un estimador de $\mu + \tau_i$

$\bar{Y}_j$ es un estimador de $\mu + \beta_j$

La suma total de cuadrado corregida por la media puede descomponerse de la siguiente manera

$$\sum\sum(y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum(y_{i.} - \bar{y}_{..})^2 + \sum\sum(y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})^2$$

[illegible] del cuadrado del segundo miembro son de-
[illegible] bloques y
del error respectivamente. Los grados de libertad asociados con SCT, SCTR, SCBL y SCE son bt-1, t-1, b-1 y (b-1)(t-1), respectivamente. Como en el caso del diseño completamente al azar, el cociente de una [illegible] por el correspondiente número de g.l. es denominado cuadrado medio de tal efecto. Así mismo, CME es un estimador de σ^2. Sin embargo, el σ^2 del modelo de B.C.A. no es el mismo que el del diseño completamente al azar. De hecho, si el bloqueo es efectivo $\sigma^2_{bloques} << \sigma^2_{completamente\ al\ azar}$. Esto es justamente el objetivo del bloqueo: aumentar la precisión de las comparaciones extrayendo de la variabilidad del diseño completamente al azar, aquella variabilidad debida a diferencias entre bloques.

Para el diseño de BCA es posible probar independientemente los siguientes pares de hipótesis

$$\begin{aligned} H_0 &: \tau_i = 0 \quad i = 1, \ldots, t, \quad \forall s \\ H_1 &: \tau_i \neq 0 \text{ para al menos un } i, \quad \forall \end{aligned} \qquad (I)$$

$$\begin{aligned} H_0 &: \beta_j = 0 \quad j = 1, \ldots, b, \quad \forall \\ H_1 &: \beta_j \neq 0 \text{ para al menos un } j \end{aligned} \qquad (II)$$

Por razones similares a las expuestas para el caso del diseño completamente al azar, las reglas de decisión para los

pues de hipótesis anteriores son

(i) Rechazar la hipótesis $\tau_i = 0$, $i = 1, \quad , t$, al nivel de significancia α, sss $\frac{CMTR}{CME} > F_{t-1,(b-1)(t-1)}(\alpha)$

(ii) Rechazar la hipótesis $\beta_j = 0$, $j = 1, \quad , b$, al nivel de significancia α, sss $\frac{CMBL}{CME} > F_{b-1,(b-1)(t-1)}(\alpha)$

La tabla del ANOVA es

Fuente de Variación	g. de l.	s c	c m	$F_{observados}$
Tratamientos	$t - 1$	$\frac{1}{b}\sum_i Y_{i\cdot}^2 - \frac{1}{bt}Y_{\cdot\cdot}^2$	CMTR	CMTR/CME
Bloques	$b - 1$	$\frac{1}{t}\sum_j Y_{\cdot j}^2 - \frac{1}{bt}Y_{\cdot\cdot}^2$	CMBL	CMBL/CME
Error	$(t-1)(b-1)$	SCT-SCTR-SCBL	CME	
Total (corregido por la media global)	$tb - 1$	$\sum\sum Y_{ij}^2 - \frac{1}{bt}Y_{\cdot\cdot}^2$		

3 1 2 Ejemplo Numérico

Supongamos que se desea comparar el rendimiento de $t = 5$ variedades de frijol pero el terreno no es homogéneo Además, supongamos que es posible agrupar las 30 parcelas disponibles en $b = 6$ bloques de 5 parcelas cada uno, de tal manera que parcelas de un mismo bloque son mas o menos igualmente fértiles El siguiente paso es asignar las variedades al azar a las parcelas de cada bloque Debe usarse una aleatorización diferente para cada bloque Supongamos que los rendimientos en gramos por m^2 fueron

Variedad	I	II	III	IV	V	VI	Y_i	$\bar{Y}_i$
1	88	129	117	312	220	99	965	161
2	235	263	216	156	244	233	1347	224
3	412	225	218	463	156	236	1700	283
4	284	484	164	445	388	436	2201	367
5	674	332	595	498	571	366	3036	506
Y_j	1693	1433	1310	1874	1579	1360	Y =9249	$\bar{Y}$ =308 3
$\bar{Y}_j$	338 6	286 6	262 0	374 8	315 8	272 0		

$$SCTR = (965^2+1347^2+1700^2+2201^2+3036^2)/6-9249^2/30=431421\ 8$$

$$SCBL = (1693^2+1433^2+1310^2+1874^2+1579^2+1360^2)/5-9249^2/30=46644$$

$$SCT = 88^2+129^2+\quad+571^2+366^2-9249^2/30 = 716036\ 3$$

$$SCL = 716036\ 3-431421\ 8-46644\ 3 = 237970\ 2$$

La Tabla del ANOVA es

F V	g l	S C	c m	$F_{observados}$
Variedades	4	431421 8	107855 5	9 065
Bloques	5	46644 3	9328 9	0 784
Error	20	237970 2	11898 5	
Total	29	716036 2		

Si α = 01, la hipótesis nula de (I) es aceptada puesto que 9 065 $\nmid$ 14 02 = $F_{4,20(\ 01)}$, similarmente la hipótesis nula de (II) es aceptada puesto que

$$0\ 784 \nmid 9\ 55 = F_{5\ 20(\ 01)}$$

Es claro entonces que en este caso el bloqueo no fue efectivo

3 2 Diseño en Parcelas Divididas y Subdivididas

Se utilizan cuando la naturaleza de los niveles de un factor o problemas de manejo del experimento requieren el uso de unidades grandes, mientras que los niveles de otros factores si pueden asignarse a unidades más pequeñas Por ejemplo, un experimentos en donde el factor "riego" es uno de los que se desea medir es aconsejable separar las parcelas que reciben un determinado nivel de riego Casos similares son los experimentos de fertilizantes e insenticidas

El diseño en parcelas divididas se usa cuando se desea estudiar dos factores uno de los cuales requiere unidades grandes y el otro puede asignarse a unidades más pequeñas Los niveles del primer factor se asignan al azar a las parcelas grandes, Los niveles del segundo factor se asignan al azar a las sub-parcelas de cada parcela grande Cada parcela grande contiene tantas subparcelas como niveles del segundo factor existan Las comparaciones entre los niveles del primer factor son menos precisas que aquellas entre los niveles del segundo factor y aquellas entre interacciones del primer y segundo factor Para poder hacer estas comparaciones es necesario utilizar por lo menos dos replicaciones

El diseño en parcelas sub-divididas se usa cuando se de-

sea estudiar tres factores uno de los cuales requiere unidades grandes y los otros dos pueden asignarse a unidades más pequeñas Los niveles del primer factor se asignan al azar a las parcelas grandes Los niveles del segundo factor se asignan al azar a las sub-parcelas de cada parcela grande y los del tercer factor se asignan al azar a las sub-sub-parcelas de cada sub-parcela Cada parcela grande contiene tantas sub-parcelas como niveles del segundo factor existan, similarmente, cada sub-parcela contiene tantas sub-sub-parcelas como niveles del tercer factor existan Las comparaciones entre los niveles del primer factor son las menos precisas, las comparaciones entre los niveles del segundo factor y de las interacciones del primer y segundo factor son de precisión intermedia, finalmente, las comparaciones entre los niveles del tercer factor y de las interacciones que lo contienen son las más precisas Como en el caso de parcelas divididas para poder hacer comparaciones válidas se requiere al menos dos replicaciones

3 2 1 <u>Ejemplo Numérico</u> Parcelas sub-sub-divididas

Se desea analizar el efecto del empoasca sobre el rendimiento de cuatro variedades de frijol, con y sin la aplicación de insecticida, con y sin riego, Es decir,

Factor A "Riego" a dos niveles Con riego (a_1)

Sin riego (a_0)

Factor B	"Insecticida" a dos niveles	Con insecticida (b_1)
		Sin insecticida (b_0)
Factor C	"Variedad" a cuatro niveles	Variedad 1
		Variedad 2
		Variedad 3
		Variedad 4

Con el objeto de mantener separadas las parcelas que reciben riego de las que no lo reciben, se dividió el terreno en dos parcelas grandes y se les asigno al azar los dos niveles del factor "riego" Cada parcela grande se dividió en dos sub-parcelas a las que se asignó al azar los niveles del factor "insecticida" Finalmente, cada sub-parcela se dividió en cuatro sub-sub-parcelas a las que se asigno al azar las cuatro variedades Se utilizarón dos replicaciones en el experimento

La disposición de los factores sobre el terreno quedó como muestra la gráfica siguiente

REPLICACION I

Parcela Grande 1 (con riego)

Con Insecticida	Sin Insecticida
V_2 (8)	V_1 (4)
V_4 (5)	V_3 (6)
V_1 (6)	V_2 (6)
V_3 (7)	V_4 (3)

Parcela Grande 2 (Sin riego)

Con Insecticida	Sin Insecticida
V_2 (5)	V_3 (6)
V_4 (3)	V_1 (3)
V_3 (5)	V_2 (5)
V_1 (3)	V_4 (2)

REPLICACION II

Parcela Grande 1 (Sin riego)		Parcela Grande 2 (Con riego)	
Sin Insecticida	Con Insecticida	Con Insecticida	Sin Insectidida
V_2 (6)	V_3 (6)	V_3 (7)	V_1 (4)
V_1 (4)	V_2 (4)	V_1 (6)	V_3 (8)
V_3 (5)	V_1 (5)	V_4 (4)	V_2 (4)
V_4 (4)	V_4 (4)	V_2 (7)	V_4 (5)

Los números en parentesis son los rendimientos en Kgs

Para el cálculo de las sumas de cuadrados del ANOVA se requieren las siguientes tablas

AxB

	b_0	b_1	
a_0	35	35	70
a_1	40	50	90
	75	85	160 = Y

AxC

	V_1	V_2	V_3	V_4	
a_0	15	20	22	13	70
a_1	20	25	28	17	90
	35	45	50	30	160

BxC

	V_1	V_2	V_3	V_4	
b_0	15	21	25	14	75
b_1	20	24	25	16	85
	35	45	50	30	160

AxBxC

a_0

	V_1	V_2	V_3	V_4	
b_0	7	11	11	6	35
b_1	8	9	11	7	35
	15	20	22	13	70

a_1

	V_1	V_2	V_3	V_4	
b_0	8	10	14	8	40
b_1	12	15	14	9	50
	20	25	28	17	90

Ax Rep

	I	II	
a_0	32	38	70
a_1	45	45	90
	77	83	160

B x Rep

	I	II	
b_0	35	40	75
b_1	42	43	85
	77	83	160

AxBxRep

I

	b_0	b_1	
a_0	16	16	32
a_1	19	26	45
	35	42	77

II

	b_0	b_1	
a_0	19	19	38
a_1	21	24	45
	40	43	83

El término de corrección es

$$TC = \frac{Y^{2}}{\#\text{ total de parcelas}} = \frac{160^2}{2\times(2\times2\times4)} = 800$$

$$SCT = 8^2+5^2+\quad+4^2+5^2-TC = 70\ 000$$

$$SC\ Rep = (77^2+83^2)/16-TC = 1\ 125$$

$$SCA = (70^2+90^2)/16\quad C = 12\ 500$$

$$SCB = (75^2+85^2)/16-TC = 3\ 125$$

$$SCAB = (35^2+35^2+40^2+50^2)/8-SCA-SCB-TC = 3\ 125$$

$$SCC = (35^2+45^2+50^2+30^2)/8-TC = 31\ 25$$

$$SCAC = (15^2+20^2+22^2+13^2+20^2+25^2+28^2+17^2)/4-SCA-SCC-TC = 0\ 250$$

$$SCBC = (15^2+21^2+25^2+14^2+20^2+24^2+25^2+\ 16^2)/4-SCB-SCC-TC = 1\ 625$$

$$SCABC = (7^2+11^2+\quad+14^2+9^2)/2-SCA-SCB-SCC-SCAB-SCAC-SCBC-TC = 4\ 125$$

$$SC(AxRep) = (32^2+38^2+45^2+45^2)/8-SCA-SCRep-TC = 1\ 125 = \text{Error (a)}$$

$$SC(BxRep) = (35^2+40^2+42^2+43^2)/8-SCB-SCRep-TC = 0\ 5$$

$$SC(AxBxRep) = (16^2+16^2+\ 19^2+26^2+19^2+19^2+21^2+24^2)/4-SCA-SCB-SCRep-$$
$$SCAB-SC(AxRep)-SC(BxRep)-TC = 0\ 5$$

$$\text{Error (b)} = SC(BxRep)=SC(AxBxRep) = 1\ 000$$

Fuente de Variación	g de l	s c	c m	F
Replicación	r-1=1	1 125	1 125	1 00
Riego = A	a-1=1	12 500	12 500	11 11
Error (a)	(r-1)(a-1)=1	1 125	1 125	
Insecticida = B	b-1=1	3 125	3 125	6 25
AxB	(a-1)(b-1)=1	3 125	3 125	6 25
Error (b)	a(b-1)(r-1)=2	1 000	0 500	
Variedad = C	c-1 =3	31 250	10 417	11 63
AxC	(a-1)(c-1)=3	0 250	0 083	0 09
BxC	(b-1)(c-1)=3	1 625	0 542	0 61
AxBxC	(a-1)(b-1)(c-1)=3	4 125	1 375	1 54
Error (c)	ab(c-1)=12	10 750 1/	0 896	
Total	abcr - 1 = 31	70 000		

Los efecto de replicación y riego se prueban con el Error (a)

$\frac{CMRep}{CMError(a)} = 1\ 00 < 161 = F_{1,1}(0\ 5)$ se acepta la hipótesis de iguales efectos de todas las replicaciones

$\frac{CMA}{CMError(a)} = 11\ 11 > 161 = F_{1,1}(0\ 5)$ se acepta la hipótesis de iguales efectos con y sin riego

Los efectos de insecticida y de la interacción insecticida x riego se prueban con el Error(b)

1/ El error (c) es obtenido por diferencia

$\frac{CMB}{CME_{error(b)}} = 6\ 25 \nless 18\ 51 = F_{1,2}(\ 05)$ Se acepta la hipótesis de iguales efectos con y sin insecticida

$\frac{CMAB}{CME_{error(b)}} = 6\ 25 \nless 18\ 51 = F_{1,2}(\ 05)$ Se acepta la hipótesis de que no hay interacción AxB

Los efectos de variedad y las interacciones que lo contienen se prueban con el Error(c)

$\frac{CMC}{CME_{error(c)}} = 11\ 63 > 8\ 74 = F_{3,12}(\ 05)$ Se rechaza la hipótesis de iguales efectos varietales

Finalmente, los bajos valores de F para AxC, BxC y AxBxC conducen a aceptar las hipótesis de que no hay tales interacciones

3 2 2 Análisis de Varianza para un Diseño en Parcelas Divididas

Fuente de Variación	g l	S C
Replicación (Rep)	r-1	$(R_1^2 + \quad + R_r^2)/(ab) - TC$
Parcela Principal (A)	a-1	$(A_0^2 + \quad + A_{a-1}^2)/(rb) - TC$
Error (a)=RepxA	(r-1)(a-1)	$(\overline{A_0R_1}^2 + \overline{A_0R_2}^2 + \quad + \overline{A_{a-1}R_r}^2)/b - SCRep - SCA - TC$
Sub-parcela (B)	b-1	$(B_0^2 + \quad + B_{b-1}^2)/(rb) - TC$
AxB	(a-1)(b-1)	$(\overline{A_0B_0}^2 + \overline{A_0B_1}^2 + \quad + \overline{A_{a-1}B_{b-1}}^2)/r - SCA - SCB - TC$
Error(b)=RepxB+RepxAxB	a(r-1)(b-1)	Por diferencia
Total (corregido por la media global)	abr - 1	$\sum\sum\sum Y_{ijk}^2 - FC$

donde

R_k = total para la replicación k, k=1,2, , r

A_i = total para el nivel i-ésimo del factor A, $i = 0,1, \quad ,a-1$

B_j = total para el nivel j-ísimo del factor B, $j = 0,1, \quad ,b-1$

$\overline{A_iB_j}$= total para la combinación (a_i,b_j), $i = 0,1, \quad ,a-1$, $j = 0,1, \quad ,b-1$

$\overline{A_iR_k}$= total para la combinación (a_i,r_k), $i = 0,1, \quad ,a-1$, $k = 1,2, \quad ,r$

$TC = Y^2 \ /(abr)$ = término de corrección

(i) La hipótesis de que las medias de todos los niveles del factor A son iguales se rechaza sss $CMA/CME_{rror(a)} > F_{a-1,(r-1)(a-1)}(\alpha)$

(ii) La hipótesis de que las medias de todos los niveles del factor B son iguales se rechaza sss $CMB/CMError(b) > F_{b-1,a(r-1)(b-1)}(\alpha)$

(iii) La hipótesis de que las medias de todos las celdas (a_i,b_j) son iguales se rechaza sss $CMAB/CMError(b) > F_{(a-1)(b-1),a(r-1)(b-1)}(\alpha)$

3 2 3 <u>Ejemplo Numérico</u> Parcelas Divididas

Un experimento realizado en la Universidad de Wisconsin comparó los rendimientos de cuatro lotes de avena (a=4) para tres tratamientos químicos de semilla y un control (b=4) Los lotes de semilla fueron asignados al azar a las parcelas grandes dentro de cada replicación

Los tratamientos de semilla fueron asignados al azar a las sub-parcelas dentro de cada parcela grande, Los rendimientos en bushels por acre son dados en la tabla siguiente

Lote de Semilla (A)	Replicación	Tratamiento (B)				
		Control (a_0)	Ceresan M (a_1)	Paroger (a_2)	Agrox (a_3)	Totales
Vicland (1)	1	42 9	53 8	49 5	44 4	190 6
	2	41 6	58 5	53 8	41 8	195 7
	3	28 9	43 9	40 7	28 3	141 8
	4	30 8	46 3	39 4	34 7	151 2
Totales		144 2	202 5	183 4	149 2	679 3
Vicland (2)	1	53 3	57 6	59 8	64 1	234 8
	2	69 6	69 6	65 8	57 4	262 4
	3	45 4	42 4	41 4	44 1	173 3
	4	35 1	51 9	45 4	51 6	184 0
Totales		203 4	221 5	212 4	217 2	854 5
Clinton	1	62 3	63 4	64 5	63 6	253 8
	2	58 5	50 4	46 1	56 1	211 1
	3	44 6	45 0	62 6	52 7	204 9
	4	50 3	46 7	50 3	51 8	199 1
Totales		215 7	205 5	223 5	224 2	868 9
Branch	1	75 4	70 3	68 8	71 6	286 1
	2	65 6	67 3	65 3	69 4	267 6
	3	54 0	57 6	45 6	56 6	213 8
	4	52 7	58 5	51 0	47 4	209 6
Totales		247 7	253 7	230 7	245 0	977 1
Totales de Tratamientos		811 0	883 2	850 0	835 6	3 379 8

Replicación	Totales
1	965 3
2	936 8
3	733 8
4	743 9

1 Cochran, William G y Cox, Gertrude M Diseños Experimentales Editorial F Trillas, México, 1974

2 Ching Chun Li Introducción a la Estadística Experimental Ediciciones Omega S A , Barcelona

3 Davies, Owen L (editor) The Design and Analysis of Industrial Experiments Segunda edición, Oliver and Boyd, London y Hafner Publishing Co , New York, 1967

4 Draper, Norman y Smith, Harvey Applied Regression Analysis John Wiley and Sons, New York, 1966

5 Federer, W T Experimental Design Macmillan, New York, 1955

6 Kempthorne, Oscar The Design and Analysis of Experiments R E Krieger Publishing Co , Huntington, N Y , 1973

7 Snedecor, G W Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación Agrícola y Biológica Compañía Editorial Continental, México

8 Steel, Robert G D y Torrie, James H Principles and Procedures of Statistics McGraw-Hill Book Company, Inc New York, 1960

CONFERENCIA No 4

DISEÑOS MAS UTILIZADOS EN EXPERIMENTACION CON FRIJOL (Cont)

4 1 Diseños en Látices

Pertenecen a los diseños en bloques incompletos en los que cada bloque sólo contiene algunos de los tratamientos, de este modo, el efecto de heterogeneidad de las unidades experimentales se reduce en un grado mayor que con bloques completos al azar Se agrupan en

1 Látices balanceados - El número de tratamientos debe ser un cuadrado exacto, digamos k^2, el número de unidades por bloque es k y el número de repeticiones es (k+1) Se caracterizan porque todos los pares de tratamiento se comparan (aproximadamente) con la misma precisión por grandes que sean las diferencias entre bloques

2 Látices parcialmente balanceados - Son idénticos a los látices balanceados excepto que tienen menos repeticiones El diseño con 2 repeticiones se llama látice simple y aquel con 3 repeticiones se llama látice triple Cuando la variación entre bloques es grande, algunos pares de tratamientos se comparan más precisamente que otros

El análisis estadístico del diseño en látices se basa en el método de máxima verosimilitud que es equivalente a la minimización de una suma de cuadrados ponderada Además, no sólo se usa la información intrabloques sino que se recupera información interbloque

4 2 <u>Eficiencia relativa de látices respecto a bloques completos al azar</u> - Una característica de los látices es que pueden ser analizados como bloques completos al azar considerando las repeticiones como los bloques completos Esta característica permite determinar la eficiencia relativa del diseño en látice con respecto a de bloques completos al azar, definida como el cociente del cuadrado medio del error en BCA entre el cuadrado medio del error en látice Por ejemplo, si la eficiencia relativa es 125%, esto significa que 4 repeticiones de un diseño en látice proporcionan tanta precisión como 5 repeticiones en BCA Si la eficiencia es inferior a 105% se recomienda usar el análisis en BCA

4 3 <u>Arreglo del material experimental</u> - Los siguientes criterios son de utilidad

1 Las unidades experimentales dentro del mismo bloque deben ser homogéneas Para ello hacer los bloques incompletos tan cuadrados como sea posible

2 Los bloques incompletos dentro de una misma repetición deben ser tan similares entre sí como lo permite el material disponible

3 Si se hace el análisis del experimento como látice, es más importante tener los bloques incompletos homogéneos que tienen homogéneas las repeticiones

4 Si es muy probable que haya muchas observaciones faltantes,

puede ser necesario recurrir al análisis en BCA En tal caso, es deseable tener repeticiones homogéneas

4 4 Aleatorización - La aleatorización consiste de tres pasos

1 Aleatorícense los bloques, separada e independientemente, dentro de cada repetic on

2 Aleatorícense los tratamientos, separada e independientemente, dentro de cada bloque

3 Desígnarse al azar los tratamientos a los números de tratamiento

4 5 Tabla del ANOVA para látice balanceado kxk

Fuente de Variación	g l	S C	c m
Repeticiones	k		
Tratamientos	k^2-1		
Bloques dentro de Rep ajustados por tratamiento	k^2-1		
Error intrabloque	$(k-1)(k^2-1)$		
Total	k^3+k^2-1		

4 6 Tabla del ANOVA para látice parcialmente balanceado

Fuente de Variación	g l	S C	c m
Repeticiones	$r-1$		
Tratamientos (sin ajustes)	k^2-1		
Bloques ajustados por tratamiento	$r(k-1)$		
Error intrabloque	$(k-1)(rk-k-1)$		
Total	$rk^2 - 1$		

CONFERENCIA No 5

REGRESION Y CORRELACION

5 0 Introducción

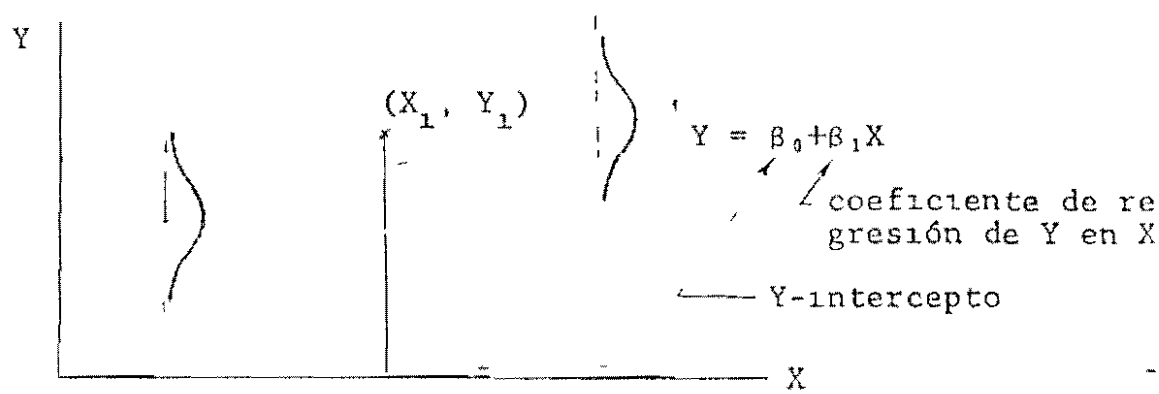
Son técnicas estadísticas que permiten analizar la relación existente entre k variables continuas "independientes", $X_1, \quad , X_k$ y una dependiente Y, a partir de n conjuntos de datos de la forma $(X_1, \quad , X_k, Y)$, correspondientes a una misma unidad experimental Se exige que las X's sean estadísticamente independientes, pero pueden ser estructuralmente dependientes en el sentido de que la función de respuesta para un factor depende de los niveles de los otros factores

5 1 Regresión Lineal Simple

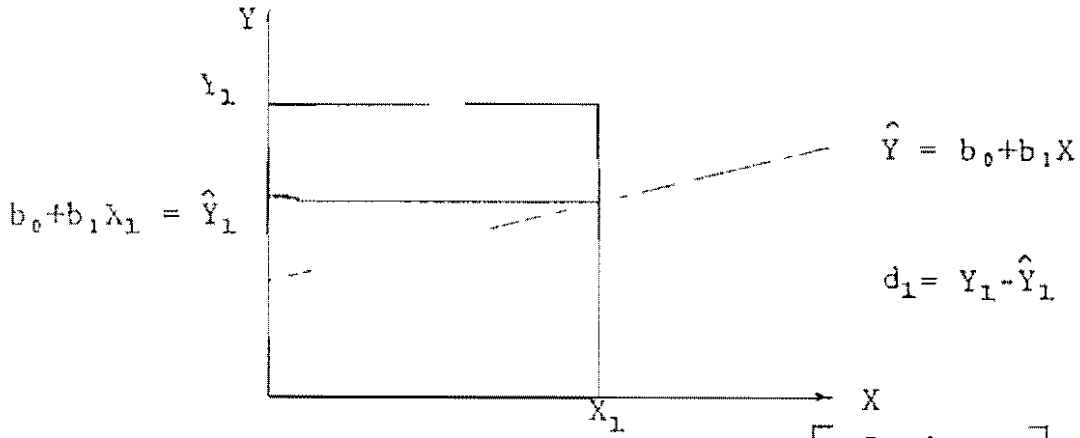
Es el caso más simple de regresión en el cual la relación funcional entre X e Y se asume que es lineal de acuerdo al modelo

$$Y_i = \beta_0+\beta_1 X_i + e, \quad e_i \sim NID(0,\sigma^2)$$

El objetivo es estimar los parámetros β_0 y β_1 a partir de n pares (X_i, Y_i) observados



El criterio usado para determinar estimadores de β_0 y β_1 es minimizar la suma de los cuadrados de las desviaciones observadas con respecto a la linea de regresión ajustada a los datos Este método de ajuste es llamado de mínimos cuadrados



$$b_0 = \bar{Y}-b_1\bar{X} \qquad \mathrm{Var}\ (b_0) = \sigma^2\left[\frac{\sum X_1^2}{n\sum(X_1-\bar{X})^2}\right]$$

$$b_1 = \frac{\sum(X_1-\bar{X})(Y_1-\bar{Y})}{\sum(X_1-\bar{X})^2} \qquad \mathrm{Var}\ (b_1) = \frac{\sigma^2}{\sum(X_1-\bar{X})^2}$$

$$\mathrm{Var}\ (\hat{Y}_1) = \sigma^2\left[\frac{1}{n} + \frac{(X_1-\bar{X})^2}{\sum(X_1-\bar{X})^2}\right]$$

$$\mathrm{Var}\ (b_0+b_1X_y) = \sigma^2\left[1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_\epsilon - \bar{X})^2}{\sum(X_1 - \bar{X})^2}\right]$$

ANOVA

Fuente de Variación	g l	S C	C M
Reducción debida a la Regresi´on (Regresión)	1	$b_1\left\{\sum X_1Y_1-\frac{(\sum X_1)(\sum Y_1)}{n}\right\}$	CMR
Alrededor de la linea ajustada (error)	n-2	Por diferencia	CME
Total corregido	n-1	$\sum Y_1^2 - (\sum Y_1)^2/n$	

CME es un estimador de σ^2

La prueba de la hipótesis nula H_0 $\beta_1 = 0$ Vs

H_1 $\beta_1 \neq 0$ al nivel α

se hace con la siguiente regla de decisión

Rechazar H_0 sss $\frac{CMR}{CME} > F_{1,n-2}(\alpha)$

donde $F_{1,n-2}(\alpha)$ es el - percentil superior de la distribución de F con 1 y (n-2) grados de libertad

Coeficiente de Determinación R^2

$R^2 = \frac{SCR}{SCT}$ = proporción de la variación total explicada por la regresión lineal de Y en X

Valores de R^2 cercanos a 0 indican un ajuste pobre, valores cercanos a 1 indican un buen ajuste

Coeficiente de Correlación Lineal entre X e Y

$r_{xy} = \pm\sqrt{R^2}$, donde el signo de r es igual al de b_1

$$= \sqrt{\frac{\sum(X_1-\bar{X})^2}{\sum(Y_1-\bar{Y})^2}}\, b_1$$

En general, $-1 \leq r_{xy} < 1$

Valores de $|r_{xy}|$ cercanos a cero indican una pobre correlación lineal entre X e Y mientras que valores de $|r_{xy}|$ cercanos a uno indican una alta correlación lineal entre X e Y

r_{xy} mide el grado de asociación lineal entre X e Y, mientras b_1 (ambas consideradas como aleatorias) mide el cambio en Y que

El Coeficiente de deteiminación $R^2 = SC^R/SCT$ tiene la misma interpretación que para el caso k = 1, pero r no tiene interpretación

5 3 Usos de Regresión

1 Predecir Y para valoies dados de las X's

2 Examinar los efectos de las X's sobre Y (modelos de causalidad s entre las X's e Y hay una relación de causa a efecto)

3 Determinar la forma de la curva de regresión (Regresión Polinomial y Regresión no-lineal)

4 Ajustar Y por efectos no controlados cuantificados por las X's (ANCOVA)

5 4 Superficies de Respuesta

Una superficie de respuesta es la función que expresa la respuesta η en términos de los niveles de variables que "explican" o predicen η

$$\eta = \emptyset\ (x_1, \quad , x_k)$$

Los X's son estadísticamente independientes, pero en general son estructuralmente dependientes en el sentido de que la función de respuesta para un factor depende de los niveles de los otros factores

Generalmente $\emptyset$ es desconocida y se le debe aproximar dentro de la región experimental por un polinomio de las X's de bajo grado Además de usar las superficies de iespuesta para predecii η se le usa paia encontrar la dependencia estructural

que puede conducir a un mejor entendimiento del mecanismo básico que produce la respuesta o encontrar la combinación de niveles de las X's que optimiza η

La forma más sencilla de ajustar una superficie de respuesta es ajustando un modelo de regresión lineal multiple

$$Y_u = \beta_0+\beta_1 X_{1u}+ \quad \beta_k X_{2u}+e_u$$

Si las X's estan bajo nuestro control en el sentido de que podamos variarlos a nuestra voluntad, los diseños más simples son los de primer orden, es decir, aquellos que ajustan un modelo lineal en las X's Entre estos modelos los más usados son los factoriales $\underline{2^k}$, donde cada una de las k variables es probada a 2 niveles

<u>Diseños de Segundo Orden</u> Usan el modelo cuadrático

$$Y_u = \beta_0+\sum\beta_i X_{iu}+\sum\beta_{iu}^2+\sum_{i<j}\beta_{ij}X_{iu}X_{ju}$$

Se requiere que cada X_i deba tomar cuando menos tres diferentes niveles Sin embargo, los factoriales 3^k <u>no</u> son apropiados por su gran magnitud Por ello se usan los llamados

<u>Diseños Compuestos Centrales</u> Se construyen adicionando al factorial 2^k las siguientes (2k+1) combinaciones

$$\begin{array}{llll} (0,0, \quad ,0), & (-\alpha,0, \quad ,0), & (\alpha,0, \quad ,0), & \\ & (0,-\alpha, \quad ,0), & (0,\alpha, \quad ,0), & \\ & (0,0, \quad ,-\alpha), & (0,0, \quad ,\alpha) & \end{array}$$

El diseño central compuesto puede comenzar con un factorial ex-

puede predecirse cuando X es aumentado en una unidad

5 2 Regresión Lineal Multiple

Si se tiene más de una variable independiente, el modelo es $Y_u=\beta_0+\beta_1X_{1u}+\beta_2X_{2u}+ \quad +\beta_kX_{ku}+e_u$, $e_u \sim NID(0,\sigma^2)$

La ecuación estimada es

$$\hat{Y} = b_0+ b_1X_1+ \quad + b_kX_k$$

donde b_0, b_1, , b_k son estimados por el método de mínimos cuadrados y pueden obtenerse del computador usando cualquiera de los muchos programas de regresión múltiple existentes Asi mismo, la Tabla ANOVA resumen se obtiene del computador y tiene la forma siguiente

Fuente de Variación	g l	S C	C M
R	k	SCR	CMR
E	n-k-1	SCE	CME
T	n - 1	SCT	

Como en el caso de regresión simple CME es un estimador de σ^2 y

H_0 $\beta_k = 0$ $\forall$ k Vs

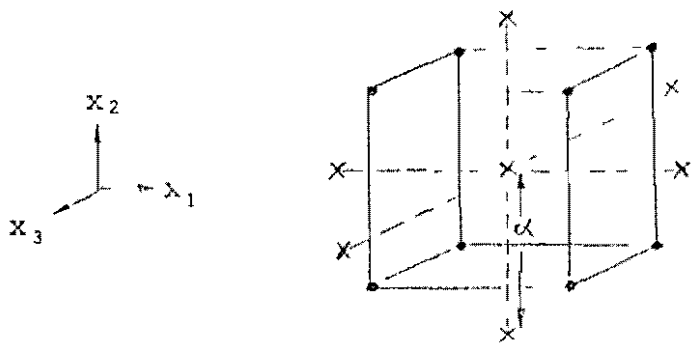
H_1 $\beta_k \neq 0$ para alguna k

se prueba con la regla de decisión

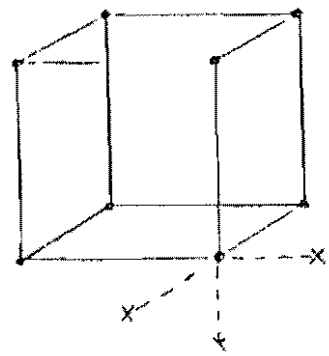
Rechazar H_0 sss $\frac{CMR}{CML} > F_{k,n-1-k}(\alpha)$

donde $F_{k,n-1-k}(\alpha)$ es el α-percentil superior de la distribución de F con k y (n-1-k) grados de libertad

plorativo 2^k al cual se le ajusta una superficie de respuesta lineal Si la "falta de ajuste" del modelo lineal es evidente se agregan los puntos antes mencionados, escogiendo α "apropiadamente" (haciendo que los β's sean ortogonales, minimizando el sesgo si la verdadera superficie no es cuadrática, o exigiéndole que sea rotacional)



Diseño Central Compuesto



Diseño Compuesto No central

Ilustración de los dos tipos de diseño compuesto para tres factores

• = Puntos de un factorial inicial 2^3

× = Puntos adicionales agregados para el diseño compuesto

Si el análisis preliminar con 2^k puntos sugiere que el punto de máxima respuesta esta más cercano a alguna de las otras combinaciones de factores que al centro, es aconsejable usar un diseño compuesto no central

Uno de los criterios a satisfacer por parte de un buen diseño es el de rotabilidad que consiste en que el error estándar de la respuesta estimada debe ser el mismo para todos los puntos que están a una misma distancia del centro de la región Los diseños rotacionales más usados son los llamados diseños rotacionales centrales compuestos que consisten de 3 tipos de puntos

a) Puntos del factorial 2^k

b) $(2k+1)$ puntos adicionales en estrella para formar el compuesto [$\alpha=2^{k/4}$ para factorial completo]

c) n_1 puntos en el centro n_1 se elige de modo que la precisión de estimación sea mas o menos constante dentro de una "esfera" de radio 1

Para el análisis estadístico de estos diseños y los métodos para determinar la combinación óptima de los niveles de los factores, ver Cochran, Capitulo 8-A

Ejemplo de Regresión Lineal Simple

Datos observados de caída de lluvia (X_1) y Rendimiento de trigo (Y_1) en una zona durante 10 años

X_1 (mm)	Y_1 (Kgr /Ha)
230	2600
210	2500
280	2900
270	2700
230	2700
280	3200
270	3300
220	2800
260	3000
250	3300

CONFERENCIA No 6

DISEÑOS SISTEMATICOS

Diseños Sistemáticos

Los diseños experimentales pueden dividirse en dos grupos aleatorios y sistemáticos Los diseños que hasta ahora hemos tratado son aleatorios y se caracterizan porque la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se hace en una forma perfectamente al azar

En contraposición con ellos se encuentran los diseños sistemáticos, en los cuales la asignación de tratamientos a las unidades experimentales se efectúa en forma ordenada o sistemática El objetivo de este tipo de diseños es permitirle al investigador observar una respuesta contínua al tratamiento Por ejemplo, si se desea estudiar la respuesta de una variedad de fríjol al nitrógeno, se puede diseñar un experimento que consista en administrar distintas dosis de N al suelo en forma creciente y medir el rendimiento de la (o las) plantas que reciban el respectivo tratamiento

Antes del desarrollo del diseño experimental moderno, esto es, antes de que Fisher introdujera el principio de aleatorización en la asignación de tratamientos a las parcelas experimentales, un ordenamiento sistemático de los tratamientos en cada replicación parecía muy natural Uno de los tipos más comunes de arreglo sistemático es aquel en el cual el ordenamiento de los tratamientos es exactamente el mismo en cualquiera de las replicaciones, como se aprecia en la gráfica

Replicación 1				Replicación 2				Replicación 3			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D

Muchos otros diseños sistemáticos han sido desarrollados, sin embargo, todos presentan relativamente las mismas desventajas con respecto a los diseños aleatorios, y son

1 Las diferencias detectadas entre tratamientos pueden contener un error sistemático debido a la correlación entre parcelas adyacentes

2 No son eficientes cuando el área experimental es muy heterogénea pues no permiten un estimativo válido de la varianza

Las ventajas son

1 Simplicidad

2 Permiten un ordenamiento de los tratamientos Por ejemplo, las variedades pueden ordenarse según su madurez, los fertilizantes en orden de su eficacia, etc

3 La respuesta al tratamiento se puede apreciar en forma contínua

Como ejemplo de algunos diseños sistemáticos, mencionaremos los utilizados para experimentación en yuca en el CIAT

1 Superficies de respuesta

2 Diseño de abanico

3 Diseño en surcos paralelos

Superficie de Respuesta

Cuando se desea estudiar el efecto de uno o más factores

- $x_1, x_2, x_3, \quad x_n$ que representan variables contínuas, como tiempo, cantidad de nitrógeno, temperatura, etc es natural pensar en los rendimientos, o respuesta y, como una función de los niveles de estas variables Esto es

$$\boxed{y = f(x_1, x_2, x_3, \quad x_n) + \varepsilon}$$

donde ε representa el error experimental

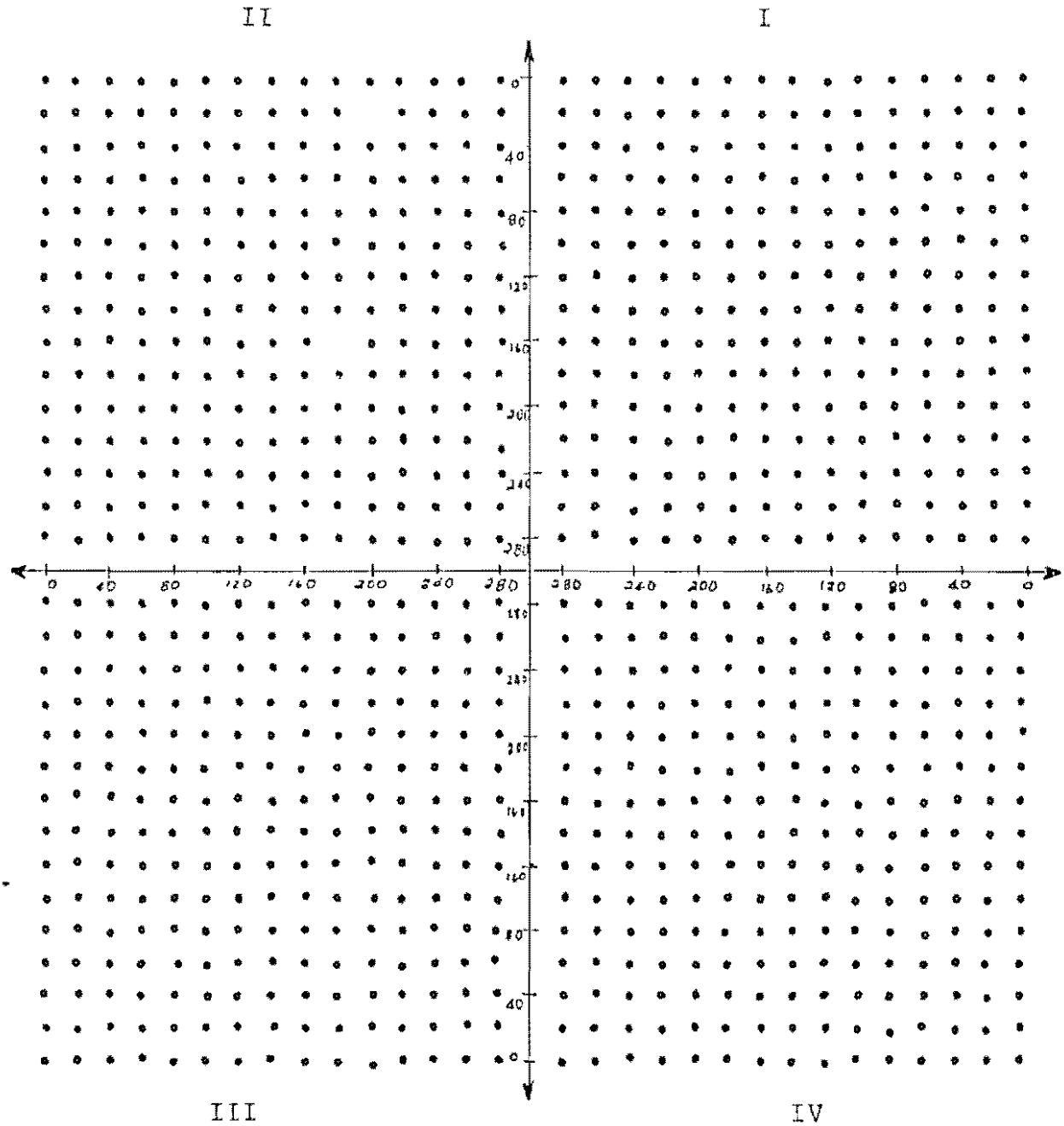
La función f se denomina "superficie de respuesta"

Un conocimiento de f da un resumen completo de los resultados del experimento y permite predecir las respuestas para determinados valores de los factores x_i

<u>Ejemplo</u> "<u>Efecto de N y K sobre el rendimiento de la planta de Yuca</u>" Se desea medir el efecto de 16 niveles de nitrógeno 0,20,40,60,80, ,300 gr/planta y 16 niveles de potasio 0,20,40,60, 300 gr/planta sobre el rendimiento de una variedad de yuca (medida en peso fresco de raíces) Las observaciones se hacen sobre plantas individuales

Se sembraron las plantas a una distancia de 80cm y se aplicaron los niveles de N y K en la forma que muestra la gráfica, de tal manera que cada planta estuviera expuesta a una determinada combinación de NxK Cada cuadrante corresponde a una replicación El número de tratamientos por replicación, que corresponde al número de plantas, es de 16x16 = 256

DISEÑO SISTEMATICO N x K EN YUCA EN 4 REPLICACIONES



Cada cuadrante representa una replicación completa del diseño con 256 plantas por replicacion Cada punto es una planta individual y recibe una de las 256 combinaciones de Nitrogeno por Potasio

La respuesta de la yuca al N y al K se puede expresar mediante la siguiente superficie de respuesta

$$\boxed{Y_{ij} = a_0 + a_1 N_i + a_2 K_j + a_3 N_i K_j + a_4 N_i^2 + a_5 K_i^2 + \varepsilon_{ij}}$$

error experimental
efecto cuadrático de K
efecto cuadrático de N
efecto de la interacción NxK
efecto lineal de k
efecto lineal de N
efecto medio
Rendimiento de la planta con nivel i de N y nivel j de K

que mide el efecto tanto lineal como cuadrático de N y de K y el de la interacción NxK y corresponde a un modelo de regresión cuadrática

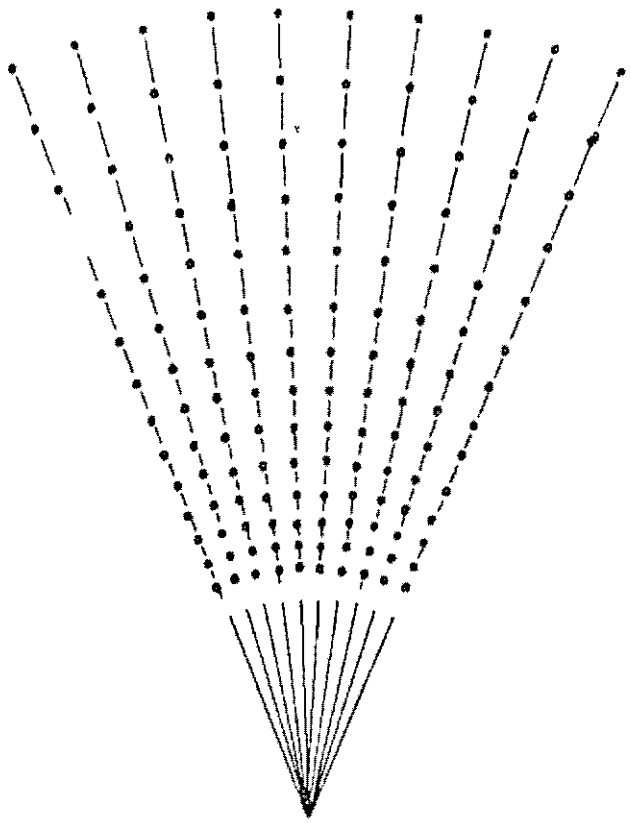
Diseños en Abanico y Surcos Paralelos[1/]

Estos dos diseños se usan basicamente para medir el rendimiento de distintas variedades bajo un amplio rango de densidades de población El número de plantas por unidad de área varía sistemáticamente de una parcela a otra, pero el aireglo de las plantas se mantiene constante Cualquier rango de densidades puede ser probado

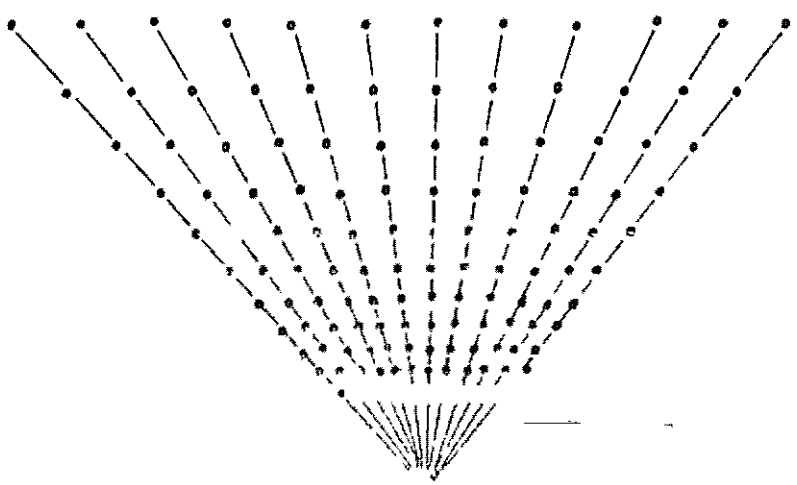
En las gráficas que aparecen a continuación se puede apreciar la disposición de las plantas en el campo bajo el diseño en Abanico y de Surcos Paralelos respectivamente, para una sola variedad

1/ Bleasdale, J K A "Sistematic designs for spacing experiments" Experimantal Agriculture Agosto 12 de 1966

DISPOSICION DE LAS PLANTAS EN UN DISEÑO DE ABANICO PARA PROBAR 14 DENSIDADES



DISPOSICION DE LAS PLANTAS EN UN DISEÑO DE SURCOS PARALELOS PARA PROBAR 10 DENSIDADES



En el diseño de abanico, las plantas se siembran en filas que irradian de un punto central de tal manera que la distancia entre plantas a lo largo de un radio sea aproximadamente igual a la distancia entre los radios, en ese punto, Cada arco corresponde a un distinto nivel de densidad de población Cuando se desea probar más de una variedad se repite este arreglo en otra sección circular, manteniendo entre dos variedades contiguas "plantas de borde" o un espaciamiento adecuado a lo largo de los radios laterales

Para medir la respuesta del rendimiento a las distintas densidades de población, se puede ajustar una función,

$$\boxed{R_{ij} = f\ (D_j)}$$

Rendimiento de la i-ésima planta sembrada bajo densidad j
Nivel j-ésimo de densidad

que puede ser, o no, lineal y encontrar cuál es la densidad que produce el máximo rendimiento

En el diseño de Surcos Paralelos, cada fila corresponde a un distinto nivel de densidad de población El número de plantas por fila se mantiene constante pero la distancia entre filas varía de forma sistemática

La forma de análisis es similar a la utilizada en el caso del diseño de abanico

CONFERENCIA No 7

ESTUDIO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL SELECCIONADO PARA EL PROYECTO VIVERO INTERNACIONAL DE RENDIMIENTO DE FRIJOL LATICE (5x5)[1/]

I INTRODUCCION

El propósito de este trabajo es estudiar la eficiencia y precisión del diseño de Látice (5x5) bajo distinto número de repeticiones y diferentes tamaños de parcela experimental (número de surcos por parcela) en un ensayo de rendimiento de 25 variedades de frijol negro Como medida de eficiencia, utilizaremos la Eficiencia Relativa (ER) del diseño en Látices con respecto al diseño en Bloques Completos al Azar (BCA), considerando que el Látice es más eficiente, cuando su ER excede a 105%

Como índice de precisión utilizaremos el Coeficiente de Variación (CV) y la Diferencia Mínima Significativa (DMS), siendo esta última un índice de la magnitud de las diferencias entre tratamientos que pueden ser detectadas por el diseño, y el primero, una medida de la variabilidad no controlada

De esta manera, estaremos en capacidad de predecir qué CV y qué magnitud de DMS puede esperarse al utilizar como diseño experimental un Látice de (5x5) con un número dado en repeticiones y un cierto tamaño de parcela experimental Se estudiará el Látice con 2,3,4,5 y 6 repeticiones y con parcelas de 1, 2, 4 y 6 surcos de 3m de largo, siendo el área de parcela respectivamente igual a 1 5 3 0, 6 0 y 9 0 m²

Este trabajo fué motivado por el Proyecto "Vivero Interna-

1/ Basado en trabajo presentado en la XXIII Reunión Anual del PCCMCA

cional de Rendimiento en Fríjol" (VIRF) que tiene a su cargo el Programa de Agronomía de Fríjol del CIAT desde mediados de 1976, y cuyo objetivo es estudiar el comportamiento de 25 variedades en un amplio rango de ambientes Para el primer año de realización del VIRF se instalaron 90 ensayos en 30 países y se espera un numero igual o mayor de ensayos por país para el segundo año (1977-1978), ' disponerse de mayor cantidad de material a probar El diseño experimental único utilizado en cada localidad ha sido el de Látices de (5x5) con 4 repeticiones, con parcelas de $12m^2$ de área total y $6m^2$ de área útil Esta dimensión para el área util de parcela obedece a los resultados de un trabajo previamente realizado en la Unidad de Biometría del CIAT (5) El área que cubre cada ensayo es de 1 $800m^2$ aproximadamente

Dado que estudios realizados por la Unidad de Biometría del CIAT (4) muestran que el diseño en Látices es entre 2 y 84% más eficiente que el diseño en BCA según las condiciones de heterogeneidad del suelo, que las diferencias entre variedades que se desearía detectar como significativas en el VIRF oscilan entre 350 y 400 Kh/Ha, y tomando en cuenta que la mayor restricción con la que tropiezan los investigadores involucrados en el VIRF es la escasez de terreno, hemos considerado de suma importancia realizar este estudio que permite encontrar una combinación de tamaño de parcela y número de repeticiones que se ajuste a las necesidades futuras del Vivero

II MATERIALES Y METODOS

2 1 Materiales y Métodos de campo

El ensayo se realizó en la granja experimental del CIAT-Palmira (Colombia), con temperatura promedio de 24°C, altura sobre el nivel del mar de 1000m y precipitación promedio anual de 1000mm

Se probaron 25 variedades de color negro y hábitos de crecimiento II y III (ver tabla 1) En ensayo fué sembrado bajo un diseño de Látice (5x5) balanceado (con 6 repeticiones) que cubrió un área total aproximada de 3000m²

Se consideró como unidad experimental una parcela de 12m² de área total, constituída por 6 surcos de 4m de largo (3 camas con 2 surcos por cama y 1m de distancia entre camas) (ver figura 1)

La cosecha se realizó por surcos, denominados A, B, C, D, E y F, dejando bordes de 0 5m en las cabeceras, de tal manera que el área útil por parcela fué de 9m²

2 2 Metodología de Análisis

Se evaluó el diseño de Látice (5x5) bajo las siguientes combinaciones de tamaño de parcela y número de repeticiones

Tamaño de parcela
- De 1 surco (Surco C) Area de parcela = 1 5m²
- De 2 surcos (Surcos C y D) Area de parcela = 3m²
- De 4 surcos (Surcos B, C, D y E) Area de parcela = 6m²
- De 6 surcos (Surcos A, B, C, D, E y F) Area de parcela = 9m²

TABLA 1 VARIEDADES UTILIZADAS

Numero	Clave	Nombre	Habito de Crecimiento
1	P9	Pecho Amarillo	II
2	P14	PI 310 909	II
3	P199	PI 196 927	II
4	P209	PI 201 333	II
5	P225	PI 207 130	II
6	P226	PI 207 198	II
7	P320	PI 310 686	II
8	P322	PI 310 724	III
9	P337	PI 310 797	II
10	P349	PI 311 930	II
11	P422	Compuesto Negro	II
12	P437	Fríjol Negro	II
13	P443	Fríjol Negro C	II
14	P459 B	Jamapa	II
15	P459 C	Jamapa	II
16	P481	N 257	II
17	P491	Puebla 41-1	III
18	P509	San Pedro P 72	II
19	P529	Trujillo 7	III
20	P566	Porrillo Sintético	II
21	P579	PI 313 868	II
22	P667	C - 166 -N	II
23	P668	C - 168 -N	II
24	P675	ICA - Pijao	II
25	P700	NEGRO SCIO 72	II

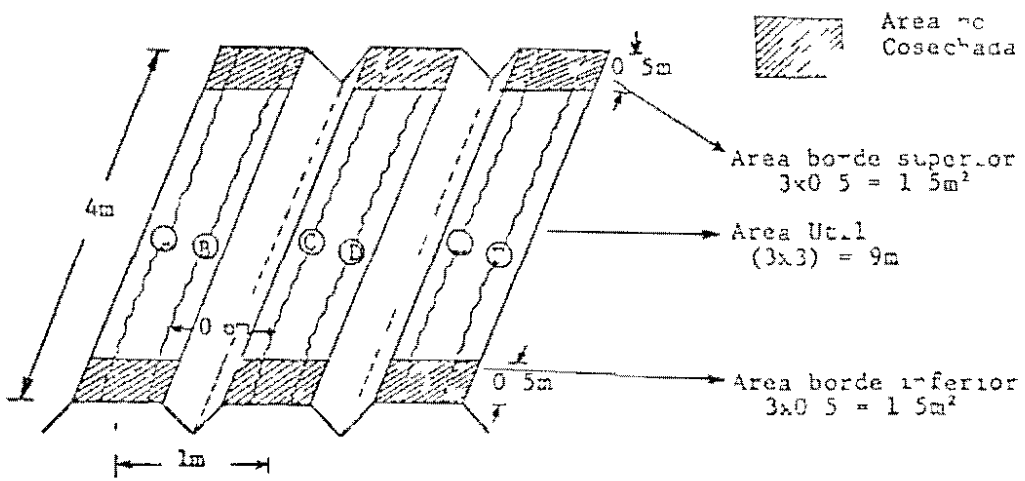


FIGURA 1 ESQUEMA DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

y número de repeticiones:

- 2 (3 Grupos I y II, III y IV, V y VI) [1/]
- 3 (2 Grupos I, II y III, IV, V y VI)
- 4 (3 Grupos I, II, III, IV, III, IV, V, VI, I, II, V, VI)
- 5 (1 Grupo I, II, III, IV y V)
- 6 (1 Grupo I, II, III, IV, V y VI)

Los grupos de repeticiones fueron escogidos de tal manera que cada repetición apareciera el mismo numero de veces La única excepción es el caso de 5 repeticiones, donde no aparece la VI Como parcela de 1 surco, se eligió la parcela constituída por el surco "C" (ver Fig 1) por ser éste junto con el "D" los más representativos de parcelas de 1 surco sujetos a competencia uniforme El mismo criterio se siguió en la elección de parcelas de dos y cuatro surcos

En cada caso, se efectuaron análisis de varianza para rendimiento (en Kg/Ha), según la disposición de fuentes de variación y grados de libertad correspondientes al diseño de Látices (5x5), así

Fuentes de Variación	g l	CM
Repeticiones	r-1	CM_R
Bloque incompleto dentro de repetición (ajustado)	4r	CM_B
Variedades (sin ajustar)	24	CM_V
Error intra-bloque	20r-24	CM_E
Total	25r-1	
Error correspondiente al BCA	24(r-1)	CME_{BCA}

1/ I, II, III, IV, V y VI corresponden al número de la repetición

Se calculó el CV, la DMS y la ER del látice con respecto al BCA para cada combinación,

donde,

$CV = \frac{S}{X} \times 100$, siendo $S = \sqrt{CM_L}$ y $\bar{X}$ = media general

$DMS = t_f \sqrt{\frac{2CM_E}{n}}$, siendo f = grados de libertad del error (20 - 24)

n = número de observaciones por tratamiento

$LR_{L,BCA} = \frac{CM_{L\,BCA}}{CM_L'}$, siendo CM_L' = cuadrado medio del error efectivo en Látices 1/

III RESULTADOS Y DISCUSION

La tabla 2 muestra los valores de CV, DMS y $LR_{L,BCA}$ para las distintas combinaciones de número de repeticiones y tamaño de parcela (número de surcos por parcela) Los datos en ella consignados corresponden a promedios entre los distintos grupos con igual número de repeticiones Así, por ejemplo, el CV que corresponde a 2 repeticiones con parcelas de 1 surco (24 33%) fué obtenido como el promedio de los CV respectivamente hallados para parcelas de 1 surco en los 3 grupos de 2 repeticiones (I y

1/ CM_L' para Látices balanceados = $CM_L\ (1+k\mu)$ con $k = \sqrt{\text{No de tratamientos}}$

$$\mu = \frac{CM_B - CM_L}{k^2 CM_B}$$

CM_L' para Látices no balanceados = $CM_L \left(\frac{1+rk\mu'}{k+1}\right)$ $\mu' = \frac{CM_B - CM_L}{k(r-1)CM_B}$

II, III y IV, V y VI)

Las figuras 2 y 3 presentan la relación entre el CV y la DMS respectivamente, con el número de surcos por parcela, para 2,3,4,5 y 6 repeticiones del Látice (5x5) Los datos utilizados para estas gráficas corresponden a los promedios presentados en la Tabla 2

Como se aprecia en la Figura 2, el CV decrece a medida que aumenta el tamaño de la parcela, para cualquier número de repeticiones Los valores del CV son siempre superiores a 20% con parcelas de 1 surco (su valor oscila entre 21 y 29%), pero menores ó iguales a 12% con parcelas de 2,4 y 6 surcos El número de repeticiones no tiene ningún efecto en lo que respecta al CV

La Figura 3 muestra las diferencias en rendimiento (DMS en Kg/Ha) que el Látice (5x5) puede detectar al usar distintos tamaños de parcela y 2,3,4,5 ó 6 repeticiones En ella se observa que la DMS sí es sensible al número de repeticiones que se utilicen Con 2, la diferencia en rendimiento detectada en promedio es de 604 7 Kg/Ha, a medida que se aumenta el número de repeticiones, el diseño es capaz de detectar diferencias menores, cuando el Látice (5x5) es balanceado, es decir, cuando utiliza 6 repeticiones, puede detectar en promedio diferencias de 343 8 kg/Ha (ver Tabla 2)

La DMS es también muy sensible al tamaño de parcela El látice detecta diferencias más pequeñas a medida que se incre-

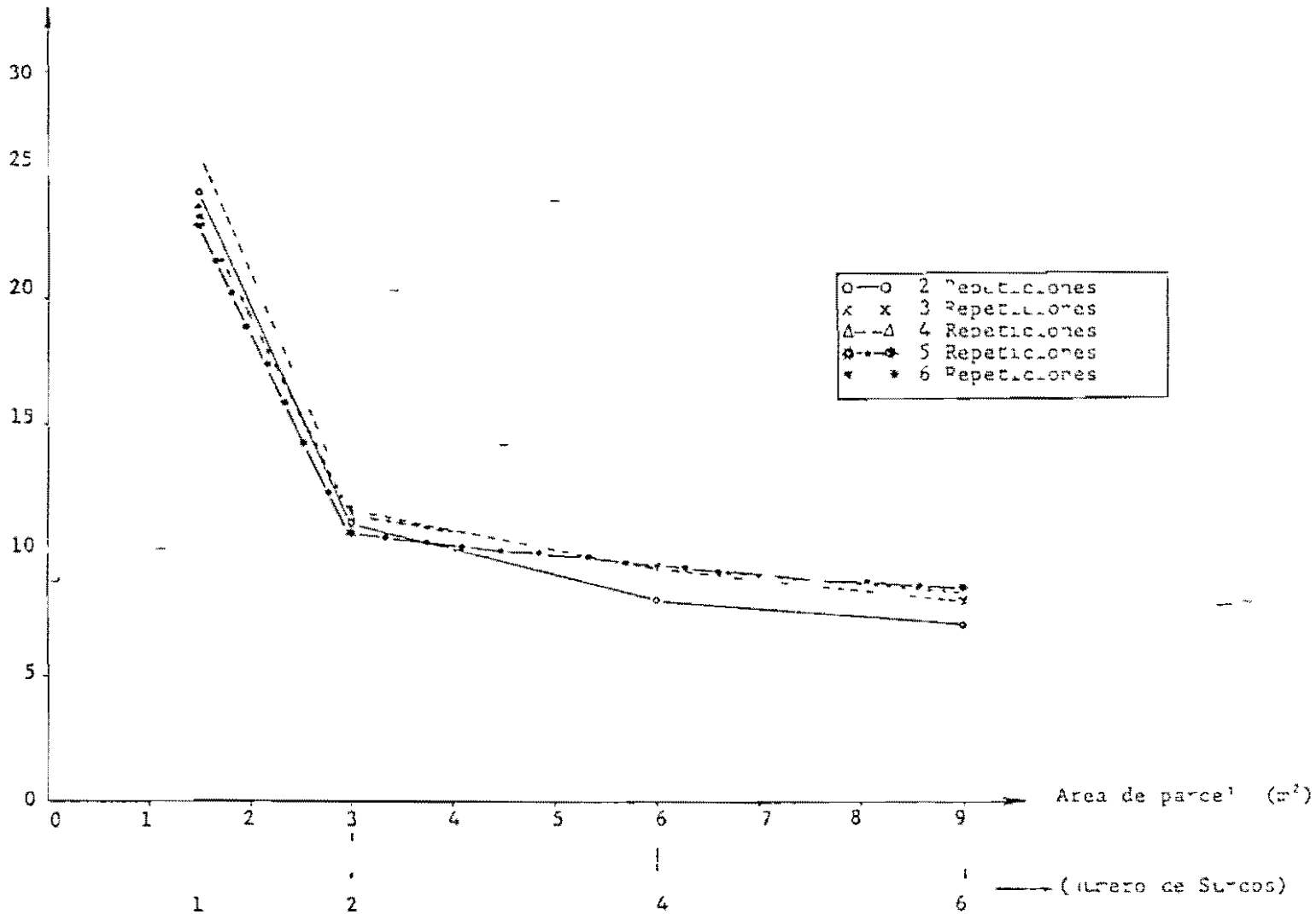


FIGURA 2 CV EN FUNCION DEL AREA DE PARCELA (o. de Surcos) PARA DISTINTO NUMERO DE REPETICIONES EN UN LATICE (5x5)

C V (7)

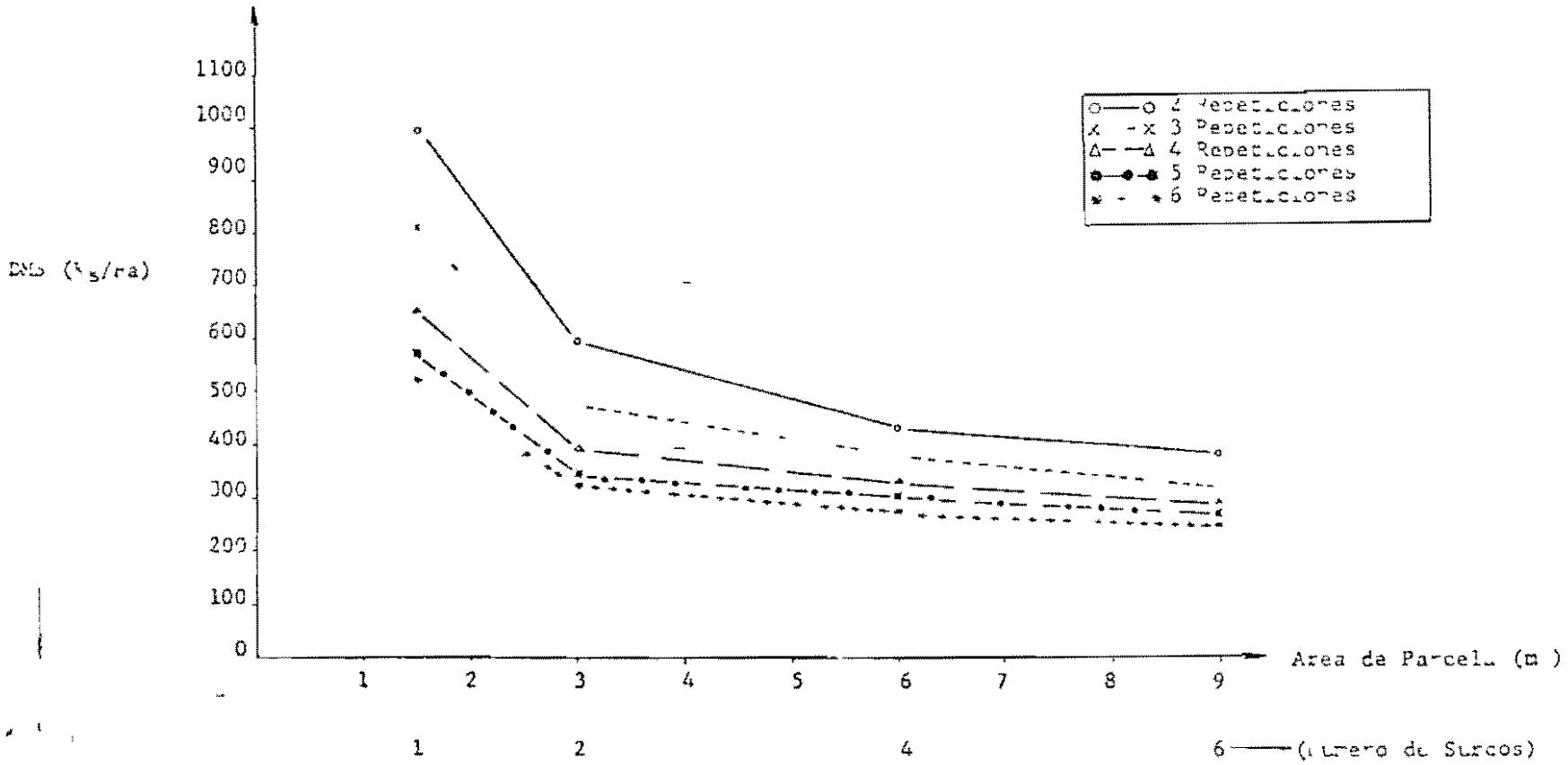


FIGURA 3 D.S EN FUNCION DEL AREA DE PARCELA (o de Surcos) PARA DISTINTO NUMERO DE REPETICIONES EN UN LATICE (5x5)

menta el número de surcos por parcela (Ver Tabla 2 y Figura 3)

En general, podemos afirmar que el número de repeticiones que se utilicen afecta a la DMS, mientras que el tamaño de parcela experimental afecta tanto a la DMS como al CV

Sinembargo, en cuanto a la ER del Látice con respecto al BCA, no se observa ninguna tendencia definida al variar el número de repeticiones o el tamaño de la parcela experimental Lo único que podemos afirmar es que bajo todas las condiciones, el diseño en Látice supera o es igualmente eficiente que el diseño en BCA

BIBLIOGRAFIA

1 Cochran y Cox G Diseños experimentales Editorial Trillas 1965 p 416-469

2 Hatheway W H and Williams E J Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields Biometrics, June 1958, p 207-222

3 LeClere L , Leonard, W and Clark, A Field plot technique Burguess Publishing Company 1962 373 p

4 Muñoz J E y Amézquita M C Eficiencia relativa del Diseño en Látices con respecto al Diseño en Bloques al Azar XXII Reunión PCCMCA San José, Costa Rica 1976

5 Muñoz, J E , Salazar L C , López Y Determinación del tamaño, forma y número de repeticiones más adecuadas en ensayos de rendimiento en Fríjol (Phaseolus vulgaris L) y comparación de dos métodos para estimar su rendimiento comercial 1975

CONFERENCIA No 8

SISTEMA DE INFORMACION DE FITOMEJORAMIENTO DE FRIJOL "SIFFRI"

El banco de germoplasma para frijol contiene la mayoría del material genético disponible, y está constituído por las semillas provenientes de colecciones, introducciones y selecciones Dentro de este grupo existe un subconjunto que contiene los materiales usados como padres en las cruzas o que potencialmente podrían usarse como padres La selección que llega al banco de germoplasma lo hace después de haber pasado, en las generaciones tempranas y avanzadas, las evaluaciones que le catalogan como promisoria

El sistema de información tiene como su propósito básico mantener e integrar los datos producidos por las diferentes disciplinas e informar sobre el flujo de materiales a través del banco y sobre las acciones que generan ese flujo

Hasta ahora el sistema ha satisfecho algunas necesidades, que se consideran básicas, tales como

1 Conocer todas las cruzas y selecciones que vienen de un padre
2 Conocer los padres ó cruzas con combinaciones de características o criterios de selección
3 Reconstruir la genealogia de cruza a padres
4 Informes sobre datos faltantes
5 Llaboración de etiquetas para las cruzas, que van a usarse en el libro de campo

6 Análisis estadístico

El sistema de información consta de un grupo de archivos y programas interrelacionados, tal que satisfacen las consultas sobre material genético

Los archivos (ó relaciones) son

Banco de Germoplasma

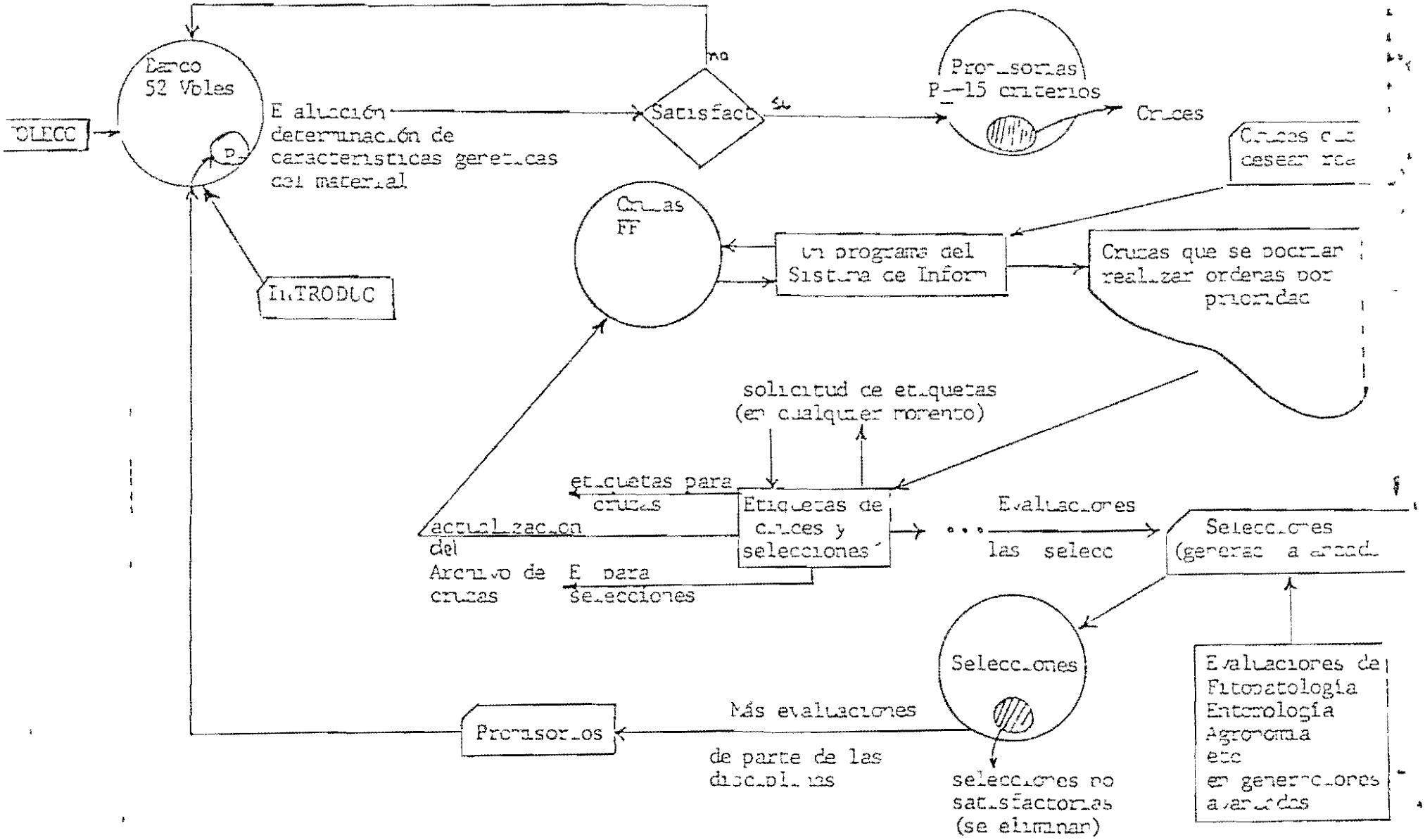
Promisorios

Cruzas

Selecciones (por formarse)

Un diagrama detallado del sistema se halla a continuación; es nuestro interés ampliar la cobertura, hasta recolectar todos los datos que se produzcan en la experimentación con frijol

Diagrama del Ciclo del Sistema



BIBLIOGRAFIA

1 Cochran, William G y Cox, Gertrude M Diseños Experimentales Editorial Trillas, México 1974

2 Ching Chun Li Introducción a la Estadística Experimental Ediciones Omega S A , Barcelona

3 Davies, Owen L (editor) The Design and Analysis of Industrial Experiments Segunda edición, Oliver and Boyd, London y Hafner Publishing Co , New York, 1967

4 Draper, Norman v Smith, Harvey Applied Regression Analysis John Wiley and Sons, New York, 1966

5 Federer, W T Experimental Design Macmillan, New York, 1955

6 Kempthorne, Oscar The Design and Analysis of Experiments R E Krieger Publishing Co , Huntington, N Y , 1973

7 Snedecor, G W Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación Agrícola y Biológica Compañía Editorial Continental, México

8 Steel, Robert G D y Torrie, James H Principles and Procedures of Statistics McGraw-Hill Book Company, Inc New York, 1960

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL

PARA INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA

CIAT, Marzo 28 Abril 22 de 1977

EJEMPLOS DE DISEÑOS EXPERIMENTALES

Por Gerardo I. Hurtado R.

Unidad de Biometría

INDICE

		Pag
1	Ejemplo de un diseño Completamente al Azar ----------	1
2	Ejemplo de un diseño en Bloques Completos al Azar ----	4
3	Ejemplo de un diseño en Parcelas Subdivididas - ------	6
4	Ejemplo de un diseño en Parcelas Divididas ------ ---	9
5	Ejemplo de una regresión lineal simple ----------	13
6	Ejemplo de un diseño en Látice ----------	16

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA
INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA
EJEMPLO DE DISEÑO DE APLICACIONES ALEATORIO

UNIDAD DE BIOMETRIA

15 41 TUESDAY, MARCH 22 1977

VAR	R	PEN
1	1	[illegible]
1	2	120
1	3	[illegible]
1	4	312
1	5	[illegible]
1	6	[illegible]
2	1	[illegible]
2	2	26
2	3	234
2	4	1[illegible]
2	5	[illegible]
2	6	[illegible]
3	1	232
3	2	[illegible]
3	3	[illegible]
3	4	[illegible]
3	5	[illegible]
3	6	2[illegible]
4	1	[illegible]
4	2	[illegible]
4	3	1[illegible]
4	4	[illegible]
4	5	[illegible]
4	6	[illegible]
4	1	[illegible]
5	2	[illegible]
5	3	[illegible]
5	4	[illegible]
5	5	[illegible]
5	6	[illegible]
6	1	[illegible]
6	2	[illegible]
6	3	[illegible]
6	4	[illegible]
6	5	[illegible]
6	6	[illegible]

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA

EJEMPLO DE UN DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

UNIDAD DE BIOMETRIA

15 41 TUESDAY, MARCH 22 197

ANALYSIS OF VARIANCE PROCEDURE

CLASS LEVEL INFORMATION

CLASS	LEVELS	VALUES
VDAD	5	1 2 3 4 5

NUMBER OF OBSERVATIONS IN DATA SET = 30

```
****************************************************************************                3
  CRUCE INTENSIVO DE [illegible] EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA        *
                  INVEST [illegible] AMERICA LATINA                  *
  [illegible]                                                          *
                                       UNIDAD DE BIOMETRIA             *
****************************************************************************
                                                        15 41 TUESDAY, MARCH 22, 1977

                        ANALYSIS OF VARIANCE PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: [illegible]

SOURCE            DF     SUM OF SQUARES      MEAN SQUARE        F VALUE       PR > F      R-SQUARE        C.V.

MODEL              4    431421.80000000   107855.45000000          9.47       0.0001      0.602514     34.6097

ERROR             25    284611.51000000    11384.46040000                    STD DEV                   RES MEAN

CORRECTED TOTAL   29    716033.31000000                                    106.69854732              308.30000000

SOURCE            DF          ANOVA SS     F VALUE   PR > F

[illegible]        4    431421.80000000        9.47   0.0001
```

```
*****************************************************************************
*  CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA           *
*                    INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA                        *
*  EJEMPLO DE UN DISEÑO EN BLOQUES ALAZAR                                    *
*                                                          UNIDAD DE BIOMETRIA *
*****************************************************************************
                                                          15  1 TUESDAY  MARCH 22, 1977

                    ANALYSIS OF VARIANCE PROCEDURE

                        CLASS LEVEL INFORMATION

                    CLASS     LEVELS    VALUES

                    VGAD        5       1 2 3 4 5

                    B           6       1 2 3 4 5 6

                    NUMBER OF OBSERVATIONS IN DATA SET = 30
```

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE SEMILLA PARA INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA
EJEMPLO DE UN DISEÑO EN BLOQUES ALEATORIZADO
UNIDAD DE BIOMETRIA

15 41 TUESDAY MARCH 22, 1977

ANALYSIS OF VARIANCE PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: REA

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	C.V.
MODEL	9	7.3066.1000000	63.18.45.5555	4.76	0.0026	0.167656	32.38
ERROR	20	36.1970.20000000	1.8098.5100000		STD DEV		REA MEAN
CORRECTED TOTAL	29	43.5036.3000000			1.3453153		4.1333333

SOURCE	DF	ANOVA SS	F VALUE	PR > F
[illegible]	5	1.6644.30000000	0.78	0.5731
[illegible]	4	17.1431.30000000	9.06	0.0002

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA
INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA
EJEMPLO DE UN DISEÑO EN PARCELAS SUBDIVIDIDAS
UNIDAD DE BIOMETRIA

15 41 TUESDAY, MARCH 22, 1977

REP	RIEGO	INSECTIC	VARIO	REN
1	CON	SIN	1	6
1	CON	CON	2	8
1	CON	CON	3	7
1	CON	CON	4	5
1	CON	SIN	1	4
1	CON	SIN	2	6
1	CON	SIN	3	4
1	CON	SIN	4	3
1	SIN	CON	1	3
1	SIN	CON	2	5
1	SIN	CON	3	5
1	SIN	CON	4	3
1	SIN	SIN	1	3
1	SIN	SIN	2	[illegible]
1	SIN	SIN	3	6
1	SIN	SIN	4	2
2	CON	CON	1	4
2	CON	CON	2	7
2	CON	CON	3	7
2	CON	CON	4	4
2	CON	SIN	1	4
[illegible]	CON	SIN	2	[illegible]
[illegible]	CON	SIN	3	9
[illegible]	CON	SIN	4	5
2	SIN	CON	1	5
[illegible]	SIN	CON	2	4
2	SIN	SIN	3	4
2	SIN	CON	4	4
2	SIN	SIN	1	4
2	SIN	SIN	2	4
2	SIN	SIN	3	5
2	SIN	SIN	4	4

```
*****************************************************************************
*  CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA           *
*                    INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA                        *
*              EJEMPLO DE UN DISEÑO EN PARCELAS SUBDIVIDIDAS                 *
*                                                   UNIDAD DE BIOMETRIA      *
*****************************************************************************

                                                   15:41 TUESDAY, MARCH 22, 1977

                    ANALYSIS OF VARIANCE PROCEDURE

                    CLASS LEVEL INFORMATION

                 CLASS     LEVELS    VALUES

                 REP          2       2

                 RIEGO        2       CON SIN

                 INSECTIC     2       CON SIN

                 VARI         4       1 2 3 4

                 NUMBER OF OBSERVATIONS IN DATA SET = 32
```

CURSO EN ENSAYO DE ADIESTRAM. ATO EL PRODUCTOR DE ERI DE PARA
INVESTIGADORES DE AMERICA LA. AS
* EJEMPLO E UN DISEÑO EN PARCELAS SUBDIVIDIDAS
UNIDAD DE BIOMETRIA

15 41 TUESDAY MARCH 22, 1977

ANALYSIS OF VARIANCE PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: REN

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	C.V.
MODEL	19	54.2000000	3.1158 10	3.48	0.0157	0.846429	18.9297
ERROR	12	10.75000000	0.89583333	STD DEV		REN MEAN	
CORRECTED TOTAL	31	64.00000000		0.94648472		5.00000000	

SOURCE	DF	ANOVA SS	F VALUE	PR > F
RE	1	1.12000000	1.26	0.2877
[illegible]	1	12.50000000	13.96	0.0028
REP(RECO)	1	1.12000000	1.26	0.2877
[illegible]	1	3.12500000	3.49	0.0867
RE [illegible] SECTIC	4	3.12500000	4.9	0.0867
RE [illegible] SECTIC (ECO)	2	1.00000000	0.56	0.5777
[illegible]	2	31.2500000	11.63	0.0007
RE [illegible]-VDAD	3	2.50000000	0.93	0.4625
[illegible]	[illegible]	62.00000	0.69	0.6277
RE [illegible] SECTIC*VDAD	3	1.25000000	1.3	0.2[illegible]

TESTS OF HYPOTHESES USING THE ANOVA MS FOR REP(RECO) AS AN ERROR TERM

SOURCE	DF	ANOVA SS	F VALUE	PR > F
RE	1	1.12500000	1.00	0.3000
REP(RECO)	1	12.50000000	11.11	0.1855

TESTS OF HYPOTHESES USING THE ANOVA MS FOR REP*SECTIC(RECO) AS AN ERROR TERM

SOURCE	DF	ANOV SS	F VALUE	PR > F
SECTIC	1	3.12500000	6.25	0.1254
REP(RECO)SECTIC	1	3.12500000	6.25	0.1254

CURSO INTENSIVO ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA
INVESTIGADOR DE AMERICA LATINA
EJEMPLO DE UN DISEÑO EN ESCALAS DIVIDIDAS

UNIDAD DE BIOMETRIA

15 41 TUESDAY MARCH 22 1977

LOCI	PAT	REP	RAND
VICLANE(1)	CO IRIOL	1	22 8
VI AND(1)	CO IRIOL	2	1 7
VICLANE(1)	CO IRIOL	3	29 3
VI AND(1)	CO IRIOL	4	10 8
VICLANE(1)	CERT EN	1	53 8
VI AND(1)	CE CSAN	2	8 5
VICLANE(1)	BRESAN	3	23 9
VI AND(1)	CE I EN	4	7 3
VICLANE(1)	PAN EN	1	3 6
VI AND(1)	P ICEN	2	3 1
VICLANE(1)	PAN EN		0 7
VICLANE(1)	PA HEN	4	10 4
VI AND(1)	AC 4	1	22 4
VI AND(1)	AC 1	2	4 8
VICLANE(1)	AC 1X	3	28 3
VI AND(1)	AC 1X	4	12 7
VICLANE(2)	CO IRIOL	1	5 3
VI AND(2)	CO IRI	2	45 7
VICLANE(2)	CO IRIOL	3	4
VI AND(2)	CO IRIOL	4	15 1
VICLANE(2)	P ESAN	1	57 4
VI AND(2)	CE I EN	2	4
VICLANE(2)	CE I EN	3	2 4
VI AND(2)	CE I EN	4	1 0
VICLANE(2)	PA I EN	1	59 1
VI AND(2)	PA HEN	2	8
VICLANE(2)	PA I EN	3	22 4
VI AND(2)	PA HEN	4	15 4
VICLANE(2)	AC 1	1	41
VI AND(2)	AC 1	2	7 4
VICLANE(2)	AC 1X	3	4 1
VI AND(2)	AC 1X		51 6
CLIN DE	CO CI	1	2
ITON	CO IRIOL	2	5
CI TIS	CO IRIOL	3	4 4
CI TOI	CO IRIOL	4	3
CI NTCA	CE P A	1	3
CLINTON	P ESAN	2	30 4
CLINTON	CE I	3	5 3
CI N	CE I	4	22 1
CI TO	CA	1	22
CI TOI		2	4
CLI TO	SAPCEN	3	2 4
CLI TOI	P EN	4	0 3
CI NTON	AC 1X		1 5
CLI TON	AC 1	2	5 1
C INTCA	CIO	3	2 7
CI TON	CA	4	1 8
BR NCO	CO IRIOL	1	
P C	P L	2	4
B C	CON CL	3	54 0
B NCH	CO IRIOL	4	23

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA
INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA
FIN DEL DISEÑO EN PARCELAS DIVIDIDAS
UNIDAD DE BIOMETRIA

15 41 TUESDAY, MARCH 22, 1977

LOTE	TRAT	REP	RENDIMIENTO
BRANCH	CERESAN	1	71.3
BRANCH	CERESAN	2	67.3
BRANCH	CERESAN	3	47.7
BRANCH	CERESAN	4	52.5
BRANCH	BANCO EL	1	42.0
BRANCH	BANCO EL	2	65.3
BRANCH	BANCO EL	3	75.6
BRANCH	BANCO EL	4	51.0
BRANCH	ACROX	1	71.6
BRANCH	ACROX	2	69
BRANCH	ACROX	3	54.7
42,175	CROX	4	77.7

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA

EJEMPLO DE UN DISEÑO EN PARCELAS DIVIDIDAS

UNIDAD DE BIOMETRIA

15 41 TUESDAY, MARCH 22, 1977

ANALYSIS OF VARIANCE PROCEDURE

CLASS LEVEL INFORMATION

CLASS	LEVELS	VALUES
REP	4	1 2 3 4
LOTE	2	BRANCH CLINTON VICLANDO(1) VICLANDO(2)
TRT	2	ACROX CERESA (INTRO) PANDEN

NUMBER OF OBSERVATIONS IN DATA SET = 64

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE ERTION PARA INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA
EJEMPLO DE UN DISEÑO EN PARCELAS DIVIDIDAS
UNIDAD DE BIOMETRIA

15 41 TUESDAY MARCH 22, 1977

ANALYSIS OF VARIANCE PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: REND

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	C.V.
MODEL	27	7066.1918750	261.71031019	12.89	0.0001	0.906225	8.5371
ERROR	6	731.20250000	20.31118056		STD DEV		REND MEAN
CORRECTED TOTAL	33	7797.39437500			4.50679271		52.80937

SOURCE	DF	ANOVA SS	F VALUE	PR > F
REP	3	7962.87312500	46.66	0.0001
TRTR	3	2328.02187500	46.7	0.0001
[illegible]	9	518.2[illegible]37500	3.38	0.0062
[illegible]	3	170.53[illegible]500	2.80	0.05[illegible]
[illegible] REPAI	9	596.46562.00	3.21	0.00[illegible]

TESTS OF HYPOTHESES USING THE ANOVA MS FOR REPLOT AS AN ERROR TERM

SOURCE	DF	ANOVA SS	F VALUE	PR > F
REP	3	28[illegible] 87317.00	13.79	0.0010
TRTR	3	28[illegible] 02187500	13.92	0.0010

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA

EJEMPLO DE UNA REGRESION LINEAL SIMPLE

UNIDAD DE BIOMETRIA

15 59 FRIDAY, MARCH 18, 1977

PPTAC DJ	RE D
230	2600
210	2500
280	2900
270	2700
240	2400
280	3200
270	3200
220	2600
260	3000
250	3300

```
*********************************************************************
*                                                                   *
*   CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL PARA  *
*                    INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA               *
*   EJEMPLO DE UNA REGRESION LINEAL SIMPLE                          *
*                                                UNIDAD DE BIOMETRIA *
*********************************************************************
```

15 59 FRIDAY, MARCH 18, 1977

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE INFORMATION

NUMBER OF OBSERVATIONS IN DATA SET = 10

CURSO INTERNACIONAL ADIESTRAMIENTO PROFESIONAL PARA
VESTIGADORES DE AREAS DE LA
* EJEMPLO DE UNA REGRESION LINEAL SIMPLE
UNIDAD DE BIOMETRIA *

15 59 FRIDAY, MARCH 18, 1977

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: REND

SOURCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	C.V.
MODEL	1	308.6666667	308.6666667	5.76	0.0477	0.05482	8.1949
ERROR	8	5.1333333	56.6666667			STD DEV	REND MEAN
CORRECTED TOTAL	9	7.0000000				237.6536910	2900.0000000

SOURCE	DF	TYPE I SS	F VALUE	PR > F
DOSIS	1	308.6666667	5.76	0.0477

PARAMETER	ESTIMATE	STANDARD ERROR OF ESTIMATE	T FOR H0: PARAMETER=0	PR > |T|	STD ERROR OF ESTIMATE
INTERCEPT	1133.333333	1.77	0.1884		770.6961593
DOSIS	1.666667	2	2.40	0.0477	3.0690023

OBSERVATION	DEPENDENT VARIABLE VALUE	PREDICTED VALUE	RESIDUAL	LOWER 95% CL FOR MEAN	UPPER 95% CL FOR MEAN
1	2600.00000000	2615.666667	-15.66666667	2232.332356	2998.400977
2	2600.00000000	2613.333333	-13.33333333	2281.781721	2945.194535
3	2900.00000000	2915.000000	-15.00000000	2820.982983	3382.017450
4	2700.00000000	2713.333333	-13.33333333	2911.990221	3267.076665
5	2600.00000000	2615.666667	-15.66666667	2832.332356	2998.400977
6	3200.00000000	3115.000000	85.00000000	2820.982983	3382.017450
7	3300.00000000	3313.333333	-13.33333333	2911.990221	3267.076665
8	2700.00000000	2685.000000	15.00000000	2413.982983	2956.017450
9	3000.00000000	2971.666667	28.33333333	2782.472111	3153.862140
10	3400.00000000	2900.000000	500.00000000	2326.196167	3473.803852

NUMBER OF OBSERVATIONS IN DATA SET =	10
NUMBER OF OBSERVATIONS READ =	10
SUM OF WEIGHTS =	10.00000000
DEPENDENT VARIABLE MEAN =	2900.00000000
SUM OF RESIDUALS =	451333.3333
CORRECTED TOTAL SS =	7000000.000
ERROR SS =	5133333.333
R-SQUARE =	0.266667
COEFF VAR =	8.194900
ROOT MSE =	237.6536910
DEP MEAN =	2900.000000
ADJ R-SQ =	0.172619

[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1	1	1	4.0
1	1	2	4.7
1	1	3	3.4
1	1	4	5.7
1	1	5	4.0
1	2	6	10.8
1	2	7	8.1
1	2	8	8.1
1	2	9	8.7
1	2	10	5.7
1	2	11	11.7
1	[illegible]	12	4.7
1	[illegible]	13	7.7
1	3	14	6.1
1	[illegible]	15	9.4
1	[illegible]	16	12.1
1	[illegible]	17	10.8
1	[illegible]	18	8.7
1	4	19	8.[illegible]
1	[illegible]	20	0.[illegible]
1	[illegible]	21	6.7
1	5	22	11.1
1	5	23	7.7
1	[illegible]	24	8.7
1	[illegible]	[illegible]	0
2	1	1	6.1
2	1	7	8.7
2	1	11	16.1
2	1	12	7.7
2	[illegible]	21	5.7
2	2	2	12.1
2	2	7	7.[illegible]
2	2	12	3.4
2	2	17	7.4
2	2	22	15.1
2	[illegible]	3	10.[illegible]
2	[illegible]	8	2.[illegible]
2	3	13	5.1
2	4	18	[illegible]
2	5	23	8.1
[illegible]	[illegible]	[illegible]	11.4
[illegible]	[illegible]	17	23.[illegible]
2	[illegible]	12	6.[illegible]
[illegible]	[illegible]	24	15.[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	12.1
[illegible]	[illegible]	10	10.1
[illegible]	[illegible]	[illegible]	12.[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	10.[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	12.[illegible]

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO EN PRODUCCION DE FRIJOL

PARA INVESTIGADORES DE AMERICA LATINA

CIAT, Marzo 28 - Abril 23 de 1977

EJEMPLOS DE DISEÑOS EXPERIMENTALES

Por Gerardo I. Lautado R.

Universidad de Puerto Rico

TABLA 2 VALORES DE C.V., DMS Y $ER_{L,BCA}$ PARA UN LATICE (5x5) CON DISTINTO NUMERO DE REPLICACIONES Y 4 DIFERENTES TAMAÑOS DE PARCELA

NUMERO DE REPLICACIONES	No DE SURCOS/PARCELA (AREA/PARCELA)	C.V. (%)	DMS (Kg/Ha)	ER (%)
2	1 (1.5m²)	24.33	1004.7	122.3
	2 (3.0m²)	11.26	590.9	105.7
	4 (6.0m²)	8.10	436.2	125.9
	6 (9.0m²)	7.17	366.8	200.3
	Promedio General	12.72	604.7	138.6
3	1 (1.5m²)	25.69	816.9	113.4
	2 (3.0m²)	11.76	476.9	106.0
	4 (6.0m²)	9.31	381.6	117.5
	6 (9.0m²)	8.07	327.4	123.4
	Promedio General	13.79	500.7	117.1
4	1 (1.5m²)	23.70	654.5	105.0
	2 (3.0m²)	11.33	397.7	109.4
	4 (6.0m²)	9.58	339.1	117.7
	6 (9.0m²)	8.35	292.0	125.6
	Promedio General	13.24	420.8	114.4
5	1 (1.5m²)	22.99	572.92	104.3
	2 (3.0m²)	10.76	341.61	110.5
	4 (6.0m²)	9.43	302.13	117.0
	6 (9.0m²)	8.59	271.35	115.1
	Promedio General	12.94	372.0	114.4
6	1 (1.5m²)	23.29	525.13	104.5
	2 (3.0m²)	11.42	327.[illegible]	110.2
	4 (6.0m²)	9.59	276.99	115.5
	6 (9.0m²)	8.56	245.5[illegible]	110.6
	Promedio General	13.22	343.6	112.3

1	17.7879	8	7.5395	17	13.0870	20	7.6928
2	11.7026	9	8.510	18	12.0830	21	7.5481
3	9.7[illegible]0	10	5.7770	19	5.0[illegible]7	22	12.5027
4	9.4178	11	16.9073	20	7.120	23	8.2272
5	8.7175	12	8.7720	21	7.1953	24	11.5077
6	8.850	13	7.7677	22	7.7856	25	10.4.47
7	8.111						

ANALYSIS OF VARIANCE FOR VARIABLE BAND

SOURCE	DF	SS	MS
REPLICATIONS	1	36.405440	36.405440
TREATMENTS WITHIN REPLICATIONS (ADJ.)	8	22.003564	28.3[illegible].[illegible]
TREATMENTS (UNADJ.)	8	27.598070	28.327750
[illegible] (UNADJ.)	24	25.[illegible]3189	10.5[illegible]
[illegible] ERROR	18	[illegible].7727	6.14764
[illegible] COMBINED BLOCK ERROR	26	32.[illegible]	8.553759
TOTAL	70	97.380[illegible]25	13[illegible].2870

[illegible] ESTIMATE FOR BOX-[illegible] 7.[illegible]

[illegible] DIFFERENT BLOCKS [illegible]

[illegible]

[illegible] ESTIMATION [illegible]

[illegible] LEVEL [illegible]

[illegible] LEVEL [illegible]

[illegible] EXPERIMENT [illegible] ATTENTION BY THE [illegible] OF [illegible] [illegible]

COMBINACIONES DE NUMERO DE REPETICIONES Y TAMAÑO DE PARCELA

QUE SATISFACEN LAS NECESIDADES DEL V I R F

Número de Repeticiones	Area útil de parcela (m^2)	No de surcos	Ancho (m)	largo (m)	Area total de parcela (m^2)	Area total del ensayo (m^2)
5	2 7	2	0 9	3 0	7 6	1700
4	3 0	2	1 0	3 0	8 0	1400
3	6 0	4	2 0	3 0	12 0	1350
2	9 0	6	3 0	3 0	16 0	1100

8127

ESTUDIO DE LA HETEROGENEIDAD DEL SUELO DEL TAMAÑO Y FORMA DE PARCELA Y DEL NUMERO DE REPLTICIONES OPTIMOS EN ENSAYOS DE UNIFORMIDAD EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L)

XXIII Reunión Anual del P C C M C A

21 - 24 de Marzo de 1977

Panamá

Por

Diosdado Baena [1/]

María Cristina Anézquita [1/]

Pedro Manuel Rodriguez [2/]

Oswaldo Voysest [2/]

Fernando Takegami [2/]

[1/] Unidad de Biometría, CIAT Ap Aéreo 67-13, Cali

[2/] Programa de Agronomía de Frijol, CIAT Ap Aéreo 67-13, Cali

INDICE DE CONTENIDO

		Página
I	Introducción	1
II	Revisión de Literatura	
2 1	Heterogeneidad del suelo	2
2 2	Algunos aspectos sobre el tamaño, forma de parcela y número de repeticiones	5
2 3	Métodos estadísticos	6
2 3 1	Estimación del tamaño óptimo de parcela	6
2 3 1 1	Método del error probable	7
2 3 1 2	Método de la máxima curvatura	7
2 3 1 3	Procedimiento de Smith	8
2 3 2	Forma de la parcela	9
2 3 3	Número de repeticiones	9
2 3 4	Tamaños y formas de parcela óptimos obtenidos en algunos ensayos de uniformidad	11
III	Materiales y Métodos	
3 1	Aspectos descriptivos	
3 1 1	Localización	11
3 1 2	Condiciones de clima	12
3 1 3	Condiciones de suelo	12
3 2	Técnica experimental	

3 2 1 Material empleado 12

3 2 2 Condiciones de manejo del ensayo 13

3 3 Método de análisis

3 3 1 Combinaciones de tamaño y forma seleccionados 14

3 3 2 Heterogeneidad del suelo 17

3 3 3 Tamaño de parcela y número de repeticiones 18

3 3 4 Forma de la parcela 18

IV Resultados y Discusión

4 1 Heterogeneidad del suelo 19

4 2 Tamaño de parcela y número de repeticiones 20

4 3 Forma de parcela 22

4 4 Tamaño de parcela en función de los costos 22

V Conclusiones 23

VI Bibliografía

ESTUDIO DE LA HETEROGENEIDAD DEL SUELO, DEL TAMAÑO Y FORMA DE PARCELA Y NUMERO DE REPETICIONES OPTIMOS EN ENSAYOS DE UNIFORMIDAD EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L)

I INTRODUCCION

Actualmente en la mayoría de las instituciones dedicadas a la investigación agrícola existe la tendencia a montar ensayos de uniformidad o "ensayos en blanco", como procedimiento convencional para el estudio del tamaño y forma de parcela optimos en los diferentes cultivos

La información obtenida (rendimiento a nivel de pequeñas parcelas) de un ensayo de uniformidad puede también aprovecharse para determinar el grado de heterogeneidad de los suelos, utilizando técnicas estadísticas apropiadas y para mostrar a través de una representación gráfica dicha heterogeneidad por medio de los mapas de contorno de fertilidad

Conocida la heterogeneidad del suelo es posible seleccionar aquellos tamaños y formas de parcela que minimicen sus efectos y que garanticen un mayor grado de confiabilidad en las inferencias que se hagan en base a los datos de producción El número de repeticiones es otro de los aspectos estrechamente relacionado con la heterogeneidad del suelo, el grado de precisión deseada y la diferencias que se deseen detectar en un experimento Un ensayo de uniformidad permite obtener un estimativo del número de repeticiones óptimo para diferentes tamanos y formas de parcela considerando los factores anteriormente mencionados

La necesidad de definir una técnica adecuada de parcela que permitiese mejorar la calidad y disminuir los costos de los futuros trabajos de investigación en fríjol, condujo a realizar el presente ensayo de uniformidad bajo los siguientes objetivos preestablecidos

1 Realización de un estudio sobre la heterogeneidad del lote experimental Q^2, mapificando tendencias de fertilidad y calculando el coeficiente de correlación entre parcelas adyacentes como medida de ésta

2 Determinación de algunas combinaciones de tamaños de parcela y número de repeticiones para diferentes valores de la diferencia que se desee detectar entre promedios de tratamiento

3 Asumiendo costos, calcular algunos tamaños optimos de parcela

II REVISION DE LITERATURA

2 1 Heterogeneidad del suelo

Se ha demostrado que aun dentro de áreas muy pequeñas, el suelo puede variar en textura, drenaje, contenido de humedad y de nutrientes etc Este grado de heterogeneidad del suelo influye directamente en la magnitud del error experimental y en la precisión de los resultados obtenidos, por consiguiente, su estimación debe ser el paso preliminar para el desarrollo de un experimento de campo

La variación y dirección de la gradiente de fertilidad del suelo, factor principal en su heterogeneidad, puede estimarse mediante los ensayos de uniformidad o "ensayos en blanco" (9) En estos ensayos se siembra todo el lote experimental con un mismo material, tan puro como sea posible, sometiendo todo el campo a prácticas culturales identicas durante el período vegetativo del cultivo La cosecha se realiza tomando por separado la producción de pequeñas parcelas "básicas", cuidando de registrar su localización dentro del lote (3)

Conocida la producción de cada parcela e identificada su posición, es posible apreciar mediante una representación gráfica, la heterogeneidad de un suelo, elaborando los llamados mapas de contorno de fertilidad, los cuales permiten mostrar claramente que campos aparentemente muy uniformes son heterogeneos desde el punto de vista de la productividad de sus distintas partes, cuando dicha productividad o fertilidad se determina por el rendimiento de parcelas pequeñas (3) Los mapas se obtienen uniendo por líneas los puntos del terreno con rendimientos similares (9)

Como indice de la heterogeneidad, Harris citado por Leclerg (8) propone estimar el coeficiente b que indica el grado de correlación entre las producciones de parcelas contiguas Este coeficiente se expresa en una escala relativa de 0 a 1 0 Según Kempthorne (7), cuando b=0 las parcelas estan altamente correlacionadas, indicando completa homogeneidad del suelo y cuando b=1,

las parcelas no estan correlacionadas, indicando extrema heterogeneidad del suelo

Smith citado por Calero (1) ha demostrado que el coeficiente b puede calcularse de la regresión lineal entre el logaritmo de la varianza de la parcela por unidad de área y el logaritmo del tamaño de la parcela, dada la relación empírica que existe entre el tamaño y la varianza por parcela

$$Vx = \frac{V_1}{X^b} \qquad ó \qquad \text{Log } Vx = \text{Log } V_1 - b \text{ Log} X$$

Donde

Vx = Varianza de la parcela de "X" unidades

V_1 = Varianza de la parcela de una unidad

X = Tamaños de las parcelas

b = Coeficiente de regresión de la variabilidad del terreno sobre el tamaño de la parcela

Hatheway y Williams, citados por Mamani (9) observaron que los valores de b calculados por la fórmula de Smith, en algunos casos excedieron de 1 0, razón que impide interpretar correctamente los resultados Para obviar la situación anterior, se recomienda ponderar los logaritmos de las varianzas por parcela (Vx_1), por lo grados de libertad asociados a cada varianza El coeficiente b se calcularía entonces, utilizando la fórmula expuesta por Federer

$$b = \frac{(\Sigma\omega_1 \log Vx_1 \ \text{Log}Y_1) - (\Sigma\omega_1 \text{Log } Vx_1)(\Sigma\omega_1 \log X_1)/\Sigma\omega_1}{\Sigma\omega_1 (\log X_1)^2 - (\Sigma\omega_1 \log X_1)^2/\Sigma\omega_1}$$

para la cual

V_{x_i} = Varianza del rendimiento por unidad de área

X_i = Número de unidades básicas en cada tamaño de parcela

ω_i = Grados de libertad asociados con una varianza dada (Número de diferentes tamaños de parcela - 1)

Los efectos de la heterogeneidad del suelo pueden reducirse, escogiendo adecuadas técnicas experimentales, tales como tamaño, forma y orientación de las parcelas apropíadas, selección de un diseño experimental eficiente y empleo de un número óptimo de repeticiones (4)

2 2 Algunos aspectos sobre el tamaño, forma de parcela y número de repeticiones

Estudios sobre el tamaño y forma de la parcela experimental para pruebas de campo, han motivado desde tiempo atras la atención de numerosos investigadores, debido a la gran influencia que esta tiene sobre el error experimental Seif citado por Cruz (2) atribuye a Wood y Straton en 1910 y Hall 1911 los primeros trabajos para demostrar el efecto del tamaño de parcela sobre el error experimental En general, la mayoría de los trabajos realizados hasta nuestra época, han comprobado que el error experimental decrece cuando se incrementa el tamaño de la parcela, pero esta reducción no es proporcional al incremento

En cuanto a la forma de la parcela, se ha observado experimentalmente que el error experimental obtenido con parcelas

rectangulares no es mayor que el que se obtiene con parcelas cuadradas de igual tamaño, sinembargo, su influencia es marcada cuando existe un gradiente en la calidad o fertilidad del suelo En estos casos es preferible la parcela rectangular, en el sentido de dicha gradiente (3)

La selección de parcelas cuadradas es preferible realizarla cuando la distribución de la fertilidad del área experimental es desconocida (4)

Otro factor importante a tener en cuenta en todo experimento es el número de repeticiones Este permite obtener una estimación del error experimental Más aún, uno de los medios simples para incrementar la precisión, es aumentar el número de repeticiones (4)

Para Leclerg (8), el número de repeticiones depende de

a) El grado de precisión deseado

b) La variabilidad inherente del material estudiado

c) Los recursos disponibles

d) El tamaño y forma de la parcela

No obstante, considera que se obtiene un mayor grado de seguridad cuando se hacen más repeticiones de pequeñas parcelas, que cuando se utiliza la misma área experimental con parcelas grandes y un reducido número de repeticiones

2 3 <u>Métodos estadísticos</u>

2 3 1 Estimación del tamaño óptimo de parcela

La importancia que tiene para el investigador el

conocimiento de las dimensiones de la unidad experimental, en los cultivos para los cuales realiza experimentación, ha conllevado a proponer diferentes métodos estadísticos para estimar el tamaño óptimo de parcela, a partir de la información sobre rendimiento obtenida en ensayos de uniformidad A continuación se da una descripción somera de los métodos de mayor uso

2 3 1 1 Método del error probable

Es el método más antiguo que se ha empleado para estimar el tamaño óptimo de parcela Fundamentalmente consiste en el cálculo del error típico o del error probable de cada parcela con relación a la media, para diferentes tamaños Todos los estudios realizados para determinar el tamaño más conveniente para las parcelas de un campo experimental, coinciden en el hecho de que el error probable disminuye, a medida que aumenta el tamaño de las parcelas, y por tanto, las parcelas grandes parecen, en general, más convenientes para aquilatar las diferencias entre los tratamientos ensayados (3)

Wood y Straton en 1910, en remolacha azucarera, McClelland en maíz, Vagholkar en caña de azúcar, Pan en arroz, citados por Mamani (9) y muchos otros investigadores han usado el método del error probable para estimar el tamaño óptimo de parcela

2 3 1 2 Método de la Máxima Curvatura

El procedimiento a seguir para su aplicación, consiste en dividir el área experimental en pequeñas unidades básicas Se

cosechan individualmente y se combinan para formar diferentes arreglos, a cada uno de los cuales se le calcula el coeficiente de variación del rendimiento En un sistema de coordenadas, se grafica el tamaño de la parcela (en "X") contra el coeficiente de variación (en "Y") El punto de máxima inflexión de la curva resultante, corresponde al tamaño óptimo de parcela

Federer citado por Cruz (2) considera que el método tiene dos inconvenientes

1 No se consideran los costos

2 El punto de máxima curvatura no es independiente de la la escala usada ni de la unidad más pequeña seleccionada

2 3 1 3 Procedimiento de Smith

Smith citado por Cruz (2) considera que el mejor tamaño de parcela es aquel que permita obtener la máxima información al menor costo posible Para el cálculo del tamaño óptimo de parcela, considerando la heterogeneidad del suelo representada por b y los costos de conducción del experimento, estableció la siguiente expresión

$$X = \frac{bK_1}{(1-b)K_2}$$

En donde

x = tamaño de la parcela en unidades básicas

b = coeficiente de heterogeneidad

K_1 = parte del costo total que es proporcional al número de

parcelas por tratamiento (constante medida en pesos por parcela)

K_2 = parte del costo total proporcional al área total por tratamiento (medida en pesos por m^2)

El valor de X obtenido de la expresión, corresponde al tamaño de la parcela para el cual los costos son mínimos

2 3 2 Forma de la parcela

El efecto de la forma de la parcela en la varianza y el coeficiente de variación, ha sido motivo de estudios intensivos En suelos con un gradiente de heterogeneidad definido, se recomienda que el lado mayor de las parcelas sea paralelo a éste (6)

Federer citado por Shih (6) considera que las parcelas anchas, cuando el gradiente es desconocido, producen en promedio, una varianza por parcela más pequeña que las parcelas cuadradas del mismo tamaño

La forma óptima de la parcela se determina comparando las varianzas de las diferentes formas que pueden arreglarse con el tamaño óptimo de parcela Se selecciona aquella que presente la menor varianza y que a criterio del investigador facilite las labores de cultivo

Otros procedimientos para determinar la forma óptima de parcela, citados por Mamani (9) son Prueba de Homogeneidad de la Varianza de Bartlett y Prueba de F

2 3 3 Número de Repeticiones

El número de repeticiones requeridas en un experimento, dependen de la magnitud del error y del grado de precisión deseado La magnitud del error experimental en un ensayo, esta prescrita por el coeficiente de variación, mientras que el grado de precisión deseado esta dado por la magnitud de la diferencia entre medias que pueda detectarse (4)

Hatheway (5) estableció una relación entre el número de repeticiones y el tamaño de parcela, para detectar diferencias entre medias de tratamientos a un nivel dado de probabilidad Esta relación se expresa mediante la fórmula

$$X^6 = 2(t_1+t_2)^2C_1^2/rd^2$$

En donde

X = Tamaño conveniente de la parcela expresada como multiplo de la parcela actual

b = Coeficiente de heterogeneidad del suelo

t_1 = Valor de "t" en las tablas para cada (r-1)(t-1) grados de libertad del error y para un nivel α

t_2 = Valor de "t" en las tablas para cada (r-1)(t-1) grados de libertad del error y 2(1-P), donde P es la probabilidad de obterer un resultado significativo

C = Coeficiente de variación de parcelas unitarias

Y = Número de repeticiones necesarias para detectar una diferencia verdadera d

d = Es la diferencia verdadera entre dos tratamientos (expresada como porcentaje de la media)

Aplicando la fórmula anterior para un número constante "r" de repeticiones, pero haciendo variar los valores "X" y "d", es posible construir una serie de curvas que permitan determinar, en forma gráfica, el número de repeticiones y el tamaño de parcela necesarios para detectar una diferencia deseada (2)

Otros métodos usados para determinar el número óptimo de repeticiones son los de Harris-Horbitz-Mood y el de Kempthorne citados por Mamani (9)

2 3 4 Tamaños y formas de parcela óptimos obtenidos en algunos ensayos de uniformidad en fríjol

A manera de información se consignan algunos de los tamaños y formas de parcela obtenidos en ensayos de uniformidad en fríjol, en diferentes centros experimentales

Autor	Tamaño de la parcela recomendado
Calero, H E (1)	1 surco por 2 metros de largo
Cartner y Cardona (2)	2 surcos x 4 metros
Mamani, A L (9)	1 surco x 4 metros
Muñoz, J E , Salazar, C y Lopez, Y (10)	2 metros de ancho x 3 metros de largo (ensayo en camas - CIAT)

III MATERIALES Y METODOS

3 1 Aspectos descriptivos

3 1 1 Localización

Las labores de campo del presente trabajo se realizaron durante el período comprendido entre el 21 de Septiembre y el 16 de Diciembre de 1976 La siembra se llevo a cabo en el Lote Q_2 del campo experimental correspondiente al Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT-Palmira

3 1 2 Condiciones de Clima

El CIAT se encuentra ubicado en el Valle geográfico del Río Cauca a una latitud de 3° 31' N y una longitud de 76° 19' Oeste, con una altura de 1001 m s n m La temperatura media anual es de 24°C La humedad relativa promedia oscila entre 67-75% Las lluvias se presentan en los períodos comprendidos entre Marzo-Mayo y Septiembre-Noviembre, para una precipitación de 1000 mm/año

3 1 3 Condiciones de suelo

Los suelos de la región presentan topografía plana y pertenecen a la serie Palmaseca que se caracterizan por presentar problemas de salinidad-alcalinidad Algunas de las características físico-químicas de estos suelos son

Textura	Arcillosa (*)
M O	6 8%

---

* Informe Anual - CIAT 1975

p H 6 9

P 46 3 p p m

K 0 44 me/100gr

3 2 Técnica experimental

3 2 1 Material empleado

Se sembró la variedad ICA-GUALI, seleccionada por su caracter precoz, de habito arbustivo y de gran adaptación a las condiciones del Valle

3 2 2 Condiciones de manejo del ensayo

El lote seleccionado estuvo sembrado de arroz en el semestre anterior La preparación del suelo se hizo con varios pases de rotatiller Posteriormente se trazaron camas de 1 metro de ancho, con dos surcos por cama (a 50 cm) Se aplicó un riego pre-siembra Para mantener un buen control fitosanitario en los primeros estados de desarrollo del cultivo, se aplicó un insecticida-nematicida granulado Quince días después de la siembra, se practicó el raleo definitivo dejando 10 plantas por metro lineal, para una población de 200000 plantas/ha A los 28 días post-siembra se efectuó una aspersión de Boro al follaje Durante el período vegetativo del cultivo se aplicaron cuatro riegos suplementarios El estado fitosanitario del cultivo fué satisfactorio, manteniéndose con solo dos aplicaciones de insecticidas En la última etapa del ensayo se presentó un ataque de Bacteriosis (Xanthomonas phaseoli), sin mayor trascenden-

cia

De la superficie sembrada inicialmente 40x40m², se desechó 2m de borde y 2m de "cabecera" al momento de la cosecha El área útil 36x36m² se dividió en 1296 parcelas de 1m² Se recolectó su producción separadamente en chuspas con un número correspondiente a la posición de cada parcela dentro del lote Las producciones corregidas a una humedad constante del 14%, aparecen en la Tabla 1

3 3 Método de Análisis

3 3 1 Combinaciones de tamaño y forma seleccionados

Las parcelas unitarias adyacentes se agruparon en 30 combinaciones para formar las diferentes parcelas experimentales a probar Dependiendo de la forma de agrupación se clasificaron en rectangulares en el sentido de los surcos rectangulares en el sentido perpendicular a los surcos y cuadradas Las combinaciones escogidas fueron las siguientes

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1	703	251	68	104	186	182	191	188	105	137	182	166	127	193	188	211	166	181	167	147	189	057	167	123	190	219	[illegible]	142	162	170	162	167	226	161	173	234
2	205	212	222	146	206	226	261	181	206	186	182	122	197	170	157	154	165	156	158	163	165	215	130	122	135	142	158	138	136	189	208	246	204	197	212	175
3	164	111	219	172	236	183	2[illegible]	146	183	163	163	147	194	177	163	157	210	167	206	123	115	205	128	145	172	199	152	172	170	172	185	207	227	305	181	344
4	127	174	224	240	170	201	240	276	225	131	125	107	179	140	145	129	148	182	159	197	202	178	089	143	124	227	170	119	113	198	258	162	192	169	110	211
5	187	173	231	208	211	184	135	144	166	211	269	102	135	149	232	189	224	195	222	194	171	191	200	126	209	168	130	200	151	202	153	203	248	120	236	230
6	193	132	232	233	232	257	192	200	196	133	227	183	141	200	283	194	276	220	173	221	207	226	190	119	223	158	129	143	197	165	231	177	102	216	103	219
7	095	242	61	133	179	214	218	206	158	215	186	147	171	228	239	189	266	236	237	168	208	181	178	178	128	205	161	172	184	204	198	234	241	153	193	207
8	279	163	179	215	214	221	213	195	197	182	191	160	147	159	156	246	211	204	241	045	184	213	206	190	220	206	156	192	148	156	161	178	224	194	127	148
9	153	170	193	215	162	235	220	152	195	234	170	229	156	201	199	173	156	185	178	193	208	192	201	160	227	159	163	192	194	227	171	101	242	182	179	236
10	215	223	169	271	177	201	227	173	281	181	172	198	119	168	187	214	213	192	178	171	211	201	191	137	227	157	162	098	115	192	227	265	220	247	203	168
11	218	184	185	158	153	137	318	188	163	193	198	207	159	213	265	179	146	250	164	199	216	137	182	111	169	197	154	129	141	191	138	170	187	146	150	157
12	205	146	217	199	300	166	132	160	252	207	182	200	234	234	164	265	226	285	154	187	200	260	149	168	222	205	192	184	183	192	267	212	195	219	096	121
13	138	090	174	199	194	181	175	112	121	115	144	235	197	196	140	162	153	158	158	134	239	156	250	137	148	163	170	160	178	166	171	255	254	178	192	178
14	170	133	216	150	190	146	197	176	151	126	209	168	189	202	157	172	194	208	154	170	182	213	147	124	212	124	175	233	128	202	184	173	170	184	240	216
15	127	172	189	202	147	105	215	177	204	166	177	233	218	104	154	125	209	289	190	168	168	203	212	176	202	199	245	195	183	231	256	202	261	273	132	230
16	160	179	64	216	279	211	198	204	222	200	207	145	198	176	180	177	29	153	246	206	187	179	179	126	106	173	154	153	143	195	223	162	142	174	206	204
17	134	194	160	113	213	235	184	215	260	195	262	279	208	177	127	159	232	212	197	163	252	219	150	159	240	217	183	151	174	203	268	231	258	196	218	193
18	183	204	171	162	177	189	227	138	192	084	186	170	131	220	129	121	145	175	254	170	166	147	177	128	192	128	207	183	087	239	210	209	083	171	155	163
19	174	199	155	256	234	199	257	166	173	258	194	159	113	230	133	139	192	180	194	185	163	196	136	171	200	160	133	212	187	220	238	151	149	157	104	259
20	182	181	185	226	211	251	167	208	132	230	209	153	148	148	173	122	193	137	185	201	181	251	230	210	199	133	173	182	158	170	271	178	101	164	213	171
21	174	160	130	204	230	187	266	204	156	178	165	155	186	160	155	169	244	122	176	165	163	217	216	193	174	450	153	196	166	143	205	211	177	206	220	187
22	154	136	198	251	204	138	244	189	241	205	148	156	121	240	157	206	139	202	141	128	164	093	121	102	150	188	119	216	116	238	165	169	261	189	177	217
23	205	30	143	182	170	199	270	204	221	162	190	178	198	221	155	166	147	187	132	151	185	216	147	124	167	165	204	182	179	245	174	092	189	127	229	172
24	1 8	201	206	234	123	139	221	184	237	159	185	205	188	178	162	161	108	130	107	130	193	116	140	204	113	174	132	239	175	157	200	205	203	103	128	170
25	156	247	155	217	160	171	123	167	118	209	270	276	271	247	245	219	142	220	204	248	167	172	173	157	166	191	213	265	204	217	133	172	264	186	187	21[illegible]
26	169	134	123	259	156	134	184	193	135	238	151	205	234	169	169	160	164	171	297	144	232	166	232	221	161	197	227	279	157	218	159	190	162	169	143	165
27	63	190	188	209	195	182	194	197	219	184	198	173	191	138	150	210	181	155	124	166	206	188	176	160	187	184	229	171	156	147	128	164	098	129	140	182
28	214	162	161	163	174	201	227	153	262	185	192	259	245	232	194	168	122	184	181	176	228	224	192	171	187	197	216	179	166	155	056	199	160	180	143	175
29	151	194	225	243	211	147	224	200	208	179	259	212	214	248	173	182	169	226	174	107	209	160	138	066	178	107	221	275	255	229	239	175	176	199	254	223
30	196	191	00	163	232	156	182	197	163	100	245	178	163	137	159	185	173	189	135	141	132	176	189	137	170	193	185	239	174	160	163	103	212	177	236	259
31	144	199	260	190	148	148	186	175	111	135	142	117	223	201	195	155	194	160	129	115	156	148	151	137	161	157	190	156	163	228	261	154	191	192	172	174
32	108	144	191	250	215	114	196	197	199	251	147	199	211	218	139	162	223	202	250	198	189	211	255	177	213	187	228	222	187	260	194	186	210	156	208	216
33	083	226	256	187	217	186	224	241	228	146	238	230	187	188	128	196	198	166	175	156	159	132	192	122	201	189	182	195	218	228	197	148	141	174	182	195
34	175	197	123	247	175	140	200	195	221	253	202	221	187	207	128	152	143	139	154	177	211	169	112	221	186	179	196	192	192	274	172	158	173	207	220	194
35	114	207	191	190	137	186	162	165	226	206	178	186	196	215	177	201	176	205	212	156	148	103	202	164	221	117	201	247	229	242	136	180	211	171	181	142
36	168	184	209	190	174	139	222	213	152	212	230	175	168	259	166	126	160	179	214	192	153	216	168	136	201	183	165	151	187	298	202	192	131	214	181	181

TABLA 1 RENDIMIENTO EN GRAMOS PARA PARCELAS DE 1M^2.

Superficie de las parcelas	Forma de las Parcelas	DIMENSIONES en el sentido de los surcos	DIMENSIONES en el sentido perpendicular a los surcos	Clasificación por forma
1	1 x 1	1	1	Cuadrada
4	2 x 2	2	2	Cuadrada
9	3 x 3	3	3	Cuadrada
16	4 x 4	4	4	Cuadrada
2	2 x 1	2	1	R en el sentido surcos
6	2 x 3	2	3	R perpendicular surcos
12	3 x 4	3	4	R perpendicular surcos
6	3 x 2	3	2	R en el sentido surcos
2	1 x 2	1	2	R perpendicular a los surcos
3	1 x 3	1	3	R perpendicular a los surcos
4	1 x 4	1	4	R perpendicular a los surcos
5	1 x 5	1	5	R perpendicular a los surcos
6	1 x 6	1	6	R perpendicular a los surcos
7	1 x 7	1	7	R Perpendicular a los surcos
8	1 x 8	1	8	R perpendicular a los surcos
9	1 x 9	1	9	R perpendicular a los surcos
8	2 x 4	2	4	R perpendicular a los surcos

10	2 x 5	2	5	R perpendicular a los surcos
12	2 x 6	2	6	R perpendicular a los surcos
15	3 x 5	3	5	R perperdicular a los surcos
3	3 x 1	3	1	R en el sentido surcos
4	4 x 1	4	1	R en el sentido surcos
5	5 x 1	5	1	R en el sentido surcos
6	6 x 1	6	1	R en el sentido surcos
7	7 x 1	7	1	R en el sentido de los surcos
8	8 x 1	8	1	R en el sentido de los surcos
9	9 x 1	9	1	R en el sentido de los surcos
8	8 x 2	8	2	R en el sentido de los surcos
10	5 x 2	5	2	R en el sentido de los surcos
18	6 x 3	6	3	R en el sentido de los surcos

3 3 2 Heterogeneidad del suelo

Para el trazado del mapa de contorno de fertilidad, se tomó la desviación estandar del rendimiento de parcelas unitarias (D E = 40 grs) como criterio de agrupación de parcelas con rendimientos homogeneos Las siete clases de parcelas homogeneas estan comprendidas entre 80 y 320 gr parcelas con rendimientos superiores o inferiores a los límites se consideraron en la primera o ultima clase En la Figura 1 se muestra el mapa de contorno elaborado (*) Para el cálculo del coeficiente de heterogeneidad se utilizaron dos metodologías

1 Método de Smith

Se calcularon las varianzas relativas (*) de cada uno de los tamaños de parcela por la fórmula simplificada de Seif citado por Calero (1)

$$V_S = \frac{S^2}{X^2}$$

Donde

S^2 = Varianza para un tamaño de la parcela

X = Número de Unidades básicas que componen una parcela

(*) Programa elaborado en Fortran IV por Jorge Augusto Perras B S Unidad de Biometría - CIAT

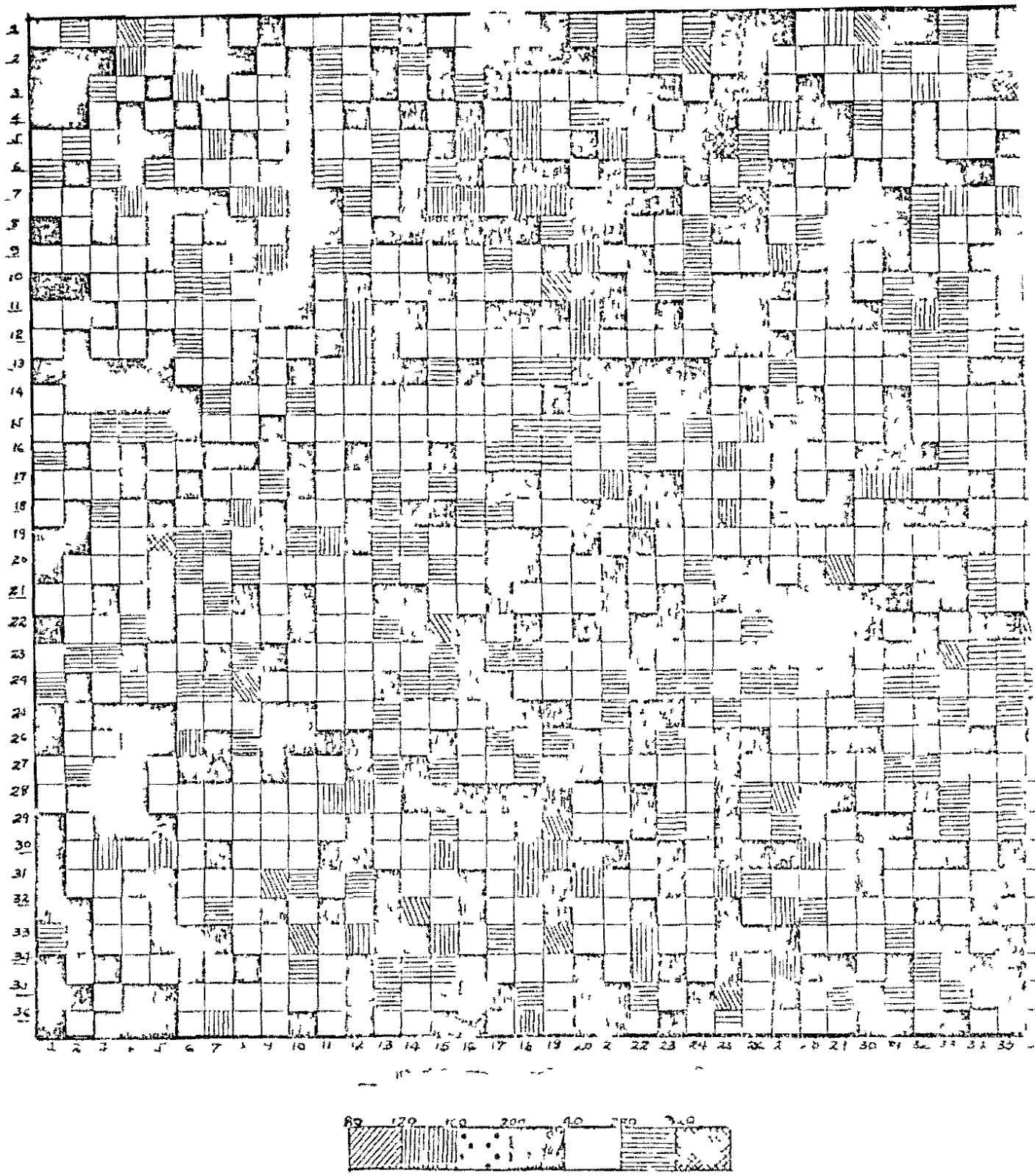


FIG 1 MAPA DE CONTORNO DE FERTILIDAD PARA EL RENDIMIENTO EN GRAMOS DE 1296 PARCELAS DE 1m² EN EL LOTE Q -CIAT

De la regresión Lineal entre el logaritmo de la varianza de la parcela por unidad de área (varianza relativa) y el logaritmo del tamaño de las parcelas, se calculó el coeficiente de heterogeneidad b

$$Vx = \frac{V_1}{X^b} \qquad \text{ó } \mathrm{Log}Vx = \mathrm{Log}V_1 \; b\log X$$

Donde

Vx = Varianza de la parcela de "X" unidades

V_1 = Varianza de la parcela de una unidad

X = Tamaño de las parcelas

b = Coeficiente de regresión que indica la asociación entre parcelas adyacentes

Para obtener un valor más confiable del coeficiente de heterogeneidad se aplicó una segunda metodología

2 Método de Federer

Los logaritmos de la varianzas de los distintos tamaños y formas de parcela se ponderan por los grados de libertad asociados a cada uno de ellos obteniendo un coeficiente de regresión ponderado

$$b = \frac{(\Sigma\omega_i \log Vx_i \; \mathrm{Log}\, X_i) \; (\Sigma\omega_i \log Vx_i)(\Sigma\omega_i \log X_i)/\Sigma\omega_i}{\Sigma\omega_i (\log X_i)^2 - (\omega_i \log X_i)^2/\Sigma\omega_i}$$

donde

Vx_i = Varianza del rendimiento por unidad de área

X_i = Tamaño de la parcela en unidades básicas

ω_1 = Número de diferentes tamaños de parcela -1 (grados de libertad asociados a cada una de las varianzas)

Los estadísticos obtenidas para el cálculo de los coeficientes de variación, y coeficiente de heterogeneidad figuran en la Tabla 2, para los diferentes tamaños y formas de parcela

3 3 3 Tamaño de parcela y número de repeticiones

Conocido el coeficiente b de heterogeneidad por la formula anterior se cálculo el tamaño de parcela para diferente número de tratamientos, repeticiones y valores de la diferencia a detectar entre promedios de tratamiento, aplicando la metodología de Hatheway (ver revision de literatura)

Se constiuyó una serie de curvas que permiten determinar en forma gráfica el número de repeticiones y el tamaño de la parcela para detectar una diferencia deseada

Asumiendo algunos costos obtenidos en otros ensayos de uniformidad y empleando la metodología de Smith se calcularon algunos tamaños óptimos de parcela para los cuales el costo es mínimo

3 3 4 Forma de la parcela

Para determinar la forma óptima de la parcela se utilizaron diferentes criterios

1 El grado de heterogereidad del suelo

2 Los coeficientes de variación obtenidos

3 La superficie de respuesta trazada que muestra la relación entre el coeficiente de variación y la forma de parcela

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4 1 Heterogeneidad del suelo

El mapa de contorno que aparece en el Figura 1 permite apreciar claramente la variación en la fertilidad en los distintos sitios del Lote y las porciones de este donde se manifiestan zonas fertiles, zonas pobres y zonas intermedias, asi como la variación y el sentido de dichas tendencias La ausencia de un gradiente de fertilidad definido contribuye al alto grado de heterogeneidad del suelo

El cálculo del coeficiente de heterogeneidad a través de la regresión entre el logaritmo de la varianza por unidad de área y el logaritmo del tamaño de las parcelas (Figira 2) dió un valor de 0 756 muy cercano al valor obtenido por la fórmula de Federer equivalente a 0 768, sinembargo, este segundo valor es más confiable por ser un coeficiente ponderado En experimentos posteriores podría lograrse una reducción de los efectos de la heterogeneidad escogiendo un diseño experimental eficiente, un tamaño y forma de parcela apropiado, adecuada orientación de las parcelas y bloques ó un número de repeticiones óptimo

4 2 Tamaño de parcela y número de repeticiones

Los valores del coeficiente de variación fluctuaron entre

TABLA 2 ESTADISTICOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE UNIFORMIDAD REALIZADO EN EL LOTE Q2-CIAT, PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO (Gr/parcela)

H	V	A	GL	PROMEDIO	S^2	S	CV	Vx
1	1	1	1295	183 808	1573 34	39 67	21 58	1573 34
2	2	4	323	735 30	8237 13	90 76	12 34	514 82
3	3	9	143	1654 45	22148 47	148 82	9 00	273 44
4	4	16	80	2941 27	48646 40	220 56	7 50	190 03
1	2	2	647	367 64	3471 98	58 92	16 03	867 99
3	2	6	215	1102 96	13689 75	117 00	10 61	380 27
4	3	12	107	2205 94	29829 98	172 71	7 83	207 15
2	3	6	215	1102 96	14175 18	119 06	10 79	393 75
2	1	2	647	367 64	3587 31	59 89	16 29	896 83
3	1	3	431	551 47	5910 05	76 88	13 94	656 67
4	1	4	323	735 30	7908 66	88 93	12 09	494 29
5	1	5	251	917 06	10973 51	104 75	11 42	438 94
6	1	6	215	1102 96	14005 28	118 34	10 73	389 04
7	1	7	179	1283 90	16329 65	127 79	9 95	333 26
8	1	8	143	1466 68	18245 82	135 08	9 21	285 09
9	1	9	143	1654 45	24386 23	156 16	9 44	301 06
4	2	8	161	1470 62	18201 44	134 91	9 17	284 40
5	2	10	125	1834 15	26179 58	161 80	8 82	261 80
6	2	12	107	2205 94	33808 75	183 87	8 34	234 78
5	3	15	83	2751 24	42992 58	207 35	7 54	191 08
1	3	3	431	551 47	5775 33	76 00	13 78	641 70
1	4	4	323	735 30	8522 55	92 32	12 56	532 66

Cont Tabla 2

1	5	5	251	919 14	11054 02	105 14	11 44	442 16
1	6	6	215	1102 96	14375 81	119 90	10 87	399 32
1	7	7	179	1286 81	18546 41	136 19	10 58	378 50
1	8	8	143	1470 52	19547 30	139 81	9 51	305 43
1	9	9	143	1654 45	23435 63	153 09	9 25	289 33
2	4	8	161	1470 62	21925 36	148 07	10 07	342 58
2	5	10	125	1838 31	27750 40	166 58	9 06	277 50
3	6	18	71	3308 92	58505 01	241 88	7 31	180 57

H = Número de filas Metros en el sentido perpendicular a los surcos

V = Número de columnas Metros en el sentido de los surcos

A = Tamaño de la parcela en m^2

GL = Grados de libertad (número de parcelas resultantes -1)

S^2 = Varianza entre las parcelas de X unidades en tamaño

Vx = Varianza de la producción por área unitaria (S^2/X^2)

CV = Coeficiente de Variación

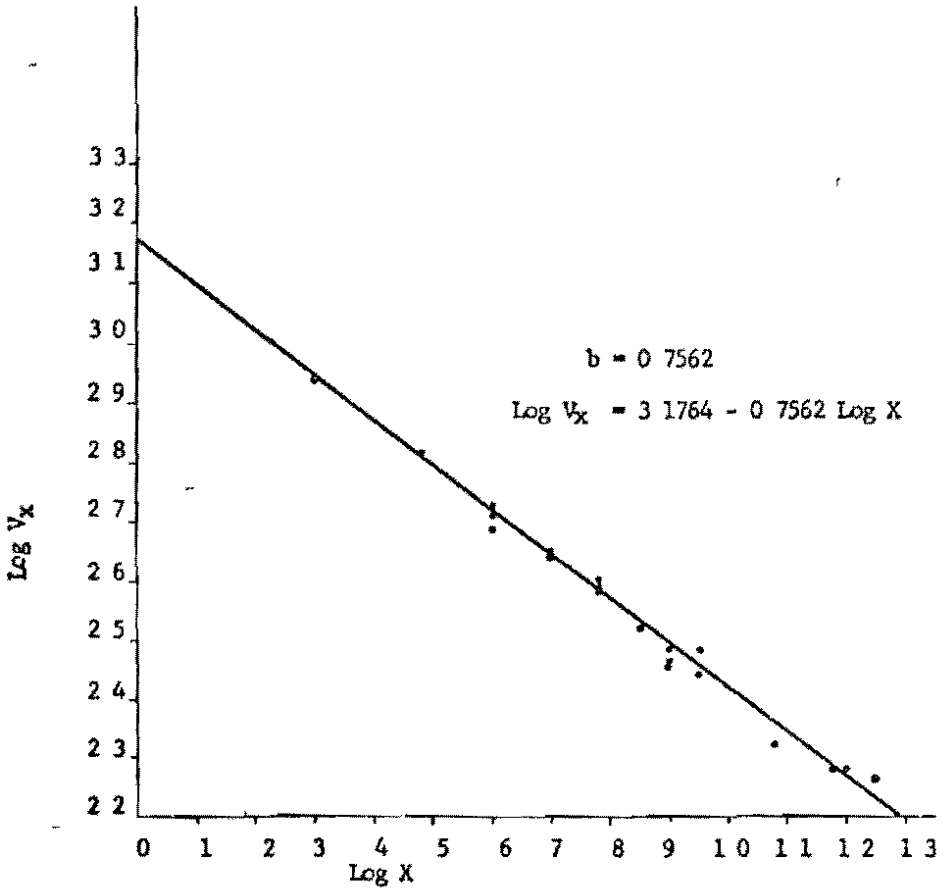


Fig 2 REGRESION LINEAL DEL LOGARITMO DE LA VARIANZA DEL RENDIMIENTO (V_x) EN FUNCION DEL LOGARITMO DEL TAMANO DE PARCELA (X)

21 58% y 7 31% para tamaños de $1x1m^2$ (parcela unitaria) y $3x6m^2$ respectivamente (Tabla 2)

La Figura 3 muestra la relación decreciente entre el coeficiente de variación y el tamaño de la parcela (m^2), para las distintas formas seleccionadas Tamaños de parcela mayores de $6m^2$ contribuyen a una reducción muy baja del coeficiente de variación

Para desarrollar la metodología de Hatheway, condensada en la siguiente expresión

$$X^b = \frac{2(t_1 + t_2)\ C_1^2}{rd^2}$$

Se tomo

r = Número de repeticiones variando desde 2 hasta 8

d = Diferencia a detectar expresada como porcentaje de la media para valores de 5, 10, 15, 20, 25%

b = Coeficiente de regresión ponderado = 0 768

t_1 = Valor de "t" en las tablas para cada (r-1)(t-1) grados de libertad del error, haciendo t = 5, 10, 15, 20 tratamientos y para α = 5%

t_2 = Valor de "t" en las tablas para cada (r-1)(t-1) grados de libertad del error para una probablidad de detectar diferencia (d) en 80% de los experimentos (4 de cada 5 experimentos)

C_1 = Coeficiente de variación de parcelas unitarias = 21 58%

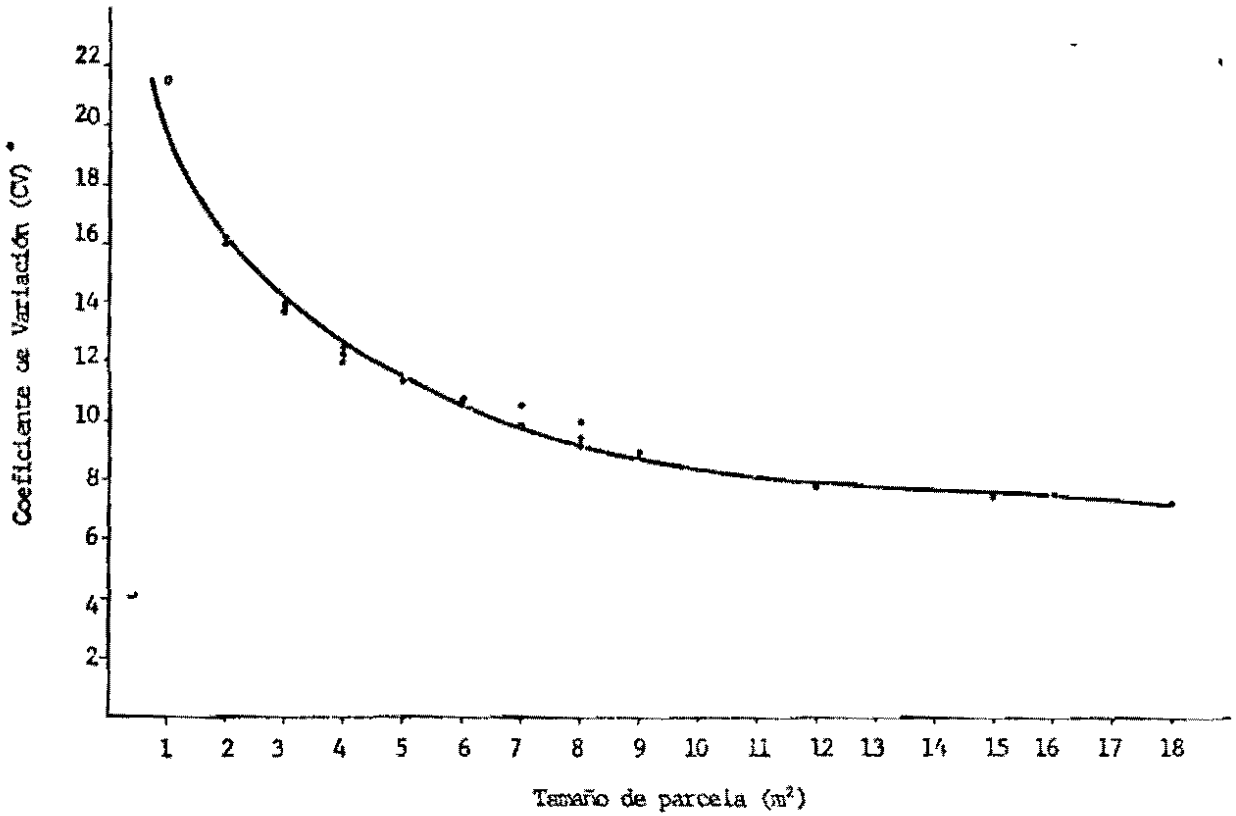


FIG 3 RELACION ENTRE EL COEFICIENTE DE VARIACION (CV) DEL RENDIMIENTO Y EL TAMAÑO DE LA PARCELA (X) EN M^2

Con los valores de $\underline{X}$ obtenidos se elaboró la Tabla 3 y la Figura 4 las que hacen posible

1 Determinar el tamaño de parcela para un número dado de repeticiones y un valor de diferencia a detectar

2 Determinar el número de repeticiones necesarias para un tamaño de parcela específico y un valor de diferencia a detectar

Por ejemplo cuando se utilizaron 4 repeticiones es posible detectar diferencias de 10, 15, 20, 25% del promedio, empleando parcelas de 17 8, 6 2, 2 9 y 1 6 m^2 respectivamente (manteniendo constante en 10 el número de tratamientos) Notese que un incremento en el número de tratamientos (por encima de 10) no disminuye la capacidad de detección del experimento, lo cual es explicable si se tiene en cuenta que los grados de libertad para la estimación del error experimental son cada vez mayores La importancia de esta metodología radica en el número de opciones que tiene el investigador para tomar una decisión sobre la técnica de parcela a emplear en su experimento

TABL 3 TAMAÑOS DE PARCELA CALCULADOS PARA DIFERENTE NUMERO DE TRATAMIENTOS, REPETICIONES Y DIFERENCIAS A DETECTAR

(expresadas como porcentaje de la media)

Número de Tratamientos	Número de Repeticiones						
	DIFERENCIA A DETECTAR DEL 5%						
	2	3	4	5	6	7	8
5	834 3	309 9	186 0	130 4	99 0	78 9	65 1
10	500 2	248 2	161 3	108 2	85 3	69 8	58 7
15	441 9	233 6	144 6	108 2	85 3	69 8	58 7
20	417 0	210 3	144 6	108 2	85 3	69 8	58 7
	DIFERENCIA A DETECTAR DEL 10%						
5	137 2	51 0	30 6	21 4	16 2	13 0	10 7
10	82 4	40 8	26 5	17 8	14 0	11 5	9 6
15	72 7	38 4	23 8	17 8	14 0	11 5	9 6
20	68 6	34 6	23 8	17 8	14 0	11 5	9 6
	DIFERENCIA A DETECTAR DEL 15%						
5	47 7	17 7	10 6	7 5	5 7	4 5	3 7
10	28 7	14 2	9 2	6 2	4 9	4 0	3 4
15	25 3	13 4	8 3	6 2	4 9	4 0	3 4
20	23 9	12 0	8 3	6 2	4 9	4 0	3 4
	DIFERENCIA A DETECTAR DEL 20%						
5	22 6	8 4	5 0	3 5	2 7	2 1	1 8
10	13 5	6 7	4 4	2 9	2 3	1 9	1 6
15	12 0	6 3	3 9	2 9	2 3	1 9	1 6
20	11 3	5 7	3 9	2 9	2 3	1 9	1 6
	DIFERENCIA A DETECTAR DEL 25%						
5	12 6	4 7	2 8	2 0	1 5	1 2	1 0
10	7 6	3 8	2 4	1 6	1 3	1 0	0 9
15	6 7	3 5	2 2	1 6	1 3	1 0	0 9
20	6 3	3 2	2 2	1 6	1 3	1 0	0 9

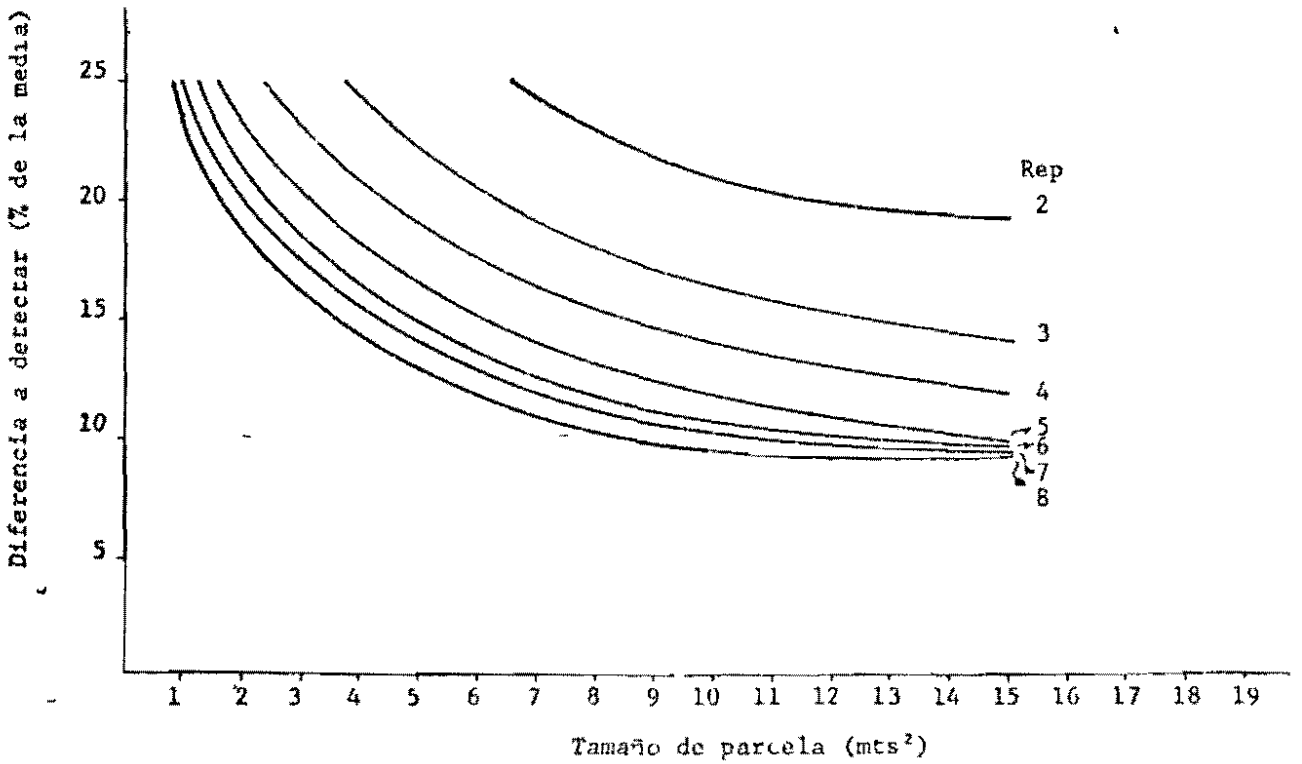


FIG 4 RELACION ENTRE TAMAÑO DE PARCELA, NUMERO DE REPETICIONES Y DIFERENCIA VERDADERA A DETECTAR EN UN EXPERIMENTO (METODO DE HATHEWAY)

4 3 Forma de Parcela

La forma de la parcela no muestra un efecto acentuado en el coeficiente de variación (Fig 3) Para mayor facilidad en la apreciación se graficó la superficie de respuesta del coeficiente de variación del rendimiento en función del largo y ancho de la parcela (Fig 5) s resaltante el hecho de que las parcelas cuadradas son tan eficientes como las parcelas rectangulares en el sentido de los surcos, o en el sentido perpendicular a los surcos

Dada la ausencia de un gradiente de fertilidad en el suelo son preferibles las parcelas cuadradas, sinembargo, otros factores de manejo del cultivo deben ser tomados en consideración para decidir sobre la forma más adecuada

4 4 Tamaño de parcela en función de los costos

Reemplazando el valor obtenido del coeficiente de regresión (b = 0 768) y asumiendo diferentes valores de las constantes K_1 y K_2 (obtenidos en ensayos de uniformidad anteriores) se elaboró la Tabla 4, a partir de la formula expuesta por Smith ($X = bK_1/(1-b)K_2$) Esta Tabla da a manera de información, algunos tamaños óptimos de parcela para diferentes valores de costos Teniendo en cuenta que la relación K_1/K_2 se comporta como una constante (C) en un determinado cultivo y la variabilidad de la fertilidad de un terreno se representa por el coeficiente de regresión, puede concluirse que el tamaño óptimo de la parcela esta dado por el producto de la variabilidad por sus costos (fijos y variables) (9)

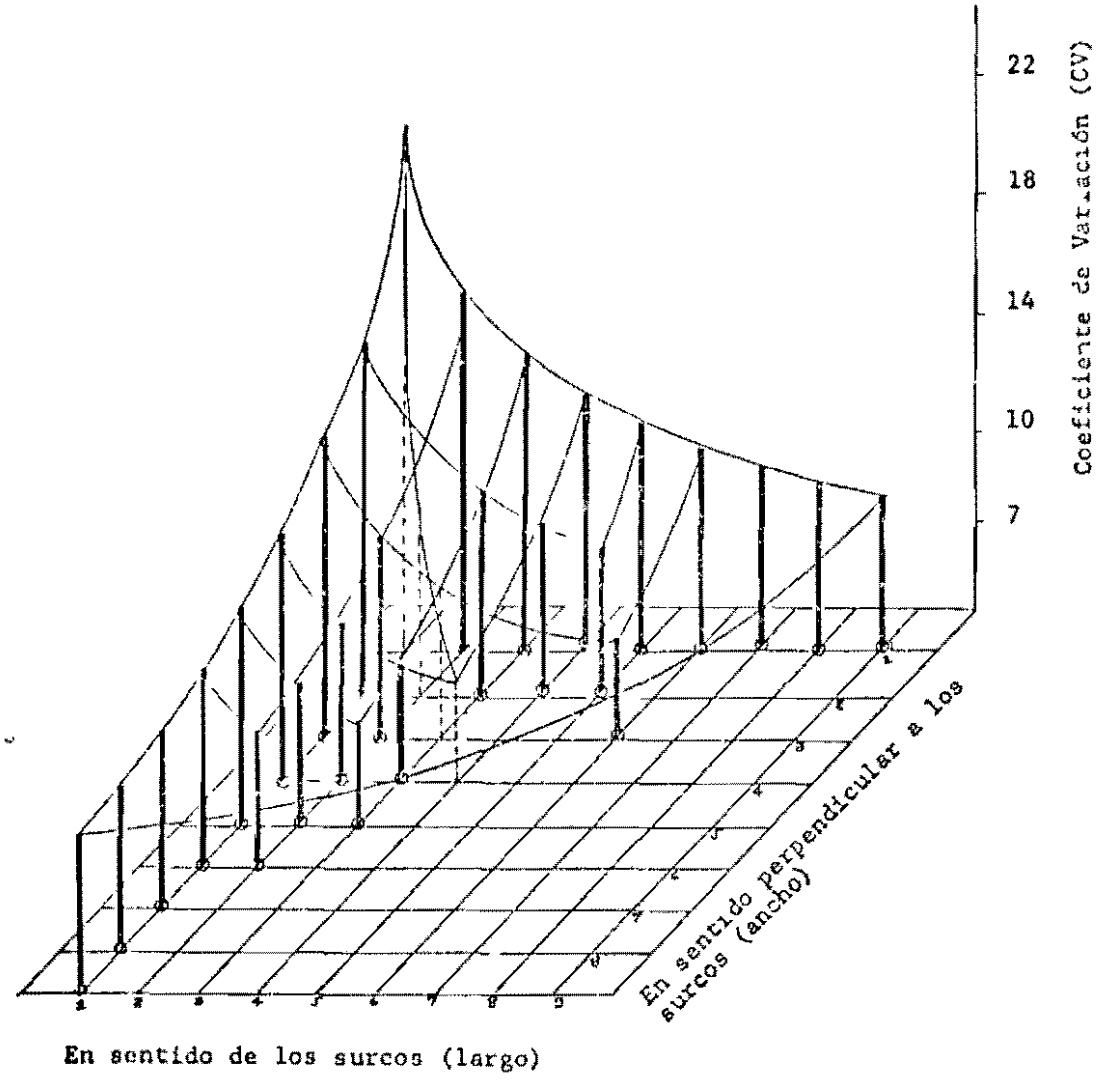


FIG 5 SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA LOS COEFICIENTES DE VARIACION DEL RENDIMIENTO EN FUNCION DEL LARGO Y ANCHO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

TABLA 4 TAMAÑOS OPTIMOS DE PARCELA PARA ALGUNOS VALORES SUPUESTOS DE K_1 Y K_2

K_1	K_2	Tamaño en m^2
75	25	9 9
72	28	8 5
70	30	7 7
65	35	6 1
60	40	5 0

V CONCLUSIONES

1 El lote experimental donde se réalizó el ensayo de Uniformidad no presenta tendencias definidas en su fertilidad, de allí su alto grado de heterogereidad

2 El coeficiente de regresión ponderado es una medida de mayor confiabilidad er la estimación de la variabilidad del suelo

3 La metodología de Hatheway por facilitar el cálculo del tamaño de parcela o del número de repeticiones en función de la diferencia a detectar entre promedios de tratamiento da mayores opciones aL investigador en cuanto a la técnica de parcela a emplear en el mortaje de experimentos posteriores

4 En suelos un alto grado de heterogeneidad o con heterogeneidad desconocida es preferible el uso de parcelas cuadradas, no obstante el investigador debe decidir sobre la forma que presente mayor comodidad en el manejo del cultivo

5 La gran variabilidad que existe entre las constantes de costo en cada zona, crea la necesidad de hacer ensayos de uniformidad considerando estos valores

BIBLIOGRAFIA

1 Calero, H E Estudio del tamaño y forma de la parcela experimental para ensayos de campo en fríjol (Phaseolus vulgaris L) Tesis M Sc IICA, Turrialba Julio 1965 36 p

2 Cruz, N G Determiración del tamaño y forma óptimo de parcela experimental en el cultivo del fríjol Tesis profesional, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo 1971 78 p

3 De La Loma, J L Experimentación Agrícola, 3a ed México, Uthea, 1966

4 Gomez, A Kuanchai Manual experimental en arroz Trad por Jaime E Muñoz (mecanografiado)

5 Hatneway, W H Convenient plot size Agron Jour 53 279-280 1961

6 James, W C and Shih, C S Size and shape of plots for estimating yield losses from cereal foliage diseases Otawa, Department of Agriculture In Exol Agric 9 63-71 1973

7 Kempthorne, O R The design and analysis of experiments New York, John Wiley, 1952

8 Le Clerg, E L , W H Leonard and A G Clark Field plot Technique Burgess Publishing Co , Minneapolis 1962 Chapter 9

9 Mamani, A L Determinación del tamano, forma y repetición de la parcela para ensayos de rendimiento en fríjol

(Phaseolus vulgaris L) Tesis M Sc , IICA, Abril 1971 73 p

10 Muñoz, J E , Salazar, L C y Lopez, Y Determinación del tamaño, forma y número de repeticiones más adecuados en ensayos de rendimiento en fríjol (Phaseolus vulgaris L) y comparación de dos métodos para estimar su rendimiento comercial CIAT, 1975 14 p

BARRERAS A LOS INCREMENTOS DE PRODUCTIVIDAD DE FRIJOL A NIVEL DE FINCA EN COLOMBIA

Norha Ruiz de Londoño
Marzo 1977

Una vez establecido sobre condiciones experimentales qué altos rendimientos pueden ser obtenidos, una forma para identificar prioridades en investigación y extensión, es evaluar sistemáticamente aquellos factores que están influenciado los rendimientos a nivel de finca. En Colombia en 1974 y 1975, los rendimientos de fríjol a nivel de finca fluctuaron entre 250 a 1980 kg/ha[1]. Por otra parte, los sistemas de producción de fríjol en Colombia son muy diferentes. En este artículo, estas diferencias en rendimientos a nivel de finca son evaluados para dos de los principales sistemas de producción de fríjol en Colombia.

Producción de Fríjol en Colombia

El estudio de fríjol seleccionó cuatro regiones (ver Figura 1), las cuales participan con el 63 por ciento del área dedicada a este cultivo en Colombia[2] Dichas regiones son en orden

---

1/ Norha R. de Londoño, et al. Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Fríjol (Phaseolus vulgaris) en Colombia. CIAT, Cali, Colombia, estudio en proceso

2/ Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), Boletín Mensual de Estadística, Bogotá, Colombia, Enero-Febrero, 1974, p.

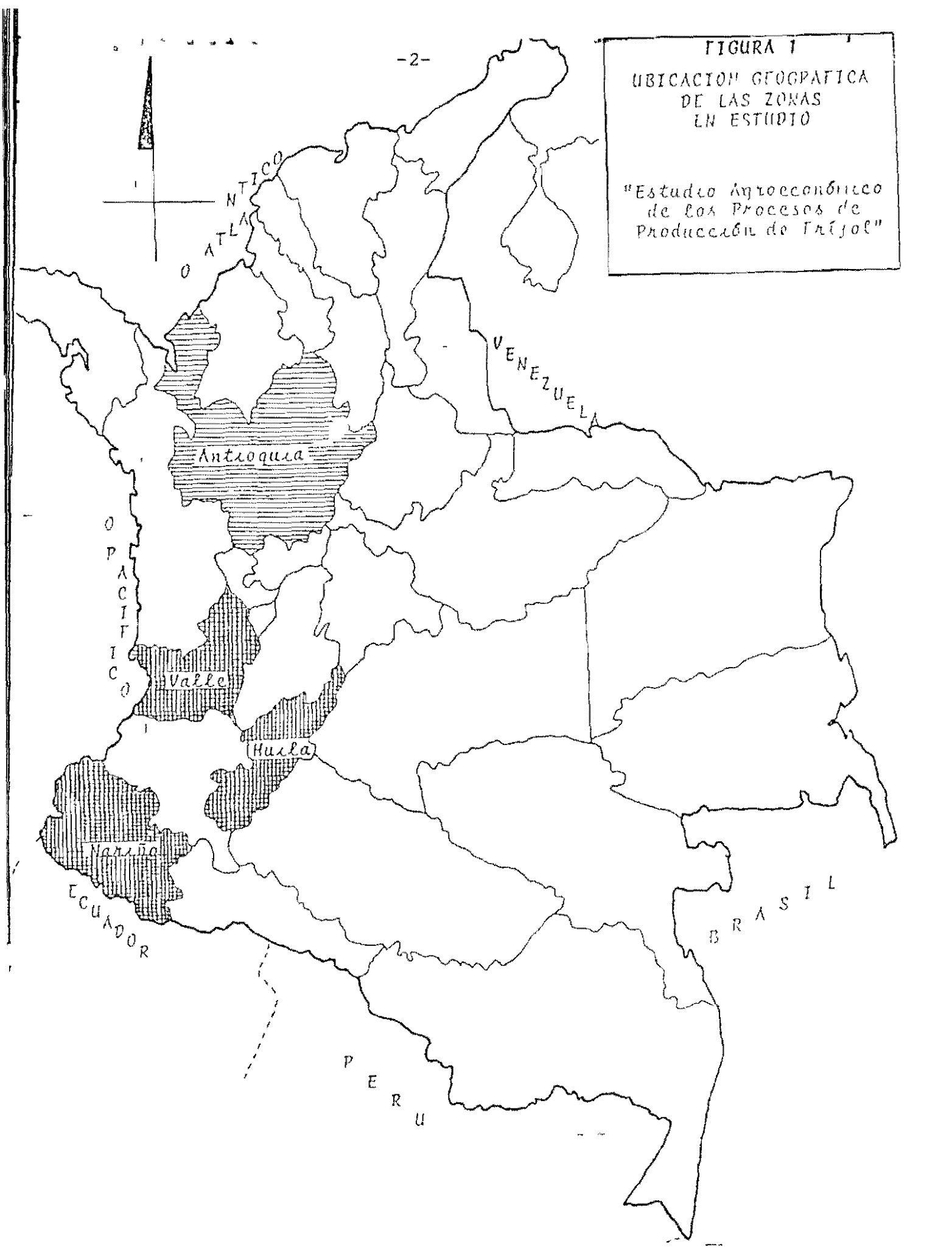


FIGURA 1

UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ZONAS EN ESTUDIO

"Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Fríjol"

de importancia en cuanto a producción Huila, Antioquia, Valle del Cauca y Nariño. Antioquia y Nariño localizadas sobre las cordilleras central y occidental, presentan una topografía que va de ondulada a muy quebrada, en contraste con la topografía plana del Valle que forma el Río Cauca entre las dos cordilleras mencionadas Huila por su parte presenta una región plana, tradicionalmente dedicada a la explotación ganadera y al cultivo de arroz, y una gran zona montañosa donde se localiza el grueso de las explotaciones de fríjol de esta región El Valle del Cauca se caracteriza por ser una de las regiones agrícolas más tecnificadas del país, con grandes áreas dedicadas a cultivos de consumo industrial y de exportación. Hasta 1968 en la región se cultivaba fríjol rojo (Calima) en fincas relativamente pequeñas y con pocos insumos[3] Por esta época se introducen los caraotas con destino al mercado externo, cuyo precio predeterminado y garantía de compra, inducen a varios agricultores de la región (no anteriormente frijoleros) a cultivar este grano. Los caraotas desplazan grandes áreas antes dedicadas a sorgo, maíz, algodón y soya Así de 900 hectáreas en 1969, se llega a 16.000 en 1974. Posteriormente problemas de incumplimiento de contratos y control de exportaciones ilegales, acaban prácticamente con el cultivo de caraotas en el Valle del Cauca En el

---

3/ Hugo Torres y Aldo Patruno Producción y Distribución de Granos en el Valle del Cauca Informe Técnico No 11, Proyecto Integrado de Mercadeo Urbano y Rural del Valle (PIMUR), Cali, Colombia, 1969. p 42

Norha R de Londoño La Distribución y Uso de Insumos para la Industria Agropecuaria en la Zona de Influencia de Cali Informe Técnico No. 3, PIMUR, Cali, Colombia, 1969. p.72 y 97

primer semestre de 1975 sólamente 150 hectáreas de fríjol caraota fueron plantadas[4] Las características de los diferentes sistemas de producción de fríjol se resumen en la Tabla 1 En el Valle se produce fríjol negro por grandes agricultores en el sistema de monocultivo En las otras tres regiones, pequeños agricultores producen predominantemente fríjol rojo y generalmente en cultivos múltiples Estos son los dos diferentes sistemas que serán analizados, combinando las observaciones de Huila y de Nariño, y comparando estos sistemas tradicionales con el monocultivo de grandes agricultores del Valle[5]

Factores que Afectan Rendimiento: Valle y Huila-Nariño

Las Tablas 2 a 5 indican las diferencias en el uso de insumos, área, mercadeo y distribución de costos entre los dos sistemas Se observan diferencias muy marcadas entre el uso de los químicos agrícolas, semilla mejorada y mecanización de cultivos Los productores en el Valle muestran mayor especialización en la producción de fríjol, producen casi exclusívamente para el mercado externo y tienen costos de producción significativamente más altos, pero las diferencias en rendimientos en términos de fríjol equivalente[6], son muy pequeñas entre los dos sistemas

---

4/ Norha R de Londoño, et al Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Fríjol (Phaseolus vulgaris) en Colombia (estudio en proceso), p 58

5/ Antioquia constituye otro sistema con fríjoles rojos de enredadera y alto uso de insumos No será considerado aquí

6/ El fríjol equivalente está definido en el pié de página de la Tabla 1 En el Valle, Huila y Nariño, estos resultados fueron para un período de seis meses mientras que en Antioquia, la asociación de papa/maíz/fríjol toma 14 meses

Tabla 1. Características de los productores de fríjol en las cuatro regiones colombianas estudiadas, 1974-75.

Características de las fincas	Regiones			
	Valle	Huila	Nariño	Antioquia
Area total[a] (has)	91.7	29.5	9.2	4.4
Area en cultivo (has)	40.5	6.8	3.1	1.7
Area en fríjol (has)	22.6	4.1	1.8	1.5
Sistemas de producción de fríjol[b]	Monocultivo	30% Monocultivo (principalmente áreas planas) 70% fríjol-maíz (principalmente áreas quebradas)	fríjol-maíz	54% fríjol-maíz 46% fríjol-maíz-papa; fríjol-maíz-arracacha; fríjol-otros
Clase de fríjol	Negro-arbustivo	Rojo-arbustivo	Rojo-arbustivo	Rojo-enredadera
Rendimientos de fríjol en monocultivo (kg/ha)	906	805	-	-
Rendimientos de fríjol equivalente (kg/ha)[c]	d	834	732	723[e] 2754[f]

a/ Area total disponible del agricultor.
b/ Cuando hay más de un sistema para fríjoles, los porcentajes se refieren al número de agricultores en cada categoría.
c/ Fríjol equivalente se calcula utilizando la relación precio de otros bienes relativo a precio fríjol como sigue

$$Y_B + \frac{P_C}{P_B} Y_C = Y_{B.E}$$

donde Y_B, Y_C, y $Y_{B.E}$ son los rendimientos de fríjol, maíz y fríjol equivalente, respectivamente.
P_C y P_B son los precios de maíz y fríjol.

d/ El período vegetativo del fríjol en el Valle del Cauca es de 3.1/2 meses y un nuevo cultivo puede iniciarse seguidamente.

e/ Se refiere a la combinación fríjol-maíz.
f/ Se refiere a la combinación fríjol-maíz-papa, fríjol-maíz-arracacha y fríjol-otros.

FUENTE CIAT, Informe Anual 1976, Cali, Colombia, (en proceso).

Tabla 2. Características tecnológicas de dos sistemas de producción de fríjol, Valle y Huila-Nariño, 1974-75

	Fríjol Solo (Valle)	Fríjol Acompañado (Huila-Nariño)
Usan (% de agricultores)		
Insecticida	87	8
Fungicida	100	3
Semilla mejorada	52	2
Abono	84	8
Herbicida	32	0
Aplican riego (al fríjol)	25	0
Preparan con maquinaria	100	22
Reciben		
Crédito	87	47
Asistencia Técnica	70	12
Mano de obra utilizada (# jornales/ha/cosecha)	44.2	110
Tipo de mano de obra utilizada		
Propia (% total mano de obra)	1	45
Alquilada (% total mano de obra)	99	55
Rendimientos promedios		
Fríjol (kg/ha)	906	599
Maíz (kg/ha)	-	711
Fríjol equivalente (kg/ha)[1]	906	806

1/ Estimado en precios de fríjol a $13.70/kg. y precio de maíz a $4 0/kg

FUENTE Norha R de Londoño, et al Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Fríjol (Phaseoulus vulgaris) en Colombia, CIAT, Cali, Colombia, (estudio en proceso).

Tabla 3 Características de las fincas Valle y Huila-Nariño, 1974-75

	Fríjol Solo (Valle)	Fríjol-Maíz (Huila-Nariño)
Area		
Area de la finca (has)	48 9	7 1
Area disponible (has)[1]	91.7	8 6
Area en fríjol (has)	22.6	1.6
Promedio área fríjol/área finca	72 0	52.0
Area en cultivos (has)	42.0	3 0
Topografía de la finca (% de fincas)		
Plana	100.0	15 0
Ondulada	0	15 0
Quebrada	0	70 0

1/ Area disponible = área total de las fincas que posee o explota el agricultor.

FUENTE Norha R de Londoño, et al. Op.Cit.

Tabla 4 Destino de la Producción, Valle y Huila-Nariño, 1974-75

	Fríjol Solo (Valle)	Fríjol Maíz (Huila-Nariño)
Destino de la Producción de Fríjol (% producción de fríjol)		
% a mercado	99 7	92 5
% a semilla	0.2	6 3
% a consumo	0.1	1.2
Destino final del fríjol		
Comercializado (% de la producción total)		
A comercio exterior	99 0	1 7
A comercio interno	1.0	98 3

FUENTE Norha R de Londoño, et al Op. Cit

Tabla 5. Costos de producción, Valle y Huila-Nariño, 1974-75

	Fríjol Solo (Valle)	Fríjol-Maíz (Huila-Nariño)
Costo Total Variable		
Promedio ($/Ha)	8407	6931
Distribución promedia del Costo Total variable		
Mano de obra	25	71
Maquinaria	27	4
Pesticidas	22	1
Semilla	20	18
Otros costos	6	6
Total	100	100

FUENTE Norha R de Londoño, et al. Op Cit

Tabla 6 Enfermedades más importantes en el cultivo de fríjol, Valle, Huila y Nariño, 1974-75

Enfermedades	Fríjol Solo		Fríjol Acompañado			
	Valle		Nariño		Huila	
	1a V	2a.V	1a.V	2a.V	1a V	2a.V
	-------- porcentaje de fincas --------					
Roya	94	94	26	16	68	70
Mancha gris	0	3	63	53	45	55
Mancha harinosa	0	0	10	47	12	74
Mildeo polvoso	0	0	0	0	8	26
Antracnosis	0	0	37	42	50	54
Pudrición radicular	39	13	37	5	8	0
Mancha angular	74	100	32	79	27	76
Añublo bacterial	55	84	53	79	38	76
Virus	10	19	21	11	26	3
Mancha de la hoja (alternaria)	0	0	16	5	19	8

FUENTE Norha R. de Londoño, et al. Op.Cit.

Cuáles son los problemas que reducen el rendimiento de fríjol en estas regiones? Las Tablas 6 y 7 indican las enfermedades e insectos identificados por los ingenieros agrónomos quienes visitaron las fincas[7] Las enfermedades son más importantes en Huila y Nariño, especialmente antracnosis, mancha grís, mancha harinosa y mildeo polvoso Antracnosis es especialmente grave y puede ser transmitida por la semilla Nótese que el uso de semill- certificada (presumíblemente semilla limpia) fué mucho más alta en Valle que en Huila y Nariño (Tabla 2) Sin embargo, los niveles de incidencia de roya, mancha angular y añublo bacterial son más altos en Valle

A pesar del uso mucho más alto de insecticidas en el Valle, no se observó ningún mejoramiento significativo en el control grítico de Empoasca, aunque hubo mejoramiento en el control de trips El resto de los insectos no son tan importantes como los dos mencionados

Cuál es la importancia relativa de la diferencia en el uso de insumos, sistema de producción, incidencia de insectos y enfermedades en la determinación de los rendimientos en las dos áreas? (Ver Apéndice A, para una explicación de la metodología empleada para hacer estos estimativos) Las figuras 2 y 3 muestran los rendimientos promedios en cada área y el efecto de

---

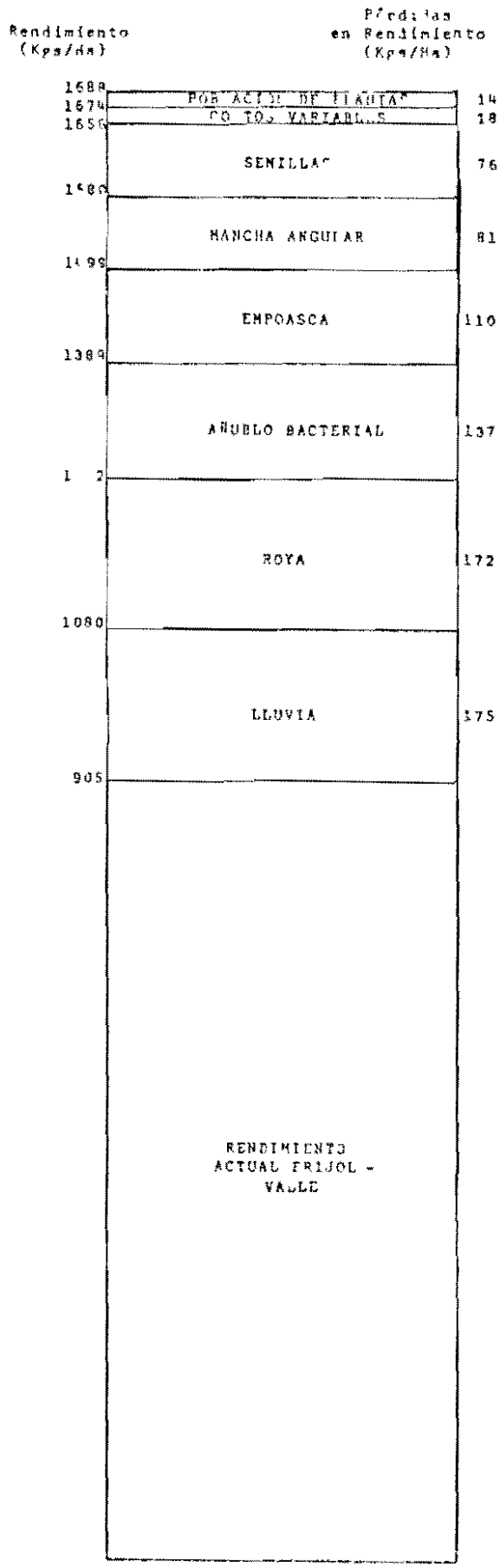
7 Un grupo de ingenieros agrónomos previamente entrenados en las distintas disciplinas del programa de fríjol realizan 3 a 4 visitas a las fincas durante varias etapas del período vegetativo del fríjol Por observación directa del cultivo obtuvieron información acerca de problemas fitosanitarios, densidad de siembra y estado del cultivo Se tomaron muestras de suelos y por medio de conversaciones con los agricultores se obtuvieron detalles sobre el uso de insumos, problemas climatológicos, asistencia técnica, etc

Tabla 7 Insectos más importantes identificados en el cultivo de fríjol, Valle, Huila y Nariño, 1974-75

Enfermedades	Fríjol Solo		Fríjol Acompañado			
	Valle		Nariño		Huila	
	1a V	2a V	1a.V	2a V	1a V	2a V
	-------- porcentaje de fincas --------					
Chupadores de follaje						
Trips	39	36	68	63	81	77
Empoasca sp (adultos)	61	97	68	79	93	89
Empoasca sp (ninfas)	36	87	63	95	88	100
Afidos	32	6	37	53	51	82
Mosca blanca	62	26	47	26	47	42
Minadores de la Hoja						
Agromyza sp., Liriomyza sp	26	42	58	32	62	51
Hamichalepus sp.	0	43	47	5	65	35
Comedores de follaje						
Estigmene sp.	13	13	0	0	1	4
Trichoplusia sp	0	55	5	0	16	34
Hedylepta sp.	6	16	0	0	7	24
Crisomélidos	36	52	53	16	11	5
Atacan las vainas						
Heliothis sp	0	16	0	16	0	3
Trichoplusia sp.	0	32	0	16	0	32
Maruca sp., Epinotia sp.	0	48	0	5	0	49
Dípteros	0	0	0	26	0	7
Atacan plántulas						
Tierreros	13	0	0	0	14	3
Grillos	13	0	0	0	7	0
Acaros						
Tetranychus sp.	0	0	0	0	23	45

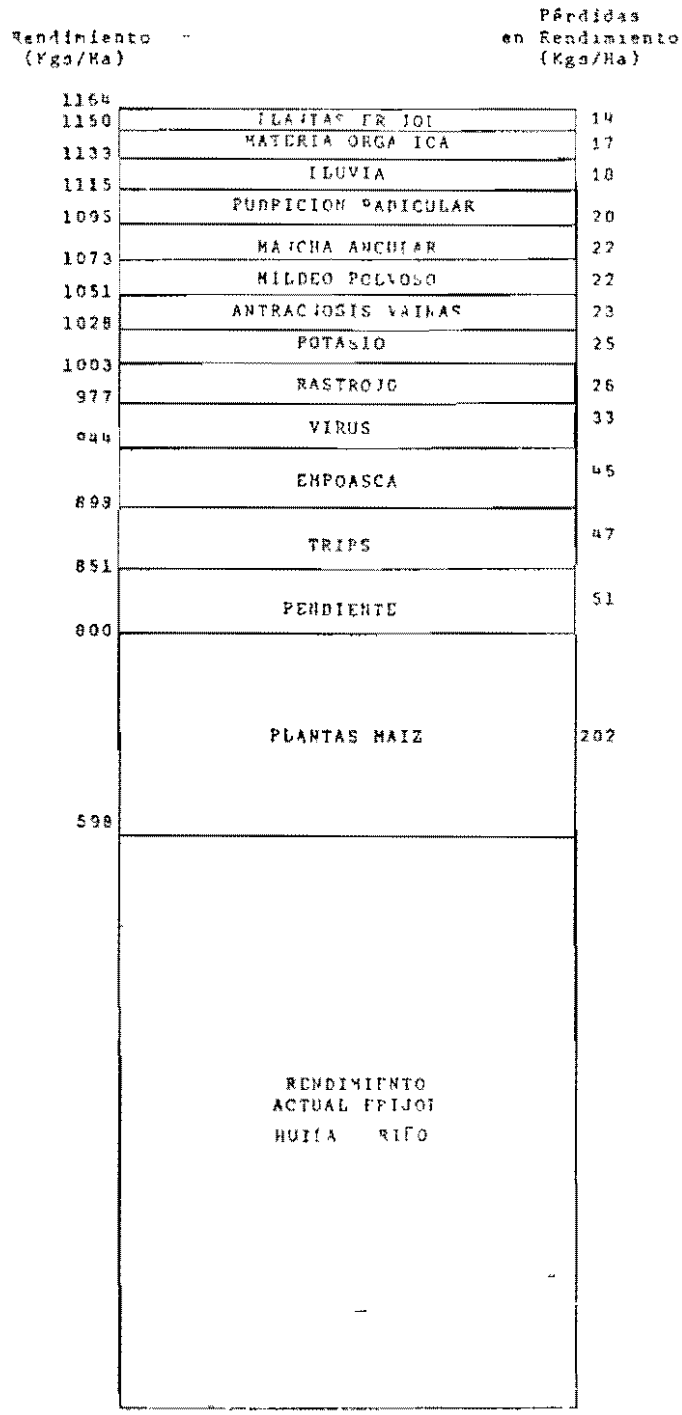
FUENTE Norha R. de Londoño, et.al Op.Cit.

FIG 2 - PERDIDAS ESTIMADAS EN RENDIMIENTOS DE FRIJOL EN EL VALLE DEL CAUCA 1971



Fuente: Pérdidas en el rendimiento agrícola: procedimiento para estimar su valor en producción de una cosecha. PAI 2 (3) 1 p 353 3

FIG 3 PERDIDAS ESTIMADAS EN RENDIMIENTOS DE FRIJOL EN EL SISTEMA FRIJOL MAIZ 1975



Fuente Calculado en Cuadro 9

remover cada uno de los factores que limitan la productividad Los rendimientos básicos (promedios) en el Valle fueron de 905 y en las regiones de Huila y Nariño de 598 kg/ha El factor más importante incidiendo en la reducción de los rendimientos en el Valle fué la lluvia excesiva en la etapa floración-fructificación Le sigue en importancia las enfermedades que junto con el ataque de Empoasca, reducen los rendimientos en 500 kg/ha Si los agricultores del Valle hubieran dispuesto de variedades resistentes a algunas de las enfermedades el efecto sobre los rendimientos hubiera sido substancial[8]

En las regiones de Huila y Nariño los factores más importantes influyendo en los rendimientos de fríjol, fueron la presencia de maíz y la topografía del lote Al cambiar el cultivo múltiple por el monocultivo podrían incrementarse los rendimientos de fríjol en 202 kg/ha Debido a problemas sanitarios (dos insectos chupadores y cinco enfermedades) las pérdidas estimadas en rendimientos son del orden de 213 kg/ha Esta reducción no es muy grande debido al bajo nivel de incidencia lo cual será discutido posteriormente Problemas de fertilidad del suelo, los cuales no fueron encontrados en Valle bien por sus mejores suelos o por un alto uso de fertilizantes,sí fueron encontrados en las regiones de Huila y Nariño

La Tabla 8 indica los efectos debidos a cada factor si el área de fríjol de cada finca estuviera totalmente afectada Por ejemplo, se encontró que el 56 por ciento del área en fríjol de

---

8/ La totalidad de los agricultores de Valle usaron fungicidas y 87 por ciento usaron insecticidas

Tabla 8. Pérdidas en rendimiento y en producción de fríjol debidas a factores seleccionados. Fríjol Solo (Valle), 1974 (segundo semestre).

Variable	Pérdidas en lote totalmente afectado (kg/ha)	Porcentaje del área afectada (%)	Pérdidas promedias en rendimientos		Pérdidas en producción (ton.)	Valor pérdidas US$[b] (1000)
			Kg/ha	%[a]		
Lluvia	416	42	175	16.2	2168	1192
Roya	307	56	172	16.0	2130	1171
Añublo bacterial	total	12	137	13.1	1697	933
Empoasca kraemeri	315	35	110	10.8	1362	749
Mancha angular	538	15	81	8.2	1003	552
Semilla certificada	186	41	76	7.7	941	517
Costos variables	18	100	18	1.9	223	123
Población de plantas	14	100	14	1.1	173	95

a/ El porcentaje se determinó en base a rendimientos promedios estimados más la pérdida debida a cada factor en particular (Ver Apéndice A)

b/ A US$550 la tonelada.

FUENTE Per Pinstrup-Andersen, Norha R. de Londoño and Mario Infante. "A Suggested Procedure for Estimating Yield and Production Losses in Crops" PANS 22(3), p 359-365

Tabla 3. Pérdidas en rendimientos y en producción de fríjol debidas a factores seleccionados. Fríjol-Maíz (Huila y Nariño), 1975 (segundo semestre).

Variable	Pérdidas en lote totalmente afectado (kg/ha)	Porcentaje del área afectada (%)	Pérdidas promedias en rendimientos		Pérdidas en producción (ton.)	Valor pérdidas US$[b] (1000)
			kg/ha	%[a]		
Presencia de maíz	202	100.0	202.2	25.2	4650	2132
Topografía	83	62.0	51.1	7.9	1176	593
Trips	187	25.0	46.8	7.2	1078	494
Empoasca	c	100.0	45.8	7.1	1054	483
Virus	539[d]	32.0	33.2	5.2	763	349
Potasio	92	28.0	25.4	4.1	584	268
Lote no cultivado anteriormente	62	39.0	24.9	4.0	572	262
Antracnosis	484	4.7	22.7	3.6	521	239
Mildeo	total	3.4	21.7	3.5	500	229
Pudrición radicular	total	2.1	20.1	3.2	463	212
Mancha angular	total	0.5	19.7	3.2	454	208
Lluvia inadecuada	58	31.5	18.3	3.0	421	193
Materia orgánica	63	27.0	17.0	2.7	387	177
Población plantas de fríjol	14	100.0	14.2	2.3	327	150

a/ El porcentaje se calcula en base al rendimiento promedio estimado más la pérdida debida a cada factor. (Ver Apéndice A)
b/ Se estima a un precio de US$458/ton. ($30 pesos colombianos por cada US$).
c/ No se puede definir qué es un lote totalmente afectado de Empoasca.
d/ No fué posible en la función estimar pérdidas en lote totalmente afectado de virus. La variable usada únicamente considera si hubo o no incidencia de la enfermedad. El dato que aparece es tomado de resultados experimentales de inoculaciones artificiales. Ver CIAT, Informe Anual 1975, Cali, Colombia p C-42

FUENTE CIAT, Informe Anual 1976, Cali, Colombia (en proceso)

la región estaba afectada por roya, y se estima que en esta área afectada las pérdidas en rendimientos son del orden de 307 kg/ha[9] Añublo bacterial y mancha angular se encontraron afectando solamente el 12 y 15 por ciento del área respectivamente, sin embargo, una infección generalizada de cada uno de estos dos factores hubiera sido desvastadora. Por otra parte, las fincas atacadas por Empoasca representan un 35 por ciento del área en fríjol. En las fincas donde no se obtuvo control de Empoasca tuvieron una reducción en rendimientos de 315 kg/ha. En cerca del 60 por ciento del área se utilizó semilla certificada y en aquellas fincas donde no se utilizó, sufrieron una reducción en el rendimiento de 186 kg/ha El incremento en el uso de insumos y en la población de plantas muestran un pequeño efecto sobre los rendimientos en Valle comparado con los efectos de Empoasca y las enfermedades.

La Tabla 8 muestra también los estimativos del valor total de las pérdidas debidas a cada factor. Asumiendo que la muestra es representativa de la región, se multiplican las pérdidas promedios en rendimiento de la muestra por el número total de hectáreas en fríjol en la región (12.338 has en el Valle en el segundo semestre de 1974) obteniéndose así las pérdidas en producción. Estas multiplicadas por el precio del fríjol (US$550/ton) dan el valor total de las pérdidas

La difusión de una variedad resistente a roya podría haber incrementado el valor de la producción en el Valle en el segundo

---

9/ Mayor información se encuentra en el Apéndice de Metodología

semestre de 1974 en cerca de 1 2 millones de dólares[10] Si la tolerancia a Empoasca hubiera reducido a la mitad los efectos de este insecto sobre los rendimientos, entonces el valor de la producción de fríjol se hubiera incrementado en unos 375 000 dólares Si se difundiera semilla certificada en toda la región, ello implicaría un aumento en el valor de la producción de US$517 000

En las regiones de Huila y Nariño la reducción más seria en el valor de la cosecha se debe al cultivo múltiple Este valor es de 2 1 millones de dólares El precio del maíz es comparatívamente bajo, sin embargo, la comparación de rendimiento entre las dos regiones en términos de fríjol equivalente no fué muy diferente En ambas regiones las enfermedades y los insectos tuvieron un gran efecto sobre los rendimientos tal que una comparación del potencial de los dos sistemas se dificulta[11]

Aquellas fincas fríjoleras situadas en terrenos pendientes sufrieron una reducción en rendimiento de sólo 83 kg/ha Trips y Empoasca tienen un efecto más fuerte Si la combinación de fumigaciones y variedades tolerantes a Empoasca hubiera permitido reducir las pérdidas en rendimiento de Trips y Empoasca en un 50 por ciento entonces el valor de la producción en el segundo semestre de 1975 en las regiones de Huila y Nariño, se hubiera incrementado en US$483 000

---

10 Las variedades caractas (negras) mejoradas, ICA-Pui e ICA-Pijao, son muy susceptibles a roya

11 El autor está agradecido con el Dr Douglas Laing por ésta observación

La incidencia de virus en el 32 por ciento de la región de Huila-Nariño fué alta. Basados en rendimientos experimentales y datos de campo, altos niveles de infestación de virus conllevan a reducciones de rendimiento de 539 kg/ha La semilla resistente a virus hubiera podido incrementar el valor de la producción de fríjol en el segundo semestre de 1975 en 349.000 dólares en las regiones de Huila y Nariño Las otras cuatro enfermedades encontradas muestran un nivel de incidencia bajo en proporción al total del área Sin embargo, en condiciones de alta incidencia todas las cuatro enfermedades pueden ser desastrosas Aún cuando el nivel de incidencia fué bajo, el valor de las pérdidas de estas cuatro enfermedades asciendió a 888 000 dólares Resistencia a antracnosis en fincas con alta incidencia puede incrementar rendimientos en 484 kg/ha, y el efecto de esta enfermedad con un nivel de incidencia bajo, en la región de Huila-Nariño fué calculado en 239 000 dólares

Conclusiones

Aún considerando únicamente un solo semestre en las tres diferentes regiones, los beneficios de resistencia o tolerancia a cualquiera de las enfermedades o a Empoasca hubieran sido substanciales. En un corto plazo algunos de estos beneficios pueden ser captados de otra forma. Los problemas de los virus, añublo bacterial, y antracnosis pueden ser substancialmente reducidos con semilla limpia Un control parcial de roya, antracnosis, mancha angular y Empoasca puede obtenerse con fumigación, sin embargo, aplicaciones frecuentes pueden ser requeridas si se

presentan lluvias fuertes o ataques graves[12]

No hubo diferencias significativas en los rendimientos de fríjol equivalente en las dos regiones Aún con variedades mejoradas y un alto uso de insumos en el Valle, la falta de resistencia a enfermedades y Empoasca fué crítica Si el fríjol negro en el Valle del Cauca hubiera tenido resistencia a roya, añublo bacterial y Empoasca entonces los rendimientos hubieran sido de 1324 kg/ha , substancialmente más alto que los rendimientos de fríjol equivalente de Huila y de Nariño

En Huila-Nariño el cambio a monocultivo hubiera incrementado los rendimientos en un 34 por ciento Lotes de fríjol en suelos pendientes mostraron sólamente una pequeña reducción en los rendimientos Hubo muchas enfermedades en las dos regiones (Huila-Nariño) pero los niveles de incidencia fueron bajos excepto para virus, el cual afectó una tercera parte del área Cualquiera de estas enfermedades puede tener un efecto desvastador en los rendimientos cuando la incidencia es alta

Hay dos limitaciones metodológicas para el análisis Primero, las observaciones de campo sólamente captan un semestre de la producción En el futuro el clima será diferente y la incidencia de insectos y enfermedades será mayor o menor Para un mejor entendimiento de los riesgos asociados a la producción de fríjol, se requiere un conocimiento de la probabilidad asociada con diferentes niveles de incidencia o infestación de cada enfermedad e insecto Esto requeriría obser-

---

12/ El autor está agradecido con los dos patólogos del equipo de fríjol del CIAT por esta información

viciones durante varios semestres de la producción.

Segundo, los efectos de nuevas variedades con semilla limpia o variedades resistentes, son probablemente multiplicativos, no aditivos. Por ejemplo, una planta más tolerante a Empoasca estará en condiciones fisiológicas mejores en caso de presentarse ataques de otros insectos y/o enfermedades Mientras que una planta susceptible a una o más enfermedades estará más "débil" en caso de verse afectada por otras enfermedades o insectos. Los valores de tolerancia y resistencia para los varios insectos y enfermedades podrían estar siendo subestimados por causa de ésto.

APENDICE A

METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE RENTABILIDAD EN RENDIMIENTOS Y EN PRODUCCION

En base al análisis de la función de producción se estimó el impacto en los rendimientos de los factores que se esperaba estuvieran incidiendo en éllos, tales como sistema de siembras, calidad de semilla, características físicas y químicas del suelo, plagas, enfermedades, malezas, topografía del lote y uso de fertilizantes, pesticidas, y habilidad empresarial del propietario La función utilizada es de la siguiente forma

$$Y = f(X_1 \quad X_2 \quad \ldots \quad X_N)$$

donde Y = Rendimiento de fríjol

$X_1 \ldots X_N$ Factores que influyen en los rendimientos

Diferentes medidas de la intensidad y/o incidencia de cada factor fueron provistos por la información de campo Se ajustaron dos funciones lineales, una para fríjol solo y otra para fríjol-maíz Las observaciones para fríjol-maíz hacen referencia a dos regiones Huila y Nariño Aparte de las variables especificadas, las características de las dos regiones no son significativamente diferentes Algunas variables como densidad de siembra y gastos en insumos se llevaron a términos cuadráticos para definir el óptimo en el uso de estos recursos

Se probaron varios modelos entre los cuales se seleccionan los dos mejores en base a criterios estadísticos y de [illegible] las variables explicatorias Los coeficientes de regresión [illegible] se presentan en las tablas A1 y A2 Las variables seleccionadas se describen posteriormente

Una vez obtenidos los coeficientes de regresión, que cuantifican el impacto en el rendimiento debido a cada unidad de factor se estimaron las pérdidas en rendimiento y en producción, tal como se detalla a continuación

1 Pérdidas en rendimiento para un área totalmente afectada

Este estimativo permite conocer el impacto potencial de cada variable dadas las condiciones máximas de incidencia ó de intensidad que se pueden presentar Así por ejemplo para el caso de roya en Valle se tiene que el coeficiente de regresión es de -3 07 Esta variable fué medida como porcentaje del lote afectado[1] (Ver descripción de las variables) Entonces por cada uno por ciento de lote afectado los rendimientos se reducen en 3 07 kg/ha Si la totalidad del lote estuviera afectado (con la intensidad descrita), las pérdidas serían del orden de 307 kg/ha

2 Pérdidas promedios en rendimiento para la muestra

Una vez conocidas las pérdidas en lote totalmente afectado, se multiplica por el porcentaje de área afectada en la muestra y se obtienen las pérdidas promedios en rendimiento El área totalmente afectada se estima así

$$\text{\% de área totalmente afectada} = \frac{\sum \text{de área en fríjol afectada en cada finca}}{\sum \text{de área en fríjol de la muestra}}$$

El valor porcentual de las pérdidas en rendimiento debidas a cada factor se estiman así

$$\text{Pérdidas en Porcentaje} = \frac{\text{Pérdidas debidas a cada factor (kg/ha)}}{\text{Rendimientos promedios} + \text{Pérdida debida a c/factor}}$$

1/ O sea número de plantas afectadas/plantas totales No se hace referencia al grado de infección de cada planta Vale decir a la intensidad Ello en razón a que esta fué similar en todas las fincas del Valle

Asumiendo que la [illegible] de la región se toma las pérdidas promedios debido a cada factor y se multiplica por el área estimada en fríjol para cada región En el caso de Valle el área en fríjol fué de 12380 Has [2], y el área en fríjol-maíz en Huila y Nariño fué 23 000 Has [3]

4 Pérdidas en valor

Conocidas las pérdidas en producción debidas a cada factor, se multiplica por el precio de fríjol a nivel de productor en la época a que hace referencia el estudio[4] De ésta forma se estima el valor total de las pérdidas debidas a cada factor El precio utilizado fué de US$550/ton para fríjol caraota y US$458/ton para fríjol rojo Al utilizar los precios existentes en el momento de la encuesta, se está asumiendo que la cantidad adicional producida (debido a la corrección de factores que afectan los rendimientos) no va a impactar los precios del mercado Este supuesto es válido en el caso de fríjol caraota el cual se exporta y no es de esperar que la oferta adicional pueda afectar los precios del mercado Para el caso de Huila y Nariño el valor promedio de las pérdidas está sobreestimado por cuanto es de esperar que la oferta adicional conlleve a alguna reducción de precio Estimativo en este sentido podría hacerse conociendo la elasticidad precio de la demanda para fríjol pero esto aún no se ha hecho

DESCRIPCION DE VARIABLES SELECCIONADAS

1 VARIABLES FUNCION DE PRODUCCION FRIJOL VALLE

Y = producción de fríjol por hectárea

2/ Semestre B-74
3/ Semestre A-75
4/ El precio usado es el promedio de los precios recibidos por el agricultor en la cosecha estudiada

X_1 = lluvia, floración-fructificación (variables simulada)
Se obtuvo a partir del concepto del agricultor, sobre la precipitación durante esta etapa del cultivo

1 = precipitación suficiente

0 = precipitación excesiva o deficiente

X_2 = población de plantas por hectárea, cuantificadas al momento de la primera visita o sea en la etapa anterior a la floración

X_3 = costos variables ($/ha) No incluye cosecha y beneficios

X_4 = calidad de la semilla (variable simulada)

1 = semilla certificada

0 = semilla no certificada

X_5 = Roya (% del lote afectado)

X_6 = Mancha angular (% del lote afectado)

X_7 = Añublo bacterial (% del lote afectado)

X_8 = Empoasca ninfa (variable simulada)

1 = ausencia de Empoasca

0 = presencia de Empoasca

Además de las variables anotadas se probaron otras que no presentaron influencia en los rendimientos en forma significativa, en los modelos ajustados Ellas fueron

- Fósforo (p p m) - Obtenida del análisis de suelos
- Boro (simulada)

  1 = aplicó boro

  0 = no aplicó boro
- Asistencia técnica (simulada)

  1 = recibió asistencia técnica

  0 = no recibió asistencia técnica

insectos por cobertura

1 = ausencia de insectos

0 = presencia de insectos

- lluvia (variable simulada) - Probada para varias etapas del período vegetativo

2 VARIABLES FUNCION DE PRODUCCION FRIJOL-MAIZ (HUILA-NARIÑO)

Y = producción de fríjol por hectárea dentro del sistema fríjol-maíz

X_1 = lluvia, floración-fructificación (variable simulada)

1 = suficiente

0 = excesiva o deficiente

X_2 = población de plantas de fríjol por hectárea, cuantificada en el momento de la primera visita o sea en la etapa anterior a la floración

X_3 = población de plantas de maíz por hectárea, cuantificada en el momento de la primera visita

X_4 = costos específicos de fríjol (no incluye semilla de maíz y fríjol, ni siembra de maíz, tampoco cosecha y beneficio)

X_5 = Virus - ataque observado en la etapa prefloración (variable simulada)

X_6 = Trips - % del lote afectado Ataque observado en la etapa prefloración

X_7 = Mancha angular - % de área foliar afectada* Esta se estima en base al nivel de incidencia

X_8 = Mildeo polvoso Ataque observado en la etapa floración-fructificación - % del área foliar afectada*

X_9 = Antracnosis en vainas - % de vainas atacado

X_{10}= Pudrición radicular - % de lote afectado

X_{11}= Empoasca ninfa - ataque observado en la etapa floración-fructificación

X_{12}= Fósforo (p p m) obtenido del análisis de suelos

---

* % área foliar afectada = (% de lote afectado) (% de cada planta afect

X_{13} = Potasio (variable simulada) Obtenida del análisis del suelo

1 = mayor o igual a 0.3 m e q

0 = menos de 0.3 m e q)

X_{14} = Materia orgánica (variable simulada) Obtenida del análisis de suelos

1 = mayor o igual a 3%

0 = menos de 3%

X_{15} = Pendiente del lote (variable simulada)

1 = plano

0 = no plano

X_{16} = Suelo no cultivado en la cosecha anterior

1 = no cultivado

0 = cultivado en la cosecha anterior

Otras variables fueron probadas, pero no presentaron influencia en los rendimientos en forma significativa en los modelos ajustados Ellas fueron

- Calidad del suelo (variable simulada)

  1 = suelo bueno 5.5 > pH < 7.5
  p > 15 ppm
  5.5 < pH < 7.5
  p < 15 ppm

- Enfermedades roya, bacteriosis, mancha gris, bien como variables simuladas o bien como variables continuas

- Lluvia en diferentes etapas del período vegetativo

Tabla A1 Coeficientes de Regresión Función Frijol - Valle

Variable	Coeficiente de regresión	Unidad	Nivel de significancia
X_1 lluvia	416 4	Dummy	0 99
X_2 población plantas	4 87x10[illegible]	t/ha	0 84
X_2^2 (población planta)^2	5 [illegible] 10^{-9}		0 80
X_3 costos variables	0 1382	$/ha	0 85
X_3^2 (costos variables)^2	-4 38x10^{-6}	-	0 66
X_4 semilla certificada	185 90	Dummy	0 78
X_5 roya	-3 07	% área afectada	0 81
X_6 mancha angular	-5 38	% área afectada	0 89
X_7 añublo bacterial	-11 4[illegible]	% área afectada	0 99
X_8 Empoasca ninfa	315 19	Dummy	0 95

R^2 = 0 81

$\bar{Y}$ = 905 kg/ha

Número de observaciones = 30

Tabla A2 Coeficientes de Regresión Fríjol-Maíz (Huila-Nariño)

	Variable	Coeficiente de Reqresión	Unidad	Nivel de Significancia
X_1	lluvia	58 1	Dummy	0 84
X_2	plantas de fríjol	3 1	miles/ha	0 83
X_2^2	(plantas de fríjol)^2	-0 008	(miles/ha)^2	0 74
X_3	plantas de maíz	-11 3	miles/ha	0 99
X_4	costos variables	0 067	$/ha	0 99
X_5	virus[1]	-104 6	Dummy	0 99
X_6	Trips	-1 9	% del lote	0 98
X_7	Mancha angular	-45 9	% área foliar	0 99
X_8	Mildeo polvoso	-6 4	% área foliar	0 99
X_9	Antracnosis - vainas	-4 8	% vainas	0 98
X_{10}	pudrición radicular	-8 7	% del lote	0 99
X_{11}	Empoasca	-0 1	miles/ha	0 99
X_{12}	Fósforo	0 013	ppm	0 05
X_{13}	Potasio	92 3	Dummy	0 96
X_{14}	Materia orgánica	63 2	Dummy	0 83
X_{15}	pendiente del lote	82 5	Dummy	0 94
X_{16}	suelo no cultivado anteriormente	-63 7	Dummy	0 90

R^2 = 0 64

$\bar{Y}$ = 598 kg/ha

Numero de observaciones = 88

1/ Puede ser mosaico común o mosaico rugoso No fué posible su identificación en el campo

ANALISIS ECONOMICO DE ALGUNOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE FRIJOL EN COLOMBIA, 1974-1975

3229

Camilo Alvarez P
Marzo, 1977

Introducción

En los últimos años se ha venido incrementando la controversia de si los cultivos deben crecer en forma conjunta (asociación) o separadamente (monocultivo) En general, en los países desarrollados se observa un predominio del monocultivo, mientras en los países en vía de desarrollo como en América Latina, hay un amplio predominio de los cultivos múltiples[1], encontrándose sin embargo, regiones donde los cultivos crecen en forma similar a la de los países desarrollados Parece casi imposible que se puedan mecanizar las cosechas u operaciones de limpieza de los cultivos múltiples pero, si la mecanización no fuera económica, existen otras razones para utilizar el monocultivo?

En este trabajo se intenta identificar algunas diferencias principales entre los sistemas de fríjol de monocultivo y cultivos múltiples en Colombia, con enfoque especial sobre Huila

---

1/ Noti-Ciat, Estabilidad de Producción en el Sistema de Fríjol/Maíz Asociado, Serie AS-1, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1976, p 1

Sistemas de Producción de Fríjol en Colombia

Las principales regiones productoras de fríjol en Colombia se encuentran localizadas en los departamentos de Antioquia, Huila, Nariño y Valle del Cauca, seguidas en importancia por Santander y Tolima En las cuatro primeras regiones (ver Gráfico 1) se genera aproximadamente el 65 por ciento de la producción nacional y en las tres primeras se encuentran ubicadas la mayoría (61 por ciento) de las explotaciones frijoleras[2]

Cada región tiene sus características tecnológicas particulares y tanto el sistema de producción empleado como el uso de tecnología, varían de acuerdo con la región (ver Cuadros 1 y 2) encontrándose que en fríjol las diferencias regionales son muy marcadas La producción más tecnificada es la del Valle del Cauca, caracterizada por sus productores comerciales con fincas relativamente grandes, predominio del monocultivo, alto uso de insumos, y en los últimos años variedades negras para exportación En contraste con el Valle está Nariño cuya producción se caracteriza por fincas pequeñas, uso de variedades rojas, predominio del sistema de cultivos múltiples, y poco uso de insumos En medio de las dos regiones anteriores surge la del Huila Esta región posee dos tipos de producción, los cuales parecen tener bastante relación con la topografía En la

---

2/ Ruiz de Londoño, Norha Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Fríjol en Colombia, CIAT, estudio en proceso, p 38

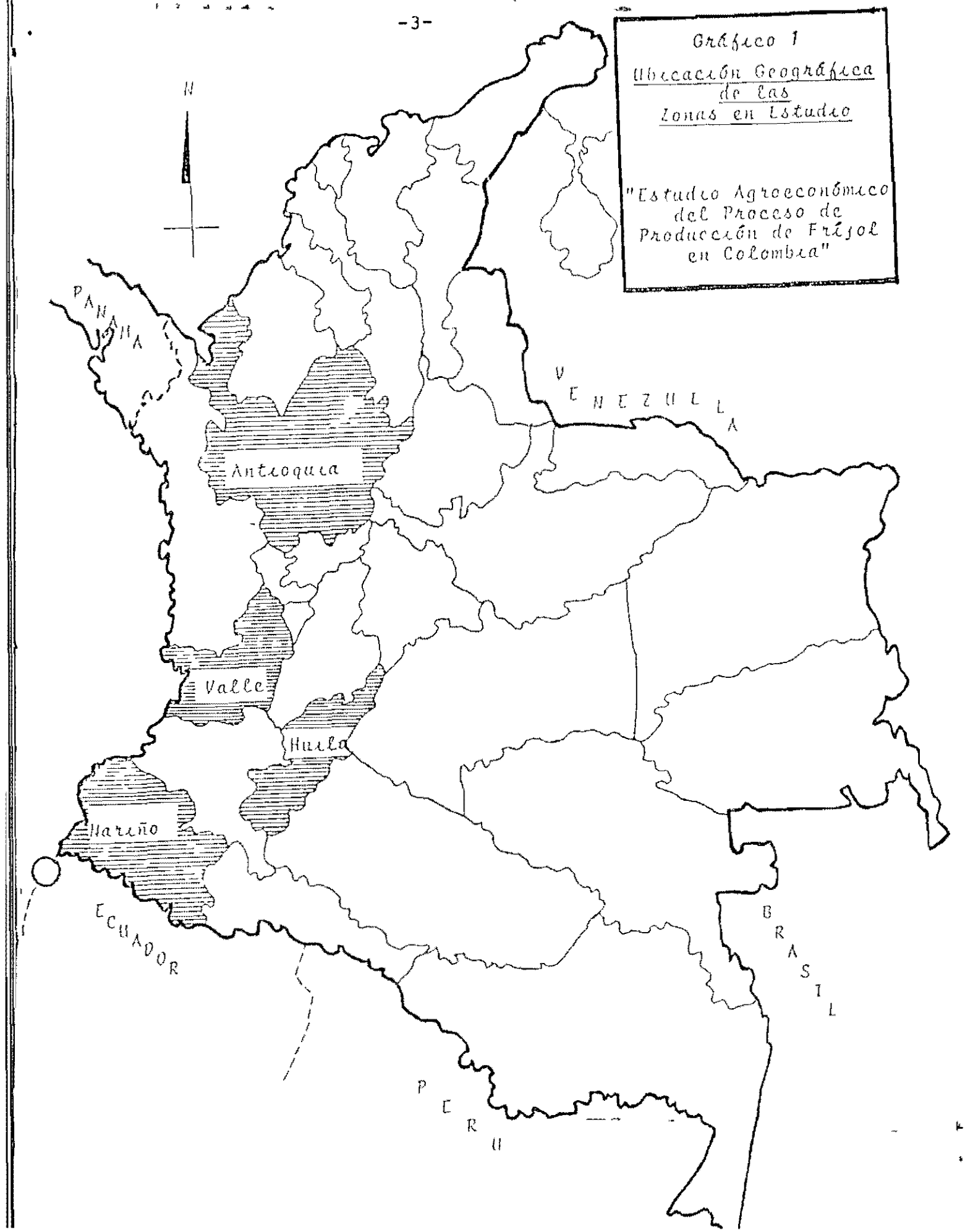


Gráfico 1

Ubicación Geográfica de las Zonas en Estudio

"Estudio Agroeconómico del Proceso de Producción de Fríjol en Colombia"

Cuadro 1 Sistemas de producción de fríjol utilizados en cuatro regiones de Colombia, 1974-1975

Sistemas	Departamento				Total
	Valle	Huila	Antioquia	Nariño	
	No de Fincas				
F	30	31	3	-	64
F-M	1	74	12	16	103
F-Arr	-	-	1	-	1
F-P	-	-	1	-	1
F-M-Arr	-	-	1	-	1
F-M-Ma	-	-	-	3	3
F-M-P	-	-	2	-	2
F-Arr-Arv	-	-	1	-	1
F-P-Arv	-	-	1	-	1
Total	31	105	22	19	177

F = Fríjol
F-M = Fríjol-Maíz
F-Arr = Fríjol-Arracacha
F-P = Fríjol-Papa
F-M-Arr = Fríjol-Maíz-Arracacha
F-M-Ma = Fríjol-Maíz-Maní
F-M-P = Fríjol-Maíz-Papa
F-Arr-Arv = Fríjol-Arracacha-Arveja
F-P-Arv = Fríjol-Papa-Arveja

Fuente Calculado de los datos de Norha Ruiz de Londoño Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Fríjol en Colombia, estudio en proceso, CIAT, Cali, Colombia

zona de ladera o montañosa, el tipo de producción es similar al descrito para Nariño, mientras en la zona plana el tipo de producción, dada su variabilidad de características, puede considerarse como intermedio entre el tipo de producción del Valle del Cauca y el de Nariño La producción de Antioquia merece comentarios especiales ya que dicho tipo de producción aparece como altamente rentable, con considerable uso de insumos y predominio del sistema asociado La alta rentabilidad es explicada por algunos cultivos acompañantes (papa, arracacha), por el precio alto de su fríjol típico, el cargamanto, y por el

Cuadro 2 Características de la producción de fríjol en cuatro regiones de Colombia, 1974-1975

	Valle	Huila	Antioquia	Nariño
Area promedia de la finca (has)	48 0	25 2	4 5	4 0
Area dedicada a fríjol (has)	22 0	5 9	1 5	1 8
Porcentaje de fincas que utilizan				
Maquinaria	100	47	0	0
Semilla certificada	52	7	0	0
Fertilizantes	84	20	100	0
Insecticidas	87	20	100	0
Fungicidas	100	14	59	0
Herbicidas	32	0	0	0
Riego	26	2	0	0
Crédito	87	53	54	58
Asistencia técnica	70	18	18	5

Fuente Norha Ruiz de Londoño Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Fríjol en Colombia, p 47-48

alto uso de insumos especialmente el abono y los plagicidas Es posible que el objetivo principal de este alto nivel de uso de insumos es la papa pero el fríjol también recibe beneficios de esto[3]

Sistemas de Producción en Huila

Los productos agropecuarios más importantes dentro de la región del Huila son la ganadería y el café El fríjol juega

3/ López C , Alberto Los Cultivos Asociados en el Oriente Antioqueño, Instituto Colombiano Agropecuario, Ministerio de Agricultura, mimeo, Abril 1973

papel importante debido a que la región ocupa el primer lugar dentro de la producción nacional con el 33 3 por ciento de ella[4]

La muestra fué llevada a cabo en 47 fincas frijoleras situadas en la parte sur del Huila e incluye 25 lotes con monocultivo y 22 con fríjol intercalado con maíz Dichos lotes están situados en terrenos planos[5], con una temperatura que oscila entre los 22 y los 27 grados centígrados y una altura sobre el nivel del mar comprendida entre los 1000 y los 1500 metros

Se encontró una marcada diferencia entre el sistema de producción y el uso de insumos en Huila (ver Cuadro 3) El nivel más alto de uso de insumos se encontró en los lotes dedicados a monocultivo, sistema que se practica en las fincas más grandes y donde los agricultores dedican mayores áreas al cultivo del fríjol Las diferencias más significativas en cuanto a uso se presentaron en los fertilizantes, insecticidas, fungicidas, uso de crédito y servicios de asistencia técnica Dado

---

4/ En 1975 la producción de Huila fué 20 798 toneladas Ministerio de Agricultura, Programas Agrícolas 1976, Oficina de Planeación del Sector Agropecuario, Bogotá, Diciembre 1975, p 106

5/ La topografía plana de la región donde se tomó la muestra permite excluir del análisis el factor erosión Es posible que el cultivo múltiple sea ventajoso para reducir la erosión en terenos pendientes
Esta encuesta fué parte de la muestra tomada para el "Estudio Agroeconómico de los Procesos de Producción de Fríjol en Colombia" Parte de dicha información fué obtenida por medio de observación directa del técnico y parte por medio de entrevistas personales al agricultor Se realizaron cuatro visitas a cada finca con el fín de acompañar el ciclo vegetativo del cultivo y obtener información más precisa en cuanto al proceso productivo y el mercado del producto

Cuadro 3 Tamaño de la finca y uso de la tecnología moderna por sistema de producción - parte plana sur, Huila, Colombia, 1975

	Sistema	
	Monocultivo	Intercalado
Tamaño	72 1	12 0
Area en fríjol	10 7	2 4
Porcentaje de fincas que usan[a]		
Preparación con maquinaria	96 0	86 4
Semilla mejorada	12 0	0 0
Fertilizantes	48 0	27 3
Insecticidas	48 0	22 7
Fungicidas	28 0	0 0
Riego	8 0	0 0
Crédito	76 0	45 5
Asistencia técnica	28 0	9 1

a/ Los herbicidas no fueron usados

Fuente Alvarez P , Camilo Análisis Económico Comparativo de Dos Sistemas de Producción de Fríjol Zona Sur del Huila - Colombia, M S Tésis, Universidad Católica de Chile, Noviembre 1976, p 84, 85 y 108

que casi todos los agricultores en ambos sistemas utilizan maquinaria para la preparación del suelo, el uso de este insumo no parece ser la explicación para el sistema escogido

Los suelos del grupo de agricultores con cultivos múltiples eran más pobres que los del grupo de agricultores de monocultivo (Cuadro 4), dada la diferencia anterior, era de esperar que el primer grupo necesitara usar más abonos solamente

Cuadro 4 Características del suelo Distribución por sistema de producción - parte plana sur, Huila, Colombia, 1975

Característica	Sistema	
	Fríjol Solo	Fríjol Asociado
	----- Porcentaje de lotes -------	
pH		
Menos de 5 5	48 0	68 2
Fósforo (ppm)		
Menos de 15	40 0	63 6

Fuente Alvarez P , Camilo Op cit , p 93 y 95

para corregir los suelos Se entiende por suelos en condiciones pobres aquellos con pH menor que 5 5 y contenido de fósforo menor que 15 ppm

Se esperaba que el mayor uso de insecticidas en monocultivo redujera la incidencia de las plagas pero aún con tratamientos, la infestación fué todavía muy alta (ver Cuadro 5) La incidencia de enfermedades fué considerable pero no pareció variar de manera sistemática entre los grupos (Cuadro 6)

A pesar de un mejor control de insectos, el Cuadro 7 muestra que los rendimientos de fríjol en monocultivo fueron bastante bajos, comparados con los rendimientos de fríjol en cultivos múltiples Las enfermedades fueron indudablemente una causa de estos bajos rendimientos Un análisis de la semilla

Cuadro 5 Presencia de Trips y Empoasca Distribución por sistema de producción - parte plana sur, Huila, Colombia, 1975

Plagas	Monocultivo		Intercalado	
	1a V[a]	2a V[a]	1a V[a]	2a V[a]
	------ Porcentaje de lotes --------			
Trips	84	48	77	77
Empoasca (ninfa)	60	80	86	100
Empoasca (adulta)	80	64	86	82

a/ 1a Visita Antes de la floración (20-40 días)
2a Visita De floración a fructificación (40-65 días)

Fuente Alvarez P , Camilo Op cit , p 98

Cuadro 6 Presencia de enfermedades Distribución por sistema de producción - parte plana sur, Huila, Colombia, 1975

Enfermedades	Monocultivo		Intercalado	
	1a V[a]	2a V[a]	1a V[a]	2a V[a]
	------- Porcentaje de lotes -------			
Mancha angular	32 0	92 0	32 0	77 7
Roya	52 0	84 0	77 3	90 9
Añublo bacterial	44 0	80 0	63 6	81 8
Mancha gris	44 0	84 0	45 4	68 2
Antracnosis	44 0	60 0	68 2	63 6
Antracnosis vainas	-	40 0	-	72 7
Mancha harinosa	8 0	64 0	-	90 9
Pudrición radicular	40 0	-	13 6	-
Mildeo polvoso	-	40 0	-	22 7

a/ 1a Visita Antes de la floración (20-40 días)
2a Visita De floración a fructificación (40-65 días)

Fuente Alvarez P , Camilo Op cit , p 100

Cuadro 7 Valores promedios de rendimientos, precios recibidos, costos variables e ingresos por hectárea, según sistema de producción - región plana sur, Huila, Colombia, 1975

Item - Sistema	Promedio
Rendimiento	
Monocultivo-Fríjol	859
Intercalado-Fríjol	662
Maíz	736
Precio Recibido	
Monocultivo-Fríjol[a]	14 8
Intercalado-Fríjol	14 1
Maíz	4 0
Ingreso Bruto	
Monocultivo	12713
Intercalado	12278
Costos Totales[b]	
Monocultivo	7662
Intercalado	7009
Ingreso Neto	
Monocultivo	5051
Intercalado	5269

a/ Excluye la observación de un agricultor que recibió un precio bajo por causa de hongo en la semilla Con esta observación el precio promedio será de 14 55

b/ Incluyen todos los insumos comprados, el costo de alquiler de la maquinaria para la preparación de la tierra, y el costo de todas las labores A la labor familiar utilizada se le dió un costo imputado de labor diaria en la región No se incluyó pago por servicios de tierra e intereses al capital

Fuente Alvarez P , Camilo Op cit , p 121 y 126

después de la cosecha confirmó que la transmisión de enfermedades por medio de semilla fué un problema significativo en la región en 1975 Comparado con las otras tres regiones (Valle, Antioquia y Nariño), el análisis de semilla mostró una pobre germinación y un alto porcentaje de ellas con hongos Los agricultores entrevistados del Huila tuvieron una menor tasa de germinación, 40 por ciento, y un mayor porcentaje de semilla infectada, 82 por ciento, en comparación con las otras tres regiones analizadas donde la tasa de germinación alcanzó el 88 por ciento y el porcentaje de semilla infectada solo llegó a 15[6]

Se esperaba que aquellos agricultores que utilizan niveles de insumo más altos estuvieran más comprometidos en el mercado Según lo esperado los productores de fríjol en monocultivo recibieron precios más altos[7] Por otra parte, como era de esperar, los costos totales de monocultivo fueron más altos que aquellos de cultivos múltiples Sacando los costos de la mano de obra familiar y de la alquilada, la diferencia entre los dos grupos aumenta aún más (Cuadro 8)

El ingreso neto resultó ser levemente más alto para el grupo de cultivo múltiple en 1975 (Cuadro 7) Sería una conducta extraña para productores de monocultivos gastar más en

---

6/ CIAT, Informe Anual 1975, Cali, Colombia, p C-44

7/ Tres de los 25 agricultores con monocultivo y cuatro de los 22 agricultores con cultivo múltiple produjeron fríjoles negros Pero los precios de estos fríjoles caraotas no fueron inferiores a los precios de fríjol rojo

Cuadro 8 Algunas comparaciones de costo entre los dos grupos, Huila, 1975

	Pesos
Costos totales menos mano de obra familiar	
Monocultivo	6572
Intercalado	4665
Costos totales de insumos comprados (excluyendo mano de obra)	
Monocultivo	5079
Intercalado	3625

Fuente Alvarez P , Camilo Op cit , p 126

insumos por hectárea para ganar menos dinero[8] Es probable

8/ Se debe anotar que estos datos de campo son consistentes con resultados experimentales en Méjico, Colombia, y Uganda, y con datos de campo en el norte de Nigeria En estos resultados experimentales, a niveles altos de insumo, el cultivo asociado ganó consistentemente más dinero que el monocultivo de fríjol o maíz Ver Rogelio Lepiz I , "Asociación de Cultivos Maíz-Fríjol", Agricultura Técnica en Méjico, p 98-102, C A Francis, C A Flor, and M Prager, "Potentials of Bean/Maize Associations in the Tropics", CIAT, Cali, Colombia, 1976, mimeo, p 13-17, R W Wiley and D S O Osiru, "Studies on Mixtures of Maize and Beans (Phaseolus vulgaris) with Particular Reference to Plant Population", Journal of Agricultural Sciences, Cambridge, 79(1972), p 527 Ver también D W Norman, "The Rationalization of a Crop Mixture Strategy Adopted by Farmers under Indigenous Conditions The Example of Northern Nigeria", Institute for Agricultural Research, Ahmadu Bello University, Samaru, Nigeria, 1974, mimeo, p 11 y 14 Su trabajo de campo mostró que los cultivos asociados proporcionan aproximadamente 60 por ciento más de ingreso bruto que un cultivo solo Norman cita también otros siete estudios mostrando los mismos resultados de ingresos brutos mayores en cultivos asociados, bajo condiciones experimentales de uso alto de insumos En Nigeria norte la leguminosa fué maní o cowpea

que estos resultados de 1975 hayan sido resultados anormales y en un período más largo de tiempo el promedio de ingreso haya sido mayor para productores de monocultivo, ya que los agricultores de monocultivo utilizan más insumos especialmente fertilizantes, y reciben un precio más alto por su fríjol

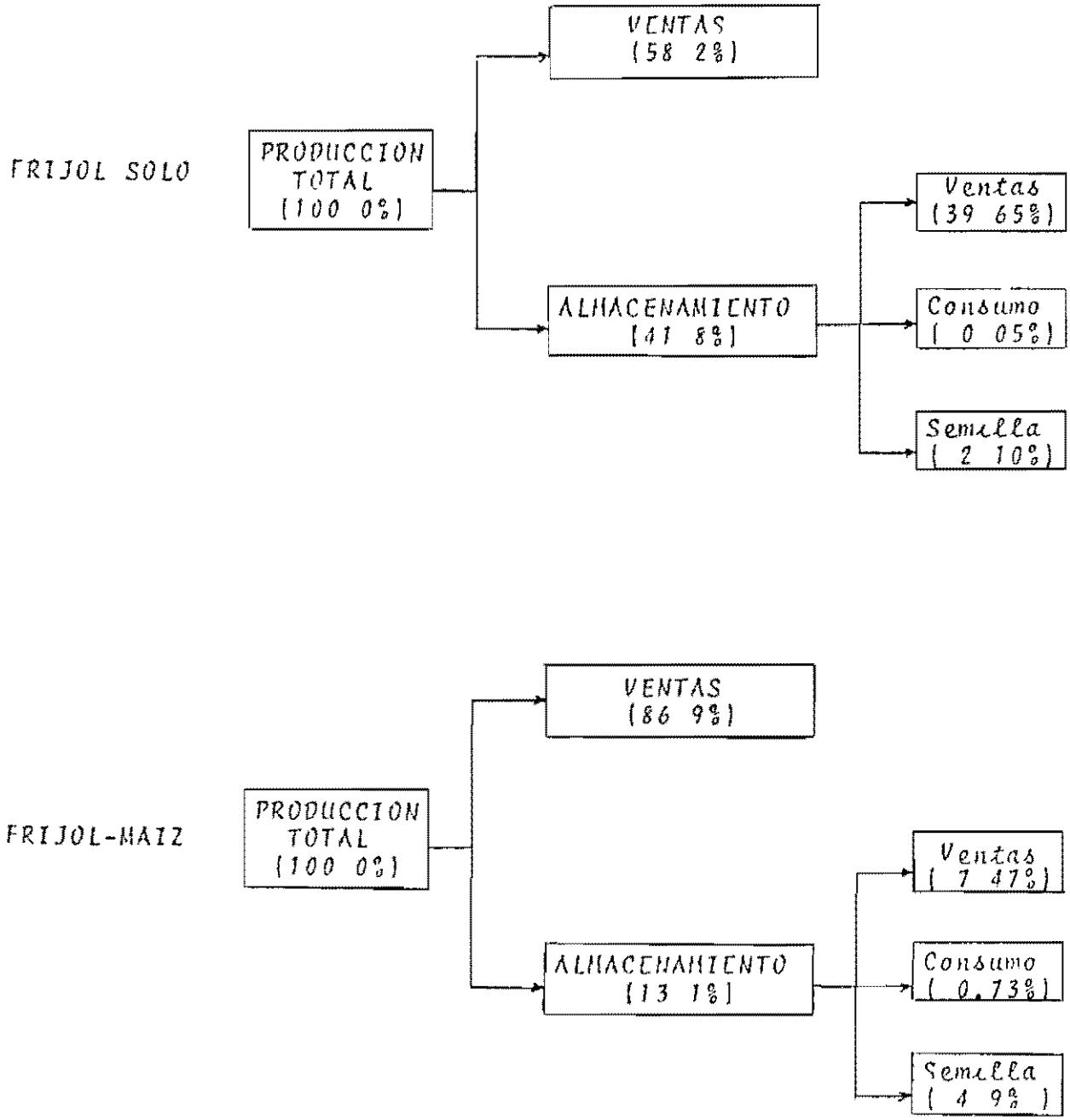
Se espera también que la varianza del ingreso sea mayor para los agricultores de monocultivo La razón es la siguiente los rendimientos y los precios de los dos cultivos no deben tener correlación alta y positiva. Por esto la varianza de ingreso de los productores de monocultivo debe ser durante el tiempo, mayor a la varianza del ingreso de los productores de varios cultivos[9]

El precio más alto recibido por los productores de monocultivo de fríjol puede ser atribuído principalmente al mayor porcentaje almacenado para venta después del colapso del precio en el período post-cosecha (ver Gráfico 2) El consumo de fríjol fué sorprendentemente bajo en ambos sistemas Hay tres explicaciones posibles para este bajo consumo Primera, el precio del fríjol fué extremadamente alto en 1975 y es posible que por

---

9/ Estos resultados fueron confirmados generando ingresos esperados y varianzas para los dos grupos Los primeros dos momentos deseados varían para la misma finca a través del tiempo y reflejarían diferencias en clima, insectos, enfermedades, y precios Utilizando observaciones de cruce locales, se introdujeron diferencias en uso de insumos, tipos de suelo, y abilidad empresarial, y solamente una varianza menor a la de los renglones arriba mencionados se obtuvo entre fincas, comparada con la varianza esperada a través del tiempo De ahí que estos resultados son preliminares pero consistentes con lo esperado Ver Camilo Alvarez P "Análisis Económico Comparativo de Dos Sistemas de Producción de Fríjol Zona Sur del Huila - Colombia", M S Tésis, Universidad Católica de Chile, Noviembre, 1976, p 146

GRAFICO 2 DESTINO DE LA PRODUCCION TOTAL DE FRIJOL SEGUN SISTEMA DE PRODUCCION, HUILA, 1975 - PORCENTAJE DE LA PRODUCCION TOTAL



Fuente Alvarez P , Camilo Op cit , p 123

esta razón el fríjol no haya sido apartado para consumo casero Segundo, puede que sea necesario vender el fríjol para obtener un mínimo de dinero en efectivo Tercero, existe un riesgo considerable en almacenamiento debido a la presencia de un insecto (Zabrotes subjasciatus) Si este riesgo es la explicación principal de la venta rápida de fríjol, es posible que sea necesario mejorar primero la tecnología de almacenamiento antes que el agricultor quiera tomar el riesgo de aumentar el uso de insumos

Conclusiones

En Colombia se puede encontrar una amplia serie de sistemas de producción de fríjol En las mejores áreas para cultivos se encuentran las fincas con áreas mayores en fríjol, con predominio del monocultivo y uso más alto de insumos El cultivo múltiple es el sistema más tradicional con poco uso de insumos y en el caso del Huila, con menor orientación hacia el mercado

En este análisis corto no fué posible hacer una evaluación definitiva de la distribución del ingreso para ambos sistemas a través del tiempo Sin embargo, el uso de insumos, el grado de orientación del mercado, y las estimaciones de distribución preliminares confirman la hipótesis que los dos sistemas reflejan diferentes niveles de ingreso esperado y varianza Se cree que el cultivo simple está asociado con ingreso esperado y riesgo más altos que el cultivo múltiple Entonces se espera

que los agricultores fuertemente adversos a riesgos produzcan preferiblemente series de cultivos en vez de especializarse en uno de ellos

Si esta hipótesis es correcta, las medidas para reducir riesgo pueden fomentar más la especialización en cultivos, el uso más alto de insumos, y más orientación hacia el mercado Estas medidas pueden ser de tipo general respaldando precios y asegurando rendimientos, o pueden significar tecnología específica para reducir las variaciones y aumentar los rendimientos de fríjol en Huila En la última categoría se encuentran semilla limpia o semilla con resistencia a antracnosis, roya y mancha angular y tolerancia o resistencia a Empoasca y Trips

Finalmente, el análisis no hace diferencia entre la decisión de los agricultores de sembrar muchos cultivos y la decisión de cultivarlos todos juntos En Huila parece que la decisión de producir varios cultivos en vez de especializarse en uno, resulta principalmente de lahabilidad de los agricultores para incurrir en riesgos Una vez que la decisión de producir series de cultivos esté tomada, existe evidencia acerca de la complementariedad de los cultivos que crecen juntos en cultivos múltiples o en asociación Las ventajas de cultivos múltiples en asociación citadas en trabajos experimentales son: mejor uso de luz disponible, reducción de volcamiento del maíz, reducción de problemas de plagas en ambos cultivos, aumento en la formación de Rhizobium y disminución en la erosión y lixivia-

miento[10]

Un argumento final en la literatura para cultivos múltiples es que éstos absorven en forma más efectiva la mano de obra de los pequeños agricultores, ya que los requerimientos de ésta para operaciones críticas de temporada ocurren durante períodos más largos Como las cosechas también son en épocas diferentes del año, el sistema garantiza también un flujo de caja a través del año[11] Este argumento parece más relevante a bajos niveles de ingreso, cuando las oportunidades disponibles para los pequeños agricultores son muy limitadas

---

10/ R W Wiley y D S Osiru, "Studies on Mixtures , p 528, C A Francis, C A Flor, y M Prager, "Potentials of Bean-Maize Associations in the Tropics", p 8, CIAT, Informe Anual 1976, (versión preliminar), Cali, Colombia, p 39, 78, 89-93 Sánchez concluye que los cultivos múltiples pueden ser ventajosos no solamente por su efecto en el mantenimiento de la calidad del suelo en los trópicos, sino también para la reducción de malezas Ver Pedro A Sánchez (ed), A Review of Soils Research in Tropical Latin America, Technical Bulletin No 219, North Carolina Experiment Station, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, July 1973, p 59

11/ Ramiro Hernández S , "La Asociación Papa-Maíz-Fríjol, una Forma de Uso Intensivo y Económico de los Recursos de la Agricultura de Minifundio", Fitotecnia Latinoamericana, 11(1), 1975, p 67-71

INCORPORACION DE RIESGO EN EL ANALISIS DE RESULTADOS EXPERIMENTALES*

John H Sanders
Marzo 1977

La producción de fríjol, como la mayoría de los productos de agricultura, es riesgosa Los rendimientos son afectados por el clima, insectos y enfermedades Las ganancias de la finca son afectadas por las variaciones del precio Cuando los agricultores siembran, las condiciones particulares del año venidero son desconocidas El agricultor está apostando que su nivel de compras de insumos resultará en un valor esperado de ganancias[1] con cierta distribución Si el agricultor tiene más experiencia con los productos, insumos y condiciones agrícolas en la región, entonces el valor esperado subjetivo de el agricultor debe aproximarse mejor al valor real Por regla general menor experiencia con los insumos o productos nuevos trastorna éstos cálculos

Todos los experimentos agrícolas tienen finalmente el objetivo de incrementar los ingresos de los agricultores y por lo tanto tiene que ser considerado el valor esperado y la distribución del ingreso neto de la variedad, práctica, o empaque En la mayoría de los casos, el experimento no tendrá lugar durante un período bastante largo de tiempo lo suficiente para especificar completamente la distri-

---

* El autor agradece a Camilo Alvarez por sus críticas a la versión inicial de este trabajo

1/ Un valor esperado es definido como $E(X) = \sum f_i x_i$ donde x_i es la ganancia de un período i, y f_i es la probabilidad de incidencia de un tipo determinado de tiempo sobre los demás períodos

bución Sin embargo, toda la distribución debe ser reconocida al menos implícitamente De otra manera, cualquier recomendación será simplista y posiblemente sin valor

En este artículo, las premisas básicas tras la incorporación de riesgo son postuladas primero Por consiguiente, un ejemplo de la incorporación de riesgo es citado Después, algunas dificultades en la práctica serán discutidas

PREMISAS SOBRE LA INCORPORACION DE RIESGO EN ANALISIS EXPERIMENTAL

Hay tres premisas básicas

1 La clientela fundamental para toda investigación sobre agricultura no es ni los demás investigadores, ni los funcionarios del gobierno, sino los agricultores

2 Los agricultores no están interesados en las pruebas de significancia Nunca un agricultor preguntará sobre el nivel de significancia de su análisis estadístico El análisis de varianza es útil sólamente como un control de calidad del experimento Por ejemplo, los tratamientos de insecticidas pueden ser altamente significativos en términos de análisis de varianza. El punto crítico, sin embargo, es si el valor del aumento en rendimiento de uno de los niveles de tratamiento en comparación con las prácticas de los agricultores es mayor o menor que el costo adicional asociado con este tratamiento

3 Los agricultores están interesados en el clima (y otros factores no controlables que influyen en las ganancias tales como insectos, enfermedades y fluctuación de precio) Más formalmente los agricultores están preocupados con el valor esperado de las ganancias de cualquier innovación sobre todos los estados de naturaleza y su distribución Este concepto será explicado con algunos detalles usando un ejemplo en la próxima sección

EJEMPLO DE ANALISIS EXPERIMENTAL INCORPORANDO RIESGO

Para dar una ilustración hipotética, un experimento con diferentes tratamientos de fósforo será utilizado Se suponen seis niveles de tratamiento incluyendo el nivel cero de fertilizante El análisis de varianza da una respuesta -si ó no- si los tratamientos tiene o nó un efecto sobre los rendimientos de fríjol Esto es trivial y no será considerado en más detalles

Con observaciones de seis tratamientos y dos repeticiones, una curva de respuesta de tipo cuadrático puede ser fácilmente estimada[2] Un óptimo económico puede ser estimado usando cálculo ó gráficamente como se ilustra más abajo La función estimada es

$$Y = a + bP - cP^2$$

2/ Se supone que se utilizará suficiente fertilizante de tal manera que el máximo de la curva será obtenido Si sólamente la parte lineal es observada, entonces la extrapolación más allá de la observación máxima de fertilizante es riesgosa y también será imposible calcular un óptimo

donde "Y" representa los rendimientos de fríjol, "P" los niveles de fósforo, y "a", "b" y "c" son parámetros

Máximos rendimientos -

$$\frac{\partial Y}{\partial P} = b - 2cP = 0$$

$$P^0 = b/2c$$

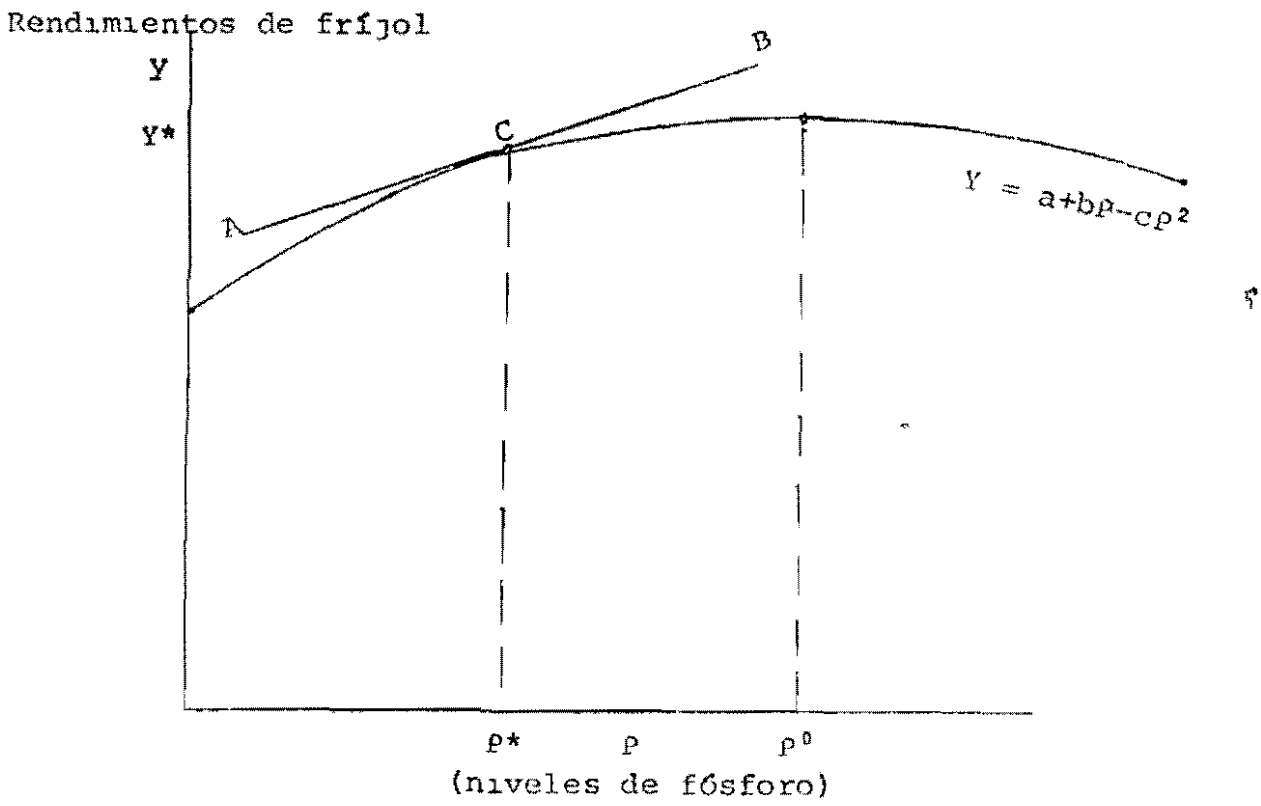
Optimo económico -

$$\frac{\partial Y}{\partial P} = b - 2cP = \frac{P_p}{P_f}$$

$$P^* = \frac{b - P_p/P_f}{2c}$$

donde P_p y P_f son los precios de fósforo y fríjol respectívamente

Gráficamente P^0 and P^* se ilustra a continuación



La línea AB tiene la pendiente $\frac{P_p}{P_f}$ En C, ésta linea es tangente a la curva de respuesta de fertilizante y este es el óptimo económico Ahora que el óptimo económico ha sido determinado matemática y gráficamente, qué se puede hacer con ésto? Desafortunádamente muy poco Al agricultor puede decírsele que si usa P*, sus rendimientos serán Y*, y que esto será un óptimo económico a la relación de precios prevalecientes al año anterior si todos aquellos factores estocásticos que influyen en el rendimiento, los cuales están fuera del control de los agricultores tales como el clima, insectos, enfermedades y los cuales no pueden ser controlados en el experimento, son este año los mismos que el año anterior cuando fué hecho el experimento y estimada la información Esto es obviamente una tontería y los agricultores saben que estos factores estocásticos no serán iguales el año entrante a los del año anterior[3]

Entonces, qué es lo que el agricultor necesita saber? El concepto básico de la teoría de decisiónes es que la curva de respuesta necesita ser estimada para todos los posibles estados de naturaleza Antes de considerar la posibilidad práctica de ésta recomendación, se continúa con el ejemplo anterior con cuatro posibles estados de naturaleza Los cuatro estados de naturaleza tienen que ser

---

3/ Estocástico se refiere a factores casuales fuera del control del experimento Es obviamente menos importante preocuparse por la varianza de ingreso si hay menos varianza Incorporando el riesgo al análisis, es mucho menos importante bajo las condiciones de riego con altos niveles de insumos para controlar insectos y enfermedades Desafortunádamente, gran producción de fríjol en América Latina no ocurre bajo estas condiciones y aún bajo estas condiciones el fríjol es todavía una cosecha relatívamente riesgosa comparada con muchas otras cosechas alternas

mútuamente excluyentes y comprensivos[4] Se llama a estos cuatro estados de naturaleza, lluvia excesiva-incidencia alta de roya, lluvia normal-incidencia baja de roya, lluvia escasa-incidencia moderada de Empoasca, lluvia inadecuada-alta incidencia de Empoasca

La ganancia de cada estretegia[5] para cada condición climática puede leerse en el eje vertical de la Figura 1 Si la probabilidad de cada estado de naturaleza es estimada, entonces el valor esperado y la varianza de cada estrategia de fertilización puede ser estimada utilizando las fórmulas para valor esperado y varianza

$$E(X) = \Sigma f(X_i) X_i$$
$$V(X) = \Sigma \{E(X)-X_i\}^2 f(X_i)$$

donde $E(X)$ es el valor esperado, $f(X_i)$ es la probabilidad de cada estado de naturaleza, X_i es la ganancia de cada estado, y $V(X)$ es la varianza de la ganancia para cada estrategia sobre todos los demás estados de naturaleza

La Tabla 1 indica las medidas de ganancias de cada estrategia de fertilizante en cada estado de naturaleza, y la Tabla 2 el valor esperado y la varianza de las ganancias resultantes de cada estrategia Primero, nótese que el uso más alto de fertilizante da las ganancias esperadas más altas Sin embargo, esta estrategia tam-

---

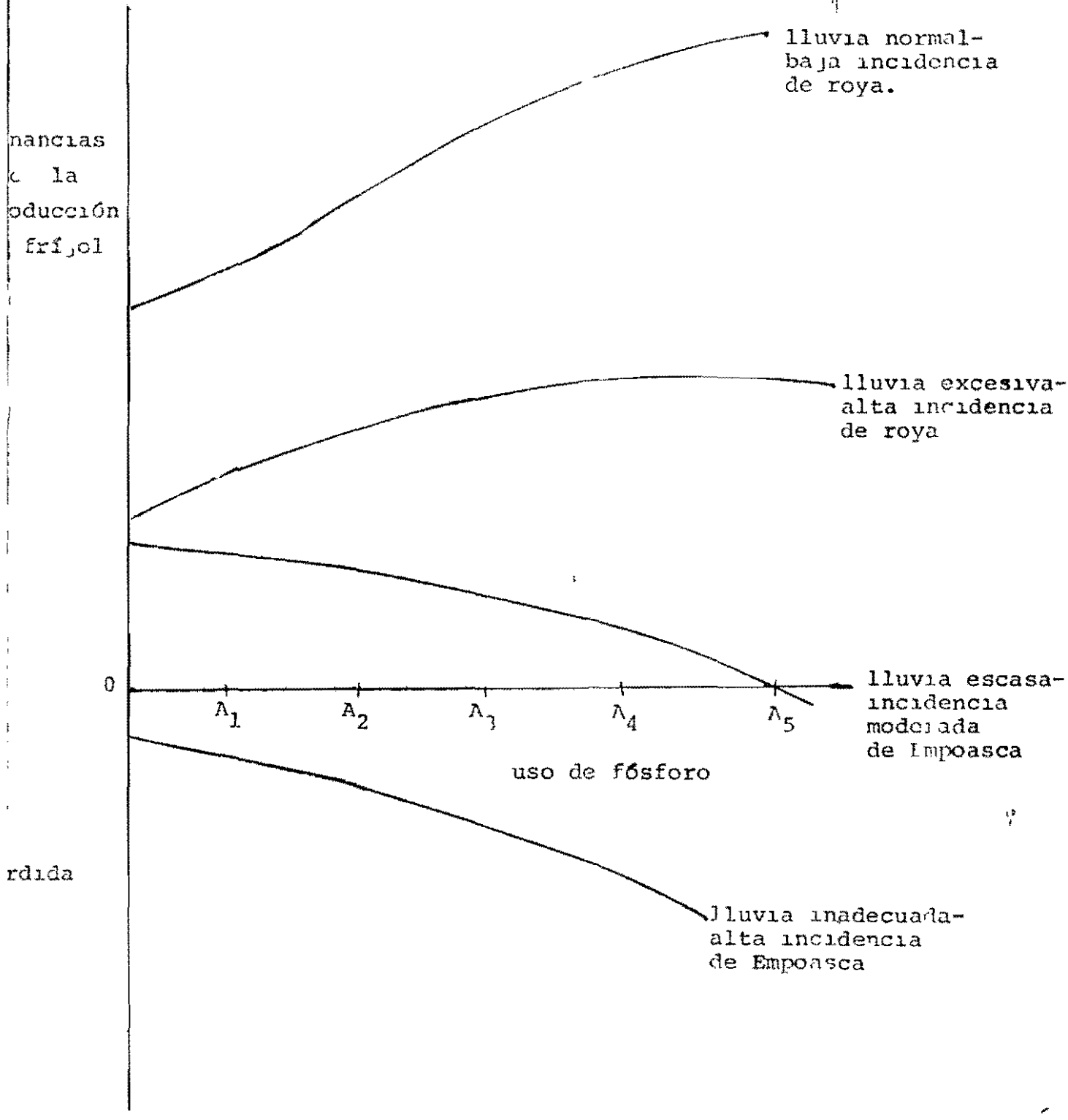
4/ Comprensivo significa que no hay otros estados posibles de naturaleza o que la suma de las probabilidades de ocurrencia de estos cuatro estados, es uno

5/ En el anterior ejemplo, la decisión para utilizar un nivel de fertilizante dado, se refiere como una estrategia en términos de la teoría de decisiones

Figura 1

Respuesta al uso de fósforo bajo los diferentes

estados de naturaleza



bién resulta en la varianza más alta La varianza aquí se está utilizando como una medida del riesgo[6] Para mayor ganancia, es necesario tomar más riesgo. Esto no es un resultado sorprendente, sin em

Cuadro 1 Ganancias y probabilidades para varios estados de naturaleza

	lluvia			
	inadecuada[a]	escasa[b]	excesiva[c]	normal[d]
Probabilidades $f(X)_i$	10%	30%	40%	20%
Ganancias del uso de fertilizantes a varios niveles				
0	-15	40	50	70
A_1	-25	30	55	75
A_2	-30	20	60	80
A_3	-35	10	65	120
A_4	-50	5	70	130
A_5	-65	-2	80	180

a/ alta incidencia de Empoasca
b/ incidencia moderada de Empoasca.
c/ alta incidencia de roya.
d/ baja incidencia de roya

6/ Si la distribución de las ganancias es normal, entonces no hay problema para utilizar la varianza como una medida de riesgo Si las ganancias no están distribuidas normalmente, entonces los momentos más altos podrían ser también apropiados Ha sido demostrado que los rendimientos tienen una distribución no normal Ver R H Day, "Probability Distribution of Field Crop Yields", Journal of Farm Economics, 47 (August 1965) 713-741

bargo, esto aclara el segundo concepto principal de la teoría de decisión El agricultor, y no el investigador, tomará los riesgos del alto uso de insumos El investigador sólamente debe presentar al agricultor una serie de alternativas, especificando el ingreso esperado y la varianza (riesgo) de cada una de éllas (ver Tabla 2)

Sin embargo, en muchos casos incluyendo el anterior ejemplo, es posible reducir el número de estrategias, del cual el agricultor debe escoger utilizando algunas suposiciones simples Por ejemplo, si todos los agricultores prefieren más a menos ingresos y son adversos al riesgo, entonces la siguiente regla de decisión puede ser utilizada para escoger entre las estrategias

$E(X)_A \geq E(X)B$

$V(X)_A < V(X)_B$

A es preferido a B

En el caso anterior, el ingreso esperado de A es igual o mayor al de B, y la varianza de A es menor que la de B, así B puede ser eliminado porque B no sólamente da menor ingreso esperado sino que también implica más riesgo que A

En la segunda comparación de A y C

$E(X)_A \geq E(X)_C$

$V(X)_A > V(X)_C$

Ni A ni C pueden ser eliminados

Tabla 2 Ganancias esperadas y varianzas para los diferentes niveles de uso de fósforo

Uso de fósforo	Ganancias esperadas	Varianza de las ganancias	Ingreso preferido, adverso al riesgo
0	44 5	502	0*
A_1	43.5	775	
A_2	43	1081	
A_3	49 5	2272	A_{3*}
A_4	50 5	3047	A_{4*}
A_5	60.9	5755	A_{5*}

* Indica que estas estrategias no son inferiores a ninguna otra estrategia de acuerdo a la regla de decisión arriba mencionada. La regla es que el agricultor prefiere más a menos ingreso y es adverso al riesgo

En este caso el ingreso esperado y la varianza son más altos en A que en C, así, solo puede decirse que la estrategia A es más rentable y arriesgada que la estrategia C Usando estas reglas, las estrategias A_1 y A_2 pueden ser eliminadas de la Tabla 2 Entonces el agricultor se ve enfrentado ante un reducido conjunto de alternativas de 0, A_3, A_4 y A_5.

La parte final de la teoría de decisión es que las predicciones acerca de lluvia, incidencia de enfermedades o de insectos, cambiará las probabilidades dependiendo de la exactitud de las predicciones. Esto es un área compleja, en la cual hay mucha literatura y no será discutido aquí

En resumen, los ejemplos anteriormente señalados, ilustran la irrelevancia del análisis de varianza para el agricultor, la importancia de las curvas de respuesta para los varios estados de naturaleza, y el rol del agricultor en escoger la estrategia con su combinación preferencial de ingreso y riesgo El ejemplo anterior fué para fertilizante y parece más relevante para una variable continua Sin embargo, los conceptos básicos de teoría de decisión son generalmente relevantes para los experimentos agrícolas[7]. Los dos conceptos principales de la teoría de decisión son que las respuestas físicas deben considerarse sobre todos los estados de naturaleza los cuales no pueden ser controlados por el agricultor, y que el proceso de toma de decisión por parte del agricultor, especialmente su combinación deseada de ingreso y riesgo deben te-

---

7/ Para el uso de una sofisticación de esta técnica con pruebas de variedades y experimentos de insecticidas en CIMMYT, ver J Anderson, "Risk Efficiency in the Interpretation of Agricultural Production Research", Review of Marketing and Agricultural Economics, September 1974, pp.131-184.

nerse en cuenta para interpretar los resultados En la próxima sección algunas de las dificultades en la práctica son examinadas

Análisis de experimentos con datos insuficientes

Generalmente es necesario interpretar resultados de la investigación agrícola con datos insuficientes Los experimentos no son continuados durante extensos períodos de tiempo, siendo difícil obtener una respuesta para muchos estados de naturaleza Además, las distribuciones de probabilidad especialmente distribuciones conjuntas, como el ejemplo anterior, son frecuentemente muy difíciles de estimar[8] Sin embargo, es necesario tener una definición correcta de un problema antes de que sea posible una aproximación a una solución El principio sencillo es que la nueva tecnología agrícola tiene una distribución de ingresos y no un solo valor estacional Cuando esta distribución es aproximada de una mejor forma, el valor de la información para los agricultores mejorará sustancialmente

Todavía en la práctica, el problema de obtener mejores estimativos para estas distribuciones continúa. Los datos ideales serían series de tiempo para la misma región y las mismas prácti-

---

8/ En muchas regiones hay información histórica sobre precipitación, pero esto necesita estar relacionado con los períodos críticos del cultivo en determinado año También los datos históricos de precios están frecuentemente disponibles La información a través del tiempo sobre los niveles de incidencia de enfermedades e insectos, es mucho más difícil de obtener

cas La información obtenida a través de un corte transversal puede servir de aproximación, sin embargo, existe otra fuente de variación, las diferencias en suelos Además, en las regiones homogeneas generalmente hay menor variación en clima, enfermedades e insectos que podrían obtenerse con observaciones de series de tiempo

Un arreglo final es el de interpretar la información de una estación individual en términos de su importancia relativa a toda la distribución. Por ejemplo, si el uso de fertilizantes a bajos niveles da un ingreso neto positivo durante un año de lluvias escasas-incidencia moderada de Empoasca, y la probabilidad del año de lluvias inadecuadas-alta incidencia de Empoasca fué relatívamente bajo, entonces sería razonable argumentar que el uso de fertilizantes a bajos niveles daría una ganancia esperada positiva Aquí hay datos insuficientes para completar el análisis, pero un conocimiento apriori acerca de la relación entre el fertilizante y el agua, está siendo utilizado para hacer inferencias de observaciones de una estación individual

CONCLUSIONES

Antes de considerar las dificultades en la práctica, es necesario definir la información deseada para que el agricultor se decida sobre la adopción de una nueva tecnología La información deseada es la distribución de ingresos sobre todos los estados de naturaleza que están fuera del control del agricultor Los resultados de un período no son muy útiles a menos que haya muy poca variación en rendimientos[9] entre los períodos de producción Esta variación es normalmente grande en la producción de fríjol

En la práctica, los experimentos agrícolas abarcarán sólamente observaciones sobre un limitado período de tiempo así que será siempre necesario aproximar la distribución o al menos reconocer las limitaciones de la información de uno o varios períodos Las dificultades en la práctica nunca servirán de excusa para interpretaciones erradas de información inadecuada Estar alerta de agencias o científicos que especifiquen niveles óptimos de fertilizantes o de insecticidas Estos han sido generalmente definidos para determinadas lluvias e incidencia de enfermedades/insectos, y asume que el agricultor está dispuesto a tomar el nivel de riesgo definido por la persona que interpreta la información

---

9/ La variación en rendimiento aumenta a niveles más altos de uso de fertilizantes sin riego Esta variación puede reducirse de varias formas, tales como, nuevas variedades con resistencia a enfermedades y/o insectos, con el uso de insecticidas y fungicidas, y por irrigación Cuando la variación en el rendimiento es reducida, los agricultores esperarían tener más disposición para invertir más en insumos

La toma de decisión en el mundo real requiere por lo menos una preocupación implícita hacia las probabilidades y distribuciones También requiere el reconocimiento de que el agricultor, y no el investigador, tiene que tomar los riesgos de uso de altos niveles de insumos

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO I.C.A.

PROGRAMA LEGUMINOSAS DE GRANO Y OLEAGINOSAS ANUALES

Gilberto Bastidas R *

I. INTRODUCCION

El Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales tiene como objetivos la obtención de variedades mejoradas y recomendaciones de manejo del cultivo que tiendan a incrementar la producción y productividad de leguminosas comestibles y oleaginosas de ciclo anual.

En un principio el Programa estuvo dedicado principalmente a investigar problemas agronómicos en el cultivo del fríjol. En 1958 se incorporó el cultivo de Arveja (Pissum sativum). A comienzos de 1960 se le asignó la responsabilidad de la Soya (Glycine max(L) Merr), y en 1965 el cultivo del Caupí (Vigna unguiculata). A partir de 1969 se le asignaron los cultivos de Ajonjolí (Sesamum indicum) y Maní (Arachis hypogaea), investigación que estuvo orientada hasta 1968 por el antiguo IFA En 1970 se le asignó la responsabilidad del fríjol mungo (Vigna radiata) y Adzuki (Vigna angularis)

II DESCRIPCION DEL PROGRAMA

A. Naturaleza

El Programa realiza labores de investigación, extension y educación.

---

* Director Programa.

B. Objetivos

1. Obtener nuevas variedades, resistentes a enfermedades y de alta capacidad de rendimiento para consumo interno y los mercados externos.

2. Estudiar adaptabilidad de variedades en zonas bajas y cálidas del país.

3. Estudio de prácticas culturales que además de facilitar los métodos de manejo en los diferentes sistemas que se puedan proponer, beneficien económicamente los rendimientos.

4. Propender porque los resultados obtenidos sean aplicados por los agricultores en beneficio de la producción nacional.

5. Utilizar los resultados de la investigación en la enseñanza agrícola nacional.

6. Realizar pruebas regionales demostrativas en fincas de agricultores y días de campo para recomendar la técnica desarrollada por el programa.

7. Producir y mantener los materiales básicos y fundamentales de las variedades mejoradas obtenidas.

III ETAPAS DEL PROGRAMA

Las siguientes son las etapas de desarrollo del Programa

1. Adaptación y renovación de materiales introducidos.
2. Obtención de poblaciones híbridas a partir de materiales previamente evaluados.
3. Selección y evaluación de las poblaciones.
4. Obtención y distribución de semilla fundamental de las variedades o líneas obtenidas por selección.
5. Investigación sobre prácticas de cultivo.
6. Desarrollo de pruebas regionales con líneas promisorias en comparación con variedades comerciales.
7. Divulgación de resultados
8. Cooperación internacional y nacional.

IV LOCALIZACION

Para cumplir con los diferentes objetivos y etapas del programa se adelantan distintos proyectos de investigación en los Centros y Estaciones experimentales del ICA. Cubriendo un área de influencia que se extiende de 20 mts., hasta 2600 mts. de altura sobre el nivel del mar, ya que los cultivos asignados a este programa se producen en diferentes condiciones ambientales, así en clímas cálidos se investiga en soya, ajonjolí, maní caupí y mungo. En climas cálidos moderados en fríjol y soya. En climas medios en fríjol. En climas fríos en fríjol y arveja.

V. REALIZACIONES

5.1. Investigación en Fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.)

El fríjol común (*Phaseolus vulgaris*) es una leguminosa que ocupa puesto importante en Colombia no sólo por el valor de la producción sino por su riqueza alimenticia y amplia aceptación en la dieta popular. El fríjol se cultiva en todo el territorio nacional, figurando como principales productores Antioquia, Huila, Nariño y los Santanderes. La explotación del fríjol comprende alrededor de un 15 por ciento en áreas tecnificadas y en siembras extensivas de 10 a 40 hectáreas, como lo más frecuente y el 85 por ciento en áreas tradicionalistas, principalmente de ladera, la mayoría con variedades volubles, asociadas con otros cultivos y en siembras de minifundio de 3/4 hasta 5 hectáreas.

La investigación de fríjol se localizó inicialmente en Tulio Ospina y en 1951 en el Centro Experimental Palmira. En 1952-1954 se estableció en los Centros Experimentales Nataima, Turipaná y Tibaitatá. Tanto en el ambiente de Turipaná como en el de Nataima, se observó que las condiciones ambientales no eran favorables para el desarrollo de la planta de fríjol, pues si bien era cierto que tenía un buen desarrollo vegetativo, el crecimiento reproductivo era prácticamente nulo. En la actualidad la investigación sobre fríjol se lleva a cabo en los Centros de Palmira y Tibaitatá y en las Estaciones de Tulio Ospina y Obonuco.

En Palmira la investigación está orientada a la obtención de variedades de clima cálido moderado, de tipo arbustivo, para mercados nacionales y fríjoles tipo exportación, debido a las facilidades de mecanización que permiten abaratar costo y dejar un mayor margen de utilidad.

En Tibaitatá, Tulio Ospina y Obonuco se ha puesto especial énfasis en los últimos años hacia materiales de fríjol volubles, precoces, rendidores y resistentes a las enfermedades que reemplacen a las variedades comunes y que se puedan sembrar asociados con otras especies. El área de influencia de estos Centros de Investigación en esta especie, va desde los 800 a los 2.600 metros sobre el nivel del mar.

Los primeros trabajos en fríjol se llevaron a cabo con un grupo de variedades nacionales y 21 variedades extranjeras en 1929. En 1932 se hicieron estudios de aclimatación y comparación de variedades. Entre 1944 y 1946 se continuó con evaluación de 45 variedades introducidas de Venezuela y otras recolectadas en Antioquia. Se introdujo además 94 variedades procedentes algunas de ellas de Mexico y Estados Unidos, las cuales fueron comparadas con colecciones nacionales. En 1949 se tenía una serie de selecciones individuales de las variedades Algarrobo, Liborino y Uribe Redondo. Este grupo de selecciones en las variedades criollas presentaban diferentes grados de susceptibilidad a la roya, destacándose las líneas Algarrobo 102 y Uribe Redondo 41, por su resistencia a la roya. En 1951 se inician los trabajos de investigación en Palmira con 180 variedades y un grupo de líneas seleccionadas en Tulio Ospina. Dentro de

este grupo de líneas se destacó en el Valle del Cauca, la selección Algarrobo 102 y Uribe Redondo 41, iniciándose su multiplicación a nivel experimental. En 1954 se distribuyó la semilla básica de la línea Algarrobo 102 a la Caja Agraria y a algunos agricultores, constituyéndose esta selección en el primer material mejorado de fríjol. Esta selección de Algarrobo se difundió rápidamente entre los agricultores del Valle del Cauca, reemplazando a la variedad conocida como Panameño

En 1951 se hicieron cruzamientos que buscaban ampliar la variabilidad genética combinando diferentes características tales como la calidad del grano de las variedades criollas y resistencia a las enfermedades de las extranjeras. De la s primeras selecciones hechas en material segregante en 1956 se recomendaron dos líneas, la primera de ellas originada del cruzamiento Estrada Rosado x Liborino, denominada Encanto y la segunda denominada Maravilla y se originó del cruzamiento Sánchez x Estrada Rosado. Estas dos variedades no prosperaron en el Valle del Cauca debido a la alta susceptibilidad a la roya y sensibilidad a la sequía, aunque sus rendimientos fluctuaron entre 1 200 y 1 600 kg./ha., mientras que las variedades criollas rendían entre 400 y 600 kg./ha

En los años 1956 a 1958 debido a los problemas de las dos variedades obtenidas por cruzamientos y recomendadas para el Valle del Cauca, la producción de fríjol en el Valle, se sostuvo con la seleccion Algarrobo 102 y las variedades

criollas Híbrido Japones y Sangretoro. Los rendimientos comerciales en esta etapa eran muy bajos, debido a la alta susceptibilidad a virus del Algarrobo 102 y a la alta incidencia de roya en Sangretoro e Híbrido Japones Para esta época el Programa tenía una serie de líneas seleccionadas, que habían sido probadas bajo las condiciones del Valle del Cauca, las cuales eran resistentes a las enfermedades tolerantes a la sequía De este grupo se seleccionó la línea 020019-1-2-2-1 M(4) originada del cruzamiento de la variedad Algarrobo x Perú 5, la cual se distribuyó con el nombre de Diacol Nima en 1959. Esta variedad tuvo gran acogida por los agricultores del Valle del Cauca y en 1963 llegó a ocupar un 80% del área de siembra. Al hacer ensayos de adaptación en clima medio se comprobó que Diacol Nima tenía buen comportamiento. Recientes informaciones indican que Diacol Nima es una variedad comercial en Uganda (Africa). En 1960 otra línea procedente del cruzamiento de Algarrobo x Perú se entregó para comercializarla en zonas de 1.300 a 1.800 metros sobre el nivel del mar, sobresaliendo por su amplia adaptación, resistencia a Antracnosis y rendimientos de un 50% superior a las variedades que se estaban comercializando en clima medio. Esta selección se denominó Diacol Catio La investigación de frijol para clima frío, se inició en Tibaitatá con colecciones y generaciones segregantes llevados de Medellín para estudiar su adaptación. En 1960 una línea sobresaliente del cruce Sanchez x Estrada Rosado fué seleccionada y se distribuyó con el nombre de Diacol Andino para zonas de 2 000 a 2.600 metros de altura sobre el nivel del mar y fué la primera variedad arbustiva mejorada para estas condiciones Debido a los serios problemas que venían afec-

tando a la variedad Diacol Nima, principalmente susceptibles a la roya, en 1964 se entregó a las compañías de semilla la línea 10116-11-4PM-21PM-32PM-5-M(5) que procedía de un cruzamiento múltiple entre (Perú 5 x Algarrobo) x (Estrada Rosado x Algarrobo). Esta variedad se distribuyó con el nombre de Diacol Calima. Hacia fines de 1966 la variedad Diacol Calima reemplazó totalmente a la variedad Diacol Nima.

Los trabajos adelantados en Tulio Ospina permitieron entregar en 1969 una nueva variedad denominada ICA- CUNA que procedía del cruzamiento multiple Sangretoro x (Sangretoro x Liborino) que buscaba reemplazar la variedad Sangretoro, bastante difundida entre los agricultores de áreas de clima medio, pero que presentaba bajos rendimientos debido a la alta susceptibilidad a las enfermedades. En 1970 se distribuyó una nueva variedad para el Valle del Cauca originada del cruzamiento de las variedades Italia 5 x Línea 14 que provenía del cruce Perú 5 x Algarrobo y que se denominó ICA- Guali. Aunque el rendimiento del ICA Gualí es muy similar a Diacol Calima, 1500 a 1800 kg /ha. muestra resistencia a la roya a Bacteriosis, característica importante en la certificación de semillas. En este mismo año, para clima frío se entregó la variedad ICA Tundama, originada del cruzamiento Perú 5 Poroto Largo x Desconocido M-7-MB-M-MA-M, que sobresale por su tolerancia a la antracnosis y a la roya, así como también por sus rendimientos de 1.800 kg./ha. En 1974 merece destacarse la línea promisoria 10477 seleccionada para zonas de clima medio, con

rendimientos promedios de 1.900 kg./ha. precocidad, color de grano y uniformidad, habiéndose iniciado su multiplicación bajo el nombre de ICA Toné.

Dentro de los proyectos iniciados en 1965 y ante la posibilidad de iniciar exportaciones de fríjol de alto rendimiento y de calidad aceptable en los mercados externos se seleccionó una línea de grano negro procedente del cruce de Diacol Nima x Venezuela 17 y que distribuyó con el nombre de ICA-Huasanó en 1967. En este mismo año se distribuyó una línea de grano blanco originada del cruce Magdalena 8 x Japón 3 y que fué denominada ICA-Bunsi. A pesar de que ICA Bunsi reune requisitos de tipo exportación y es de buena aceptación en la industria de enlatados, no ha alcanzado el desarrollo de los fríjoles de grano negro.

En 1968 una selección por línea pura hecha en la variedad Venezuela-44, se distribuyó con el nombre de ICA-Tui. Esta variedad rápidamente fué aceptada por los agricultores por su gran capacidad de rendimiento y amplia adaptación En 1974 y debido a la alta susceptibilidad a la roya mostrada en los últimos años por el ICA Tuí, se entregó la variedad ICA-Pijao, originada del cruzamiento entre la variedad Centroamericana Porrillo Sintético y México 11, reuniendo características de buen rendimiento (1.800 kg./ha.), resistencia a la roya y tipo de grano para exportación.

5.2 Prácticas de Cultivo.

Los estudios sobre prácticas de cultivo realizados por el Programa se han orientado a obtener información sobre sistemas y densidades de siembra

ya que las investigaciones sobre fertilización, control de plagas y malezas están bajo la responsabilidad de otros Programas.

Los primeros estudios en fríjol se hicieron con el fin de comparar el sistema de caballón con el sistema de siembra en plano. Algunos resultados favorecían el sistema de caballón con surcos múltiples ya que ofrecía la ventaja de facilitar el riego corrido en épocas de sequía y el drenaje en períodos de lluvia prolongados. Sin embargo, la dificultad de adoptar el sistema de cultivo mecanizado de fríjol no permitió su recomendación en forma amplia.

De los experimentos de siembra en surcos múltiples se concluyó que el sistema de surcos con distancias de 60 cms. entre calles y 30 cms. entre las dos hileras de cada par, producía incrementos de rendimiento de 15 a 20%. Como el sistema podría adaptarse a la mecanización, se recomendó su uso para los cultivos del Valle del Cauca. Otras investigaciones probaron que el sistema de doble surco producía más cuando se incrementaba la densidad de siembra dentro del surco, variedades como Diacol Calima e ICA Guali rendían 14% más cuando se sembraban a 10 cm. que con distancias de 25 cms. entre plantas.

Al establecerse en el Valle del Cauca el cultivo comercial de Caraota, fué necesario adelantar investigaciones sobre densidades de siembra a este tipo de fríjol. Los resultados de ensayos realizados en 1969 y 1970 indican que surcos dobles a 60 cms entre calles y 30 cms. entre hileras o surcos sencillos a 45 cms de separación producen los mejores resultados. En cualquiera

de los dos sistemas la distancia entre plantas debe ser de 10 cms.

Los resultados sobre densidades de siembra en el cultivo mecanizado, han sido consistentes en indicar que el rendimiento del fríjol se incrementa con el incremento de la población de plantas y aunque algunas de las recomendaciones son difíciles de llevar a la práctica, el agricultor vallecaucano ha adoptado el sistema de aumentar la densidad de siembra disminuyendo la distancia entre surcos. Hoy es común observar cultivos comerciales sembrados a distancias de 40 ó 50 cms entre surcos y 10 cms entre plantas, cuando lo tradicional era sembrar a 60 cms entre surcos.

En 1971 se iniciaron trabajos sobre la asociación frijol, maíz, sistema común en zonas de clima medio y frío. Los resultados a la fecha indican que la mejor respuesta económica corresponde a la asociación de 3 a 4 plantas de maiz por 2 de fríjol en siembra en el mismo sitio y en la misma época, con una distancia de 92 cms entre sitios. Respecto a cultivos intercalados maiz-fríjol, sistema de pequeñas explotaciones del Valle del Cauca y zonas tecnificadas, la investigación adelantada indica que dos surcos de maiz con separación de 50 cms. entre surcos y 25 cms. entre plantas, alterno con dos de fríjol a 50 cms. entre surcos y 10 cms. entre plantas, produce los óptimos rendimientos económicos.

5.3 Características principales de las variedades mejoradas.

DIACOL CALIMA

ADAPTACION	800-1.200 m.s n.m
PERIODO VEGETATIVO	83-87 días
HABITO DE CRECIMIENTO	Arbustivo
ALTURA DE PLANTA	45 cms.
COLOR DE FLOR	Blanca
SEMILLA	-
COLOR	Rojo moteado de crema
TAMAÑO	15-19 mm. de largo por 6-9 mm de diámetro
FORMA	Alargada cilíndrica
PESO 100 SEMILLAS	48 gramos
RENDIMIENTOS	1.800 kg./ha.
OTRAS CARACTERISTICAS	Resistencia a Mancha del Cercospora. Moderada resistencia a Mancha Angular

DIACOL NIMA

ADAPTACION	800-1.600 m.s n.m.
PERIODO VEGETATIVO	90-95 días
HABITO DE CRECIMIENTO	Arbustivo
ALTURA DE PLANTA	45 cms.
COLOR DE FLOR	Blanca
SEMILLA-	
COLOR	Rojo claro moteado de crema
TAMAÑO	13-16 mm. de largo por 5-7 mm de diámetro
FORMA	Alargada, cilíndrica de bordes angulares
PESO 100 SEMILLAS	42 gramos
RENDIMIENTOS	1.400 kg./ha.
OTRAS CARACTERISTICAS	Resistencia de campo a Mancha Angular y Mancha del Cercospora.

ICA-GUALI

ADAPTACION	800-1.200 ms. n.m.
PERIODO VEGETATIVO	90 días
HABITO DE CRECIMIENTO	Arbustivo
ALTURA DE PLANTA	47 cms.
COLOR DE FLOR	Lila
SEMILLA	
COLOR	Rojo oscuro moteado de crema
TAMAÑO	15-18 mm. de largo por 7-9 mm de diámetro
FORMA	Alargada ligeramente reniforme y aplanada
PESO DE 100 SEMILLAS	66 gramos
RENDIMIENTOS	1.800 kg./ha.
OTRAS CARACTERISTICAS	Resistencia de campo a Mancha del Cercospora Roya, tolerancia a Mancha Angular y Bacteriosis común

ICA TUI

ADAPTACION	800-1.500 m.s n.m.
PERIODO VEGETATIVO	85-90 días
HABITO DE CRECIMIENTO	Arbustivo- ramificado
ALTURA DE PLANTA	50 cms.
COLOR DE FLOR	Morada
SEMILLA.-	
COLOR	Negro semiopaco
TAMAÑO	9-10 mm de largo por 6-7 mm. de diámetro
FORMA	Ligeramente aplanada con bordes angulares.
PESO 100 SEMILLAS	25 gramos
OTRAS CARACTERISTICAS	Resistencia de campo a Mancha Angular y Mancha del Cercospora. Tolerancia a Bacteriosis común. Resistencia de campo a Lorito verde.

ICA PIJAO

ADAPTACION	800-1.200 m.s n.m.
PERIODO VEGETATIVO	95-100 días
HABITO DE CRECIMIENTO	Semivoluble-guía corta
ALTURA DE PLANTA	50 cms.
COLOR DE FLOR	Morada
SEMILLA.-	
COLOR	Negro-semiopaco
TAMAÑO	10-11 mm. de largo por 6-7 mm de diámetro
FORMA	Ligeramente alargada y aplanada
PESO 100 SEMILLAS	22-25 gramos
RENDIMIENTOS	2.000 kg./ha.
OTRAS CARACTERISTICAS	Resistencia de campo a Roya, Mancha Angular Tolerancia a Bacteriosis común.

ICA BUNSI

ADAPTACION	800-1.200 m.s n.m.
PERIODO VEGETATIVO	90-95 días
HABITO DE CRECIMIENTO	Arbustivo con guía corta.
ALTURA DE PLANTA	60 cms.
COLOR DE FLOR	Blanca
SEMILLA.-	
COLOR	Blanco
TAMAÑO	8 a 9 mm. de largo por 5 a 6 de diámetro
FORMA	Ovoide
PESO 100 SEMILLAS	18 gramos
RENDIMIENTOS	1.600 kg./ha.
OTRAS CARACTERISTICAS	Abundante ramificación, follaje verde oscuro

ICA TONE

ADAPTACION	1.200 a 2.200 m.s.n m
PERIODO VEGETATIVO	75 a 80 días a partir de la fecha de siembra
HABITO DE CRECIMIENTO	arbustivo
ALTURA DE PLANTA	30 cms.
COLOR DE FLOR	Lila
SEMILLA.-	
COLOR	Rojo
TAMAÑO	13 mm. de largo por 8 mm. de diámetro
FORMA	Semiredonda
PESO 100 SEMILLAS	46 gramos.
RENDIMIENTOS	2.200 kg./ha.
OTRAS CARACTERISTICAS	Resistencia de campo a la Antracnosis, mancha angular, Tolerancia un poco a bacteria

ICA HUASANO

ADAPTACION	800 a 1.200 m.s.n.m.
PERIODO VEGETATIVO	95- a 100 días contados a partir de la fecha de siembra.
HABITO DE CRECIMIENTO	Semivoluble
ALTURA DE PLANTA	90 cms.
COLOR DE FLOR	Lila
SEMILLA.-	
COLOR	Negro semiopaco
TAMAÑO	8 a 9 mm de largo por 5 a 6 de diámetro
FORMA	Ovoide
PESO 100 SEMILLAS	18 gramos
RENDIMIENTOS	2.000 kg./ha
OTRA S CARACTERISTICAS	Resistencia de campo a Roya, Mancha angular

DIACOL CATIO

ADAPTACION	1.200 a 2.100 m.s.n m
PERIODO VEGETATIVO	80 a 95 días contados a partir de la fecha de siembra.
HABITO DE CRECIMIENTO	Arbustivo
ALTURA DE PLANTA	30 cms.
COLOR DE FLOR	Lilas
SEMILLA.-	
COLOR	Rojo moteado de crema
TAMAÑO	16 mm. de largo por 8 mm. de diámetro
FORMA	Ligeramente alargada y un poco aplanada
PESO 100 SEMILLAS	54 gramos
RENDIMIENTOS	1.600 kg./ha.
OTRAS CARACTERISTICAS	Resistencia de campo a la Antracnosis mancha angular y roya.

DIACOL ANDINO

ADAPTACION	2.300 a 2.600 m.s.n m
PERIODO VEGETATIVO	160 a 170 días
HABITO DE CRECIMIENTO	Semi-erecto
ALTURA DE PLANTA	20-25 cms.
COLOR DE FLOR	Lila
SEMILLA.-	
COLOR	Rosado con pintas rojas
TAMAÑO	15-19 mm. de largo por 6-9 mm de diámetro
FORMA	Ovoide
PESO 100 SEMILLAS	54 gramos
RENDIMIENTOS	1.800 a 2.000 kgs./ha.
OTRAS CARACTERISTICAS	Tolerancia de campo a roya y a Antracnosis

ICA CUNA

ADAPTACION	1.200 a 2.100 m.s.n m
PERIODO VEGETATIVO	80 a 105 días a partir de la fecha de siembra
HABITO DE CRECIMIENTO	Arbustivo
ALTURA DE PLANTA	35 cms.
COLOR DE FLOR	Lila
SEMILLA.-	
COLOR	Rojo
TAMAÑO	14 mm. de largo por 7 mm. de diámetro
FORMA	Arriñonada
PESO 100 SEMILLAS	38 gramos
RENDIMIENTOS	1.800 kg./ha.
OTRAS CARACTERISTICAS	Resistencia de campo a Antracnosis, mancha angular y roya

ICA TUNDAMA

ADAPTACION	2.300 a 2.600 m.s.n m
PERIODO VEGETATIVO	165-170 días
HABITO DE CRECIMIENTO	Arbustivo
ALTURA DE PLANTA	50 cms.
COLOR DE FLOR	Lila
SEMILLA.-	
COLOR	Rojo moteado de crema
TAMAÑO	16 mm de largo por 8 mm. de diámetro
FORMA	Alargada, extremos redondeados
PESO 100 SEMILLAS	54 gramos
RENDIMIENTOS	1.800 a 2.000 m.s.n m
OTRAS CARACTERISTICAS	Tolerancia de campo a Antracnosis y a Roya.

LISTA DE PUBLICACIONES DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris) DEL PROGRAMA DE LEGUMINOSAS DE GRANO DESDE SU INICIO HASTA 1975.

1. ADAMS, M.W. and R. DUARTE. 1961. The nature of heterosis for complex trait in a field bean cross. Crop. Sci. 1 (5) 380.

2. AGUDELO, O. A HERNANDEZ y G. BASTIDAS. 1972. Efecto de la densidad de población en el rendimiento y otras características agronómicas del fríjol (Phaseolus vulgaris) de crecimiento voluble y arbustivo. Acta Agronómica. 2 39-50.

3. ALVAREZ, J. IVAN. 1960 Clasificación y descripción botánica de malezas comunes en climas medios y fríos de Antioquia, que afectan el cultivo del fríjol Tesis Ing. Agr. Medellín, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía

4. BASTIDAS, G. L H. CAMACHO y S. H. OROZCO. 1971. Investigación sobre distancias de siembra del fríjol (Phaseolus vulgaris) en Colombia. XVII Reunión Anual del Proyecto Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Panamá, República de Panamá.

5. BARROS, O 1957 Enfermedades del follaje del fríjol. Sus efectos y su control Bogotá, Ministerio de Agricultura, División de Investigación Agropecuaria DIA. (Servicio Informativo No.2).

6. _____, R.CARDEÑOSA y R. L. SKILES. 1957. The security and control of angular leaf spot of beans in Colombia. Phytopathology 47 3.

7. _____ C CARDONA, R. CARDEÑOSA and R.L. SKILES. 1958. Angular leaf spot of bean in Colombia. Plant Dis. Rept. 42 420-424.

8. _____ 1966 Una nueva forma de Fusarium roseum asociada con pudriciones radicales del fríjol en Colombia. Rev. ICA 1 (2) 79-86.

9. _____ 1966 Especies de Fusarium asociadas con pudriciones de la raíz del fríjol en Colombia. Rev. ICA 1(2) 97-108.

10. BASTIDAS, G. y L.H. CAMACHO. 1969. Competencia entre plantas y su efecto en el rendimiento y otras características del fríjol caraota (Phaseolus vulgaris). Acta agronómica 19 (2) 69-87.

11. BASTIDAS G. y ALVAREZ J. I. 1969. Ensayos regionales de fríjol del P.C.C.M.C.A. en Colombia XV Reunión Anual del P.C.C.M.C.A Sn. Salvador. El Salvador.

12. CAMACHO, L.H. y M.A. RAMIREZ. 1953. El mercado del fríjol en Palmira. Acta Agrn. 3 163-175.

13. _____ C. CARDONA y S.H OROZCO. 1965. Fríjol Agr Trop. 21 (11) 661- 666.

14. _____ and A. SALDARRIAGA. 1963. Distribution of Empoasca Kraemeri (Ross and Moore) in the field bean Phaseolus vulgaris L. Bean Improvement Crop. 6 9-10.

15. _____ and C. CARDONA. 1963. Sources of germplasm of the Colombian bean breeding program. Bean Improvement Crop. 6 8.

16. _____ Inheritance of reaction of beans to race New York 15 of common corn. Ph D. Thesis. Raleigh, North Carolina Universit

17. _____ Quantitative genetic analysis of physical components of yield in corn. Ph.D. Thesis. Raleigh, North Carolina University

18. _____ C. CARDONA and S.H. OROZCO. 1964. Test of Normality on two enumerating components of yield of beans. Bean Improvement Crop. 7 7

19. _____ C. CARDONA and S.H. OROZCO 1964 Genotypic and Phenotypic correlation of component of yield in Kidney Beans. Bean Improvement Crop. 7 8.

20. CAMACHO, L.H. S.H. OROZCO and C. CARDONA. 1966. Habitof growth in relation to yield and other quantitative characters of beans. Bean Improvement Cooperative. Report No. 9

21. CAMACHO, L.H. 1968. Adaptability and Satability of homozygous lines of bean. Bean Improvement Cooperative. Report No. 11

22. CAMACHO L H. 1968. Estabilidad y adaptabilidad de líneas homocigotas de fríjol Phaseolus vulgaris L. y su implicación en la selección por rendimiento, Revista ICA 3 166- 179.

23. _____ S.H. OROZCO and G. BASTIDAS 1968 Yield components vs. Plant spacing in beans. Bean improvement cooperative. Report No. 11.

24. _____ R. DUARTE y S.H. OROZCO. 1968 Relación entre el hábito de crecimiento y los componentes del rendimiento en fríjol, Phaseolus vulgaris L. Revista ICA 3 123- 129.

25. CARDONA, C. 1954. Pudriciones fungosas radiculares del fríjol Phaseolus vulgaris en el Valle del Medellín, Colombia. Medellín Rev. Fac. Nal de Agron. 15 137-209.

26. _____ and R.L. SKILES 1954. Apparaisal of bean diseases losses in Colombia Phytopathology. 44 484

27. _____ and J.C. WALKER 1956. Angular leaf spot of bean phytopathology. 46 610-615.

28. _____ 1957. Investigaciones realizadas para producir mejores variedades de fríjol en Colombia Bogotá Ministerio de Agricultura, División de Investigación Agropecuaria DIA. Servicio Informativo No 3 2-3.

29. _____ and R.L. SKILES. 1958. Floury leaf spot (mancha harinosa of bean in Colombia. Plant Dis. Repot. 42 778-780.

30. _____ 1958. Mejoramiento del fríjol por hibridación. Bogota Ministerio de Agricultura, División de Investigación Agropecuaria DIA. Servicio Informativo No. 7 1-3.

31. _____ O. BARROS y R L. SKILES 1958. Diacol Nutibara, una nueva variedad de fríjol Bogotá. Ministerio de Agricultura, División de Investigación Agropecuaria DIA. 15 p. (Bol Divulg. No. 4).

32. _____ 1958 Herencia de la resistencia a mancha angular en fríjol. Reunión Interamericana de Fitotecnia, 4a, Santiago de Chile 1958. Santiago de Chile, Ministerio de Agricultura pp. 235-236

33. _____ 1959. Investigación Agrícola en Colombia. Agr Trop. 15 715- 718.

34. _____ 1959. Uso de maquinaria en el cultivo del fríjol. Agr. Trop. 15(12) 839- 842.

35. _____ L.H CAMACHO y S.H. OROZCO 1959. Diacol Nima, una variedad mejorada de fríjol. Bogotá, Ministerio de Agricultura, División de Investigación Agropecuaria DIA. 24 p. (Bol. de Divulgación No 8).

36. _____ y S. MANCINI. 1960. El valor nutritivo del fríjol. Agr. Trop. 16 42 55.

37. _____ DUARTE, RODRIGO y MANCINI S. 1960. El uso de la radiación artificial en la agricultura y su aplicación al fríjol en Colombia. Agr Trop. 16 514- 523

38. _____ 1961. Enfermedades del fríjol en Colombia. Agr. Trop. 1 225-228.

39. _____ 1961. Líneas de fríjol , resistentes a la roya seleccionada en el Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas "Tulio Ospina" (Medellín Agr. Trop. 17 90-97.

40. _____ L. H. CAMACHO y J.L. ALVAREZ. 1964. Rendimiento de variedades mejoradas Vs. variedades criollas a través de varios años (inédito).

41. CARDENAS O. y A. PAZ. 1967. Respuesta del fríjol (Phaseolus vulgaris L.) a la aplicación de fertilizantes y su relación con dos distancias de siembra en dos suelos de la parte plana del Valle del Cauca. Universidad Nacional Facultad de Agronomía. Palmira. (Tesis no publicada)

42. DUARTE, R. 1955. Métodos de mejoramiento del fríjol Reunión Interamericana de Fitogenetistas, Fitopatólogos , Entomólogos y Edafólogos, 3a., Bogotá, Colombia. 1955. Bogotá Ministerio de Agricultura, Oficina de Investigaciones Especiales.

43. _____ 1959 Resultados de algunos ensayos sobre distancias y densidades de siembra en fríjol. Tesis. Ing. Agr. Medellín, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía.

44. DUARTE 1961. Component interaction in relation to mean expression of complex traits in a field bean cross. Unpublished N.S. Thesis.

45. _____ y J. LOPEZ H. 1962. Combinación de F1s (Funos) con el fin de aumentar recombinación en fríjol. Reunión Latinoamericana de Fitotecnia, 5a, Buenos Aires, 1962.

46. _____ y J. LOPEZ.. 1962. Estudios sobre posibles ligamientos de algunos factores con el tipo de planta en fríjol. Reunión Latinoamericana de Fitotecnia 5a, Buenos Aires, 1962.

47. _____ y ADAMS, M.W, 1963. Component interaction in relation to expression for a complex trait in a field bean cross. Crop. Sci. 3(3) 184-186.

48. _____ y L. H. CAMACHO. 1963. Spacing Experiment with beans Beans Imporvement Cooperative Annual Report No 6.

49. _____ OROZCO, S.H y DELGADO A. 1964. Estudio sobre el cultivo del fríjol. Rev. Agric y Ganad. de Col. 22 (258) 10-11.

50. _____ and M.W. ADAMS. 1966. Responses to recurrent selectio for field components practiced in a Bean Hybrid population Grown at three locations in North and South América Agronomy Abs. p. 5.

51. _____ 1966. Responses in yield and yield components from recurrent, selection practiced in a Bean hybrid population at three locations in North and South América. Unpublished Ph. D Thesis.

52. _____ 1966. La naturaleza de la heterosis un caracter complejo del fríjol Revista ICA. 1 71-78

53. _____ 1967. Effect on leaf removal on yield and its components in field beans. Bean Improvement cooperative. Report No 10

54. GARTNER, A. y C. CARDONA. 1960. Tamaño de parcela y número de replicaciones para experimentación en fríjol. Agr Trop. 16 572- 574.

55. GALVEZ, G.E y C. CARDONA. 1960. Razas de Rhizoctonia solani en fríjol. Agr. Trop. 16 456-460.

56. GARCIA, E E , D. E. GIRALDO y L. A BUITRAGO. 1973. Influencia de la distancia de siembra y otras características agronómicas del fríjol adzuki. (Phaseolus angularis (Willd) W. F. Wight). Tesis I.A. Facultad de Ciencias Agropecuarias Palmira.

57. LONDOÑO, J. F. y L. H. CAMACHO. 1970 Efecto de la remoción de algunas hojas trifoliadas en el rendimiento y otras características del fríjol. VIII Reunión Latinoamericana de Fitotecnia, ALAF. Bogotá.

58. MANCINI, S. y M. A. CASTILLO. 1960. Observaciones sobre ensa preliminares en el cultivo asociado de fríjol de enredadera y maíz. Agr. Trop. 16 161- 166.

59. OROZCO, S H. y C. CARDONA. 1958. Evidence of seed transmis of angular leaf spot of bean. Phytopathology 49 159.

60. _____ 1958. Mancha del Cercospora en fríjol. Tesis I.A.

61. _____ C. CARDONA, and L. H. CAMACHO. 1961 Diacol Calima, a new bean variety. Bean Improvement Coop. 7 25

62. PORTER, W, L.H. CAMACHO y G. BASTIDAS 1970. Effect of distance between rows on Quantity of protein of beans. Bean improvement cooperative Report No. 13.

63. RUPPERT, J. B. ORTEGA and C CARDONA. 1948. Root rot of Mexican "frijol" Phytopathology 38 22.

64. SKILES, R. L. and C. CARDONA. 1958. Seven years summary New York The Annual Report 1957- 1958 61-79.

65. _____ and C. CARDONA. 1959. Mancha gris, a new leaf diseas of bean in Colombia. Phytopathology 49 133- 135.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Bastidas, G 1974. Recomendaciones parael cultivo del fríjol caraota ICA. Centro Experimental Palmira (mimeografiado).

2. Bastidas. G 1974. Informe Anual del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales. ICA. Centro Experimental Palmira (sin publicar)

3. Camacho, L. H. 1965. Informe Anual del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales. ICA. Centro Experimental Palmira (Sin publicar)

4. _____ 1970. Informe Anual del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales ICA. Centro Experimental Palmira (Sin publicar)

5. _____ 1971. Informe Anual del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales ICA. Centro Experimental Palmira (sin publicar)

6. _____ 1972. Comentarios sobre las realizaciones del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales. ICA. Centro Experimental Palmira (sin publicar).

7. _____ 1973. Commentary upon potential and problems of production of dry beans in the lowland tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Series Seminar No. 2E.

8. _____ 1973. Informe Anual del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales. ICA. Centro Experimental Palmira (Sin publicar)

9. Cardona C.O. L.H. Camacho y S. H. Orozco. 1959. Diacol Nima, variedad mejorada de fríjol. Bogotá Ministerio de Agricultura, DIA. Bol. Div. No. 8. 1-24.

10. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Palmira. Informe sobre quince años en investigación. Informes Sección Fríjol 1962- 1964.

11. Orozco, S.H. 1972. Informe Anual del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales. ICA. Centro Experimental Palmira (sin publicar)

12. Orozco. S. H. 1974 El Cultivo del Fríjol en Colombia. ICA Centro Experimental Palmira. p 1-34.

13. OPSA. 1974. Programas Agrícolas. Ministerio de Agricultura p 127- 138.

14. The Rockefeller Foundation Program in the Agricultural Sciences. 1962 Annual Report 1961- 1962. 335 p.

* * * *

PROYECTO DE NUEVA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE FRIJOL PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES EN HUILA, COLOMBIA

John H Sanders
April, 1977

Para el diseño de una nueva tecnología, son básicas dos preguntas para quién y para dónde En el caso particular que nos ocupa, los clientes son los pequeños agricultores del Departamento del Huila Cuando se proyecta una tecnología para pequeños agricultores, es necesario tener muy en cuenta el riesgo de variación de ingresos que resulta de usar altos niveles de insumos Por esta razón, es mejor reducir el nivel de insumos comprados tanto como sea posible

El segundo problema es identificar las barreras que impiden aumentar la producción en el área escogida Como se observa en la Figura 1 y en los Cuadros 1 y 2, las barreras más presionantes en la región del Huila son las enfermedades y los insectos Muchas de las enfermedades en la región son transmitidas por la semilla y las semillas infectadas eran un problema serio en el año de la encuesta[1] Finalmente, lo más importante es qué pueden vender los agricultores? De estas consideraciones, qué sugeriría usted como componentes de una nueva tecnología para ésta región?

Lo primero es una variedad roja con semilla limpia y así eliminar el problema de transmisión por la semilla Después buscamos resistencia a la Antracnosis y a la Roya, y tolerancia a Empoasca

---

1/ CIAT, Informe Anual 1975, Cali, Colombia, p C-44

De la lista del computador, se identificaron todas las variedades por color y con el máximo de las anteriores características

Este asunto resultó de la identificación de un gran número de variedades que se muestran en el Cuadro 3 El primer requisito para desarrollar una nueva tecnología, es la identificación y prueba de nuevas variedades de la región Antes de llegar a niveles de prueba en las fincas, es necesario identificar primero la mejor variedad o variedades Las variedades de la Tabla 3, son de fuera del área y su rendimiento en el campo bajo estas condiciones regionales, es desconocido Con sus múltiples resistencias, deben tener rendimientos estables, de todas maneras, sus rendimientos pueden ser bajos En este caso, variedades sólamente con tolerancia a estas enfermedades pero con altos rendimientos, pueden proporcionar más altos rendimientos esperados

Esto trae como consecuencia un asunto fundamental de la estratégia de investigación Es mejor lograr nuevas variedades de resistencia múltiple o de tolerancia múltiple? El primero resulta de los cruces y exposiciónes a altos niveles de enfermedades y de ésta forma, alcanza múltiples resistencias La tolerancia múltiple puede ser identificada cuando se logren rendimientos consistentemente estables (presumíblemente altos) durante un largo período de tiempo, y en suficientes regiones para asegurar la exposición a las enfermedades consideradas como las más importantes Debe ser obvio que la escogida dependa de la incidencia de enfermedades e insectos en la región que se experimenta, y en el área que es el objetivo para la nueva tecnología En todo caso, algunas

variedades con buenos rendimientos fueron también incluídos como experimento práctico de las características deseadas para la región[2]

Hay que tener en cuenta que hay dos clases de testigos en este experimento El primero, es la variedad rosada Nima, predominante variedad mejorada en la región El segundo testigo es el grupo de las variedades negras En ésta región no hay mercado asegurado para las variedades negras Entretanto, entre las variedades negras hay más resistencia y tolerancia a las enfermedades, mejor respuesta a condiciones adversas, y más altos rendimientos de los que actualmente se han encontrado en variedades rojas De ahí que las mejores variedades negras sirvan como sustituto para medir esas características que, el Programa de Fríjol del CIAT, quisiera tener en variedades rojas en el futuro

Una vez identificadas algunas variedades para la región, el siguiente paso es la investigación a nivel de agricultores sobre la nueva tecnología Como este proyecto es en colaboración con otras agencias, hemos omitido una etapa y hemos ido directamente a la investigación a nivel de fincas Esto es riesgoso puesto que no estamos seguros del rendimiento de estas variedades en la región El Cuadro 4 indica los dos controles y las dos variedades rojas a evaluar en 30 fincas

Finalmente, en el Cuadro 5 se ilustra un experimento completo a nivel de finca Nótese que el número de tratamientos se ha reducidi considerablemente y será comparado con los rendimien-

---

2/ Los resultados tendrán que ser obviamente limitados por la lluvia característica, incidencia de enfermedades e insectos del período estudiado

tos de las fincas La tecnología consiste en el paquete del mínimo costo Además de nuevas variedades se utilizará fósforo, semilla limpia, y fumigación contra Empoasca, en caso de ser necesario Para el Tipo IV de variedad roja habrá un segundo paquete con inoculación No habrá repetición de fincas pero sí serán incluidas el mayor número de éllas La repetición sería útil para chequeo de la calidad de datos a nivel de finca en cada finca, sin embargo, hay sólamente una pequeña cantidad disponible de semilla limpia y la varianza entre las fincas es más interesante que dentro de la finca Los presupuestos simples se elaborarán con la información a nivel de finca para indicar la rentabilidad de la nueva tecnología durante la estación en observación

En resumen, es necesario desarrollar la tecnología antes de que pueda ser transferida Para hacerlo se deben identificar los componentes necesarios del paquete Estos componentes variarían de acuerdo al tamaño de la finca y de acuerdo a la región Las barreras más importantes que impiden el aumento de los rendimientos deben ser identificadas Las resistencias apropiadas y las adaptaciones (altos rendimientos y color adecuado) de la variedad se espera sean más críticas

El resto del proceso de traslado de tecnología es información y suministro de insumos La información debe ser discutida con los otros participantes de panel El mejoramiento del mercado de insumos es un problema crítico para la nueva tecnología Desafortunádamente, no disponemos aquí del tiempo ni de la información necesaria para entrar en los detalles que se requieren para discutir esto

TABLA 3

Variedades seleccionadas para los ensayos

a nivel de finca en Huila

Número o Nombre	Tipo	País-Fuente de Semilla	Color	Razón Incluida
P645 Hima	I	Colombia	Rosado	Testigo Resistente a la Roya
P366	I	U S A	Rojo	Rojo Suceptible a la Antracnosis y Roya Buenos rendimientos en Restrepo
P103	II	U S A	Rojo	Altos rendimientos en Restrepo
P706	IV	El Salvador	Rojo	Rojo y resistente a la Antracnosis y Roya
P523	IV	Costa Rica	Rojo	Rojo Resistente a la Antracnosis Intermediario de Empoarca y Roya Altos rendimientos
P50	IV	U S A	Rojo	Intermediario de la Roya y Antracnosis
P713	II	Colombia	Púrpura	De color y resistente a la Antracnosis Intermediario de la Roya, y Bacteriosis Fuente de resistencia a la Mancha Angular Bajos rendimientos promedios
S118	IV		Morado	Altos rendimientos en Restrepo y CIAT

Número o Nombre	Tipo	País Fuente de Semilla	Color	Razón Incluida
P364	IV	U S A	Blanco	Altos rendimientos a través de las localidades Intermedio de Antracnosis y Resistente a BCMV
P10	II	Guatemala	Negro	Resistencia a la Antracnosis, Roya y Empoasca
P561	II	Costa Rica	Negro	Resistente a la Antracnosis Roya y Empoasca
P746	II	Brazil	Negro	Resistente a la Antracnosis, Tolerante a Empoasca Intermedio de Roya
P425	II	Guatemala	Negro	Resistente a la Antracnosis, Empoasca y Roya Tolerante al Añublo Bacterial
P153	II	Venezuela	Negro	Resistente a Antracnosis y Roya
P527	IV	Venezuela	Negro	Resistente a la Antracnosis y Empoasca Intermedio de Roya
P520	IV	Costa Rica	Negro	Resistente a la Antracnosis Intermedio de Roya y tolerante al Añublo Bacterial
P566-Porillo	II	Honduras	Negro	Intermedio de Antracnosis, susceptible a la Roya Tolerancia a BCMV y BGMV Altos rendimientos
P498-Puebla	III	Mexico	Negro	Tipo III Intermedio de Antracnosis Susceptible a la Roya Altos rendimientos
P526 Trujillo	IV	Venezuela	Negro	Resistente a la Antracnosis Intermedio de Roya Fija Nitrógeno Altos rendimientos
P793	IV	Guatemala	Negro	Resistente a la Roya Intermedio de Antracnosis + Empoasca Fija Nitrogeno

TABLA 5

DISEÑO EXPERIMENTAL PARA
30 FINCAS EN HUILA CON
pH $\geq$ 5 5

Resto de Finca	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Medida en Rendimiento de Fríjol Variedad Local y Práctica	Nima Testigo Tipo I P692 Práctica I	Resistencia-Variedad no negra Tipo II P713 Práctica I

Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5
Altos Rendimientos Variedad Negra con Tolerancia Tipo II P566 Práctica I	Variedad Roja Resistencia Tipo IV-Maíz para soporte P693 Práctica I	Variedad Roja Resistencia Tipo IV-Maíz para soporte P693 Práctica II

Práctica I - 50 kg P_2O_5

Semilla Limpia
Fumigación de Empoasca si es necesario

Práctica II - Las prácticas anteriores más innoculación

TABLA 4

Variedades escogidas para ensayos a nivel

de finca en Huila

Número o Nombre	Tipo	País-Fuente de Semilla	Color	Razón Incluida
P645 Nima	I	Colombia	Rosado	Testigo Resistente a la Roya
P713	II	Colombia	Púrpura	Color Resistente a la Antracnosis Intermediario de Roya y Bacteriosis Fuente de resistencia a la Mancha Angular Bajos rendimientos promedios
P566-Porillo	II	Honduras	Negro	Altos y consistentes rendimientos con buena tolerancia, Intermedio de Antracnosis Tolerante a BCMV y BGMV
P523	IV	Costa Rica	Rojo	Color Resistente a Antracnosis Intermedio de Roya y Empoasca Fija Nitrogeno Rendimientos medios