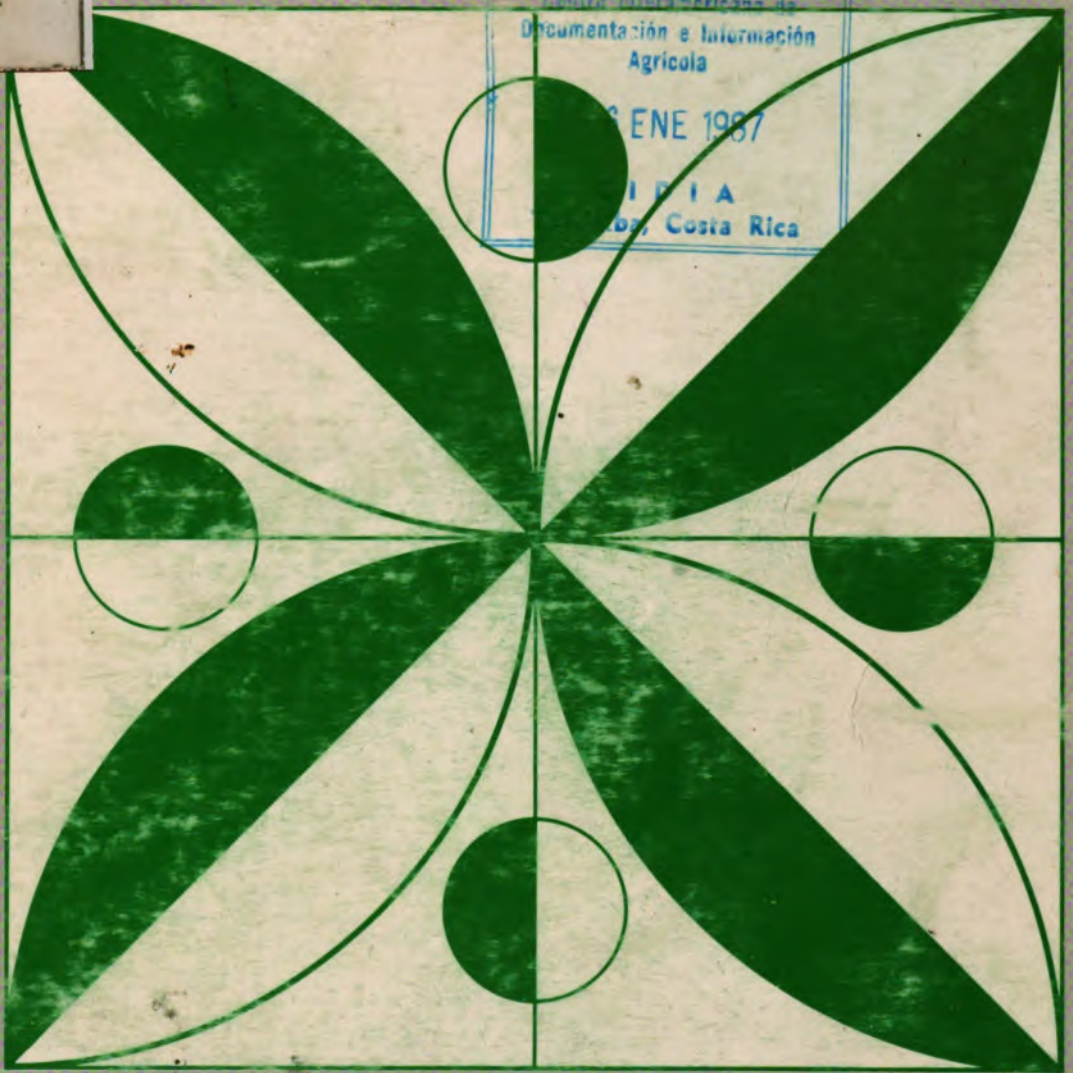


CATIE  
ST  
IT-92

Centro Iberoamericano de  
Documentación e Información  
Agrícola

ENE 1987

I I A  
Costa Rica



**PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL  
EN LA INVESTIGACION DE SISTEMAS DE CULTIVO**



C586





SERIE TECNICA

Informe técnico Nº 92

Centro Interamericano de  
Documentación e Información  
Agrícola

- CENE 1987

C I D I A  
Turrialba, Costa Rica

# **PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA INVESTIGACION DE SISTEMAS DE CULTIVO**

La preparación y publicación de este documento ha sido financiada por el Proyecto AID/ROCAP. SMALL FARM PRODUCTION SYSTEMS, bajo el Contrato 596-0083. Proyecto SIPRO-CATIE-ROCAP.

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
Departamento de Producción Vegetal  
Turrialba, Costa Rica  
1986

CATIE  
ST  
IT-93

El CATIE es una asociación civil sin fines de lucro, autónoma, con carácter científico y educacional, que realiza, promueve y estimula la investigación, capacitación y cooperación técnica en la producción agrícola, animal y forestal, con el propósito de brindar alternativas a las necesidades del trópico americano, particularmente en los países del Istmo Centroamericano y de las Antillas. Fue creado en 1973 por el Gobierno de Costa Rica y el IICA. Acompañando a Costa Rica como socio fundador, han ingresado Panamá en 1975, Nicaragua en 1978, Honduras y Guatemala en 1979 y República Dominicana en 1983.

El proyecto de investigación y desarrollo de tecnología en sistemas de producción para fincas pequeñas (SIPRO-CATIE-ROCAP) es resultado de un convenio de cooperación técnica entre el CATIE, la Oficina de Programas Centroamericanos (ROCAP) de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (AID) y las instituciones nacionales de investigación agropecuaria de los países centroamericanos. El Proyecto, cuya ejecución comenzó en 1979, tiene como objetivo principal desarrollar una metodología de investigación aplicada y para la demostración y aplicación de resultados sobre metodologías de producción validadas a nivel de campo, que contribuyan a mejorar los sistemas de producción de los pequeños y medianos productores del sector rural centroamericano.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, 1986.

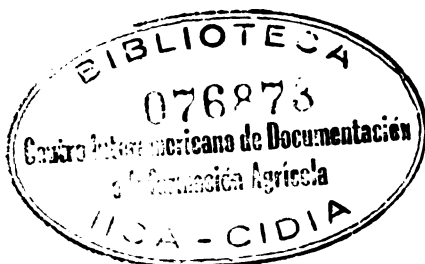
ISBN 9977-951-95-0

631.58072

P963 Procedimientos de diseño experimental en la investigación de sistemas de cultivo / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Depto. de Producción Vegetal.-- Turrialba, C.R. : CATIE, 1986. 106 p. ; 24 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; nº 92)

ISBN 9977-951-95-0

1. Sistemas de cultivo - Investigación  
I. CATIE. Depto. de Producción Vegetal II. Título  
III. Serie



## CONTENIDO

	<u>página N<sup>o</sup></u>
PROLOGO .....	vi
AREA I	
Caracterización .....	3
Experimentos .....	4
Diseño de alternativas .....	5
Subdivisión del área .....	6
Zona alta .....	6
Zona seca .....	6
Valle de Chimaltenango .....	7
Zona de Zacatepéquez .....	11
Resultados de evaluación de alternativas .....	12
Validación de alternativas .....	12
Resumen .....	18
AREA II	
Caracterización .....	21
Experimentos para mejorar el sistema de producción de papa seguido de maíz +frijol .....	22
Experimentos en fertilización .....	22
Análisis combinado de los experimentos de fertilidad .....	23
Evaluación de fungicidas .....	26
Control químico del tizón .....	26
Fertilización de un sistema propuesto .....	27
Períodos de descanso del suelo e incidencia de enfermedades de la papa .....	28

Variación de los componentes del sistema. Efecto de fuentes y dosis de fertilizante en el sistema maíz + frijol .....	31
Cero labranza en el sistema maíz + frijol .....	32
Conclusiones .....	34

**AREA III**

Caracterización .....	37
Diseño de experimentos en los princi- pales sistemas de cultivo .....	37
Cambio de componentes en el sistema maíz monocultivo' .....	39
Fertilización del maíz con N, P, y S .....	41
Trabajos de 1981 .....	42
Manejo de suelos y arreglos espaciales con variedades de maíz .....	42
Evaluación de la respuesta de variedades de maíz a la fertilización nitrogenada de dos fuentes .....	44
Evaluación de la respuesta de un maíz mejorado a la fertilización con N, P, K .....	45
Cambio de cuatro componentes tecnológicos de manejo del maíz .....	49
Diseño de alternativas .....	54
Sistema maíz-yuca .....	55
Distancias de siembra de yuca y maíz en asociación en fajas .....	55
Epocas de siembra de dos variedades de yuca asociadas con dos variedades de maíz .....	57

**AREA IV**

Caracterización .....	61
Experimentos de 1980 .....	62
Evaluación del sistema maíz/frijol como alternativa de los sistemas maíz-frijol, maíz frijol en monocultivo .....	62
Producción de los sistemas maíz-tomate y maíz repollo, como alternativa de maíz frijol tradicional .....	62
Evaluación de la sensibilidad del sistema maíz frijol al cultivo de maíz .....	63
Evaluación de variedades de frijol enredador en relevo de dos variedades de maíz .....	64
Resultados de los experimentos citados .....	65
Diseño de alternativas mejoradas .....	67
Conclusión .....	70

**AREA V**

Caracterización (primera y segunda zona) .....	75
Investigación efectuada en la primera zona .....	76
Experimentos de 1980 .....	76
Comparación entre el sistema tradicional maíz/sorgo y el sistema mejorado en segunda aproximación .....	76
Validación de componentes del sistema maíz/sorgo .	76
Intensificación del sistema .....	77
Cambio de componentes .....	77
Exploración de nuevos componentes para el sistema maíz/sorgo .....	78

Extrapolación .....	78
Trabajos de 1981 .....	78
Segunda Zona .....	79
Trabajo efectuados en 1982 .....	79

**AREA VI**

Caracterización .....	83
Experimentos .....	85
Evaluación exploratoria de la fertilidad de los suelos .....	85
Evaluación de la respuesta del maíz a la fertilización con N, P, K en niveles cre- cientes .....	85
Evaluación de genotipos de maíz para resis- tencia a plagas y enfermedades .....	85
Seis manejos de maleza y su interacción con las plagas. ....	86
Alternativas para mejorar el sistema maíz-yuca ..	86
Prueba de herbicidas en el sistema maíz y yuca con frijol para determinar residuos tóxicos al frijol' .....	86
Interacción entre manejo de la vegetación y niveles de fertilidad en el sistema maíz + yuca y frijol sobre los tallos de yuca .....	87
Pruebas con otros cultivos .....	87
Conclusión .....	88



AREA VII

Caracterización .....	91
Experimentos exploratorios .....	91
Combate integrado de plagas en el sistema arroz-sorgo .....	93
Respuesta del arroz a la aplicación de cinco niveles de N y P, tres de K. y dos de S .....	93
Respuesta del arroz a la aplicación de cinco niveles de fertilización .....	95
Evaluación de variedades de arroz con dos niveles de fertilización .....	95
Sensibilidad de dos variedades de maíz a la fertilización y el control de insectos del suelo .....	96
Evaluación de 14 variedades de maíz .....	98
Otros experimentos .....	98
Experimentos satélites .....	99
Experimentos de fertilización .....	100
Experimentos con insecticidas .....	100
Experimentos con herbicidas .....	100
Experimentos de variedades .....	101
Experimentos centrales .....	101
Experimentos de comparación de alternativas en 1981 .....	102
experimentos de comparación de alternativas en 1982 .....	104
Conclusiones .....	105
Validación .....	106



## PROLOGO

Se presenta aquí el trabajo de investigación en sistemas de cultivo llevado a cabo en siete zonas diferentes, y por diferentes investigadores.

El propósito específico del presente trabajo es mostrar la estrategia seguida por cada investigador en su área de estudio, para determinar los factores limitantes de la productividad de los principales sistemas de cultivos tradicionales, y para diseñar los experimentos que sometieran a prueba sus hipótesis sobre dichas limitantes; las que le permitirían diseñar una alternativa mejorada de los sistemas en cuestión. La misma que sería después validada y adoptada eventualmente por los agricultores de la zona.

Donde la información disponible lo ha permitido; se ha comentado el tipo de diseño experimental usado en cada caso. Cuando los datos experimentales no estaban disponibles, solo se menciona el tipo de diseño experimental escogido, y otras veces se concreta a dar solamente los resultados de la investigación que condujeron a diseñar la alternativa mejorada del sistema de cultivo en cuestión.

Se espera que esta exposición de las estrategias de investigación en un sistema de cultivo, sirva como guía a los agrónomos que van a emprender trabajos de investigación científica bajo el método de sistemas de cultivo.

Este documento se ha organizado por áreas de trabajo y discute siete de éstas. El Area 1 corresponde a las tierras altas de Guatemala, y al mejoramiento del sistema de cultivo maíz-frijol (milpa). El trabajo incluye el cambio de variedades, el cambio de distancias de siembra, y la introducción de otros cultivos en el sistema.

El Area 2 corresponde a La Esperanza, Intibucá, Honduras, y el trabajo se refiere al mejoramiento del sistema papa seguido de maíz y frijol. El Area 3 corresponde a la región de Puriscal en Costa Rica; donde se trabajó en el mejoramiento de los sistemas maíz monocultivo, y frijol tapado. El Area 4 corresponde a la zona de Matagalpa en Nicaragua, y el trabajo consistió en el mejoramiento de los sistemas maíz-frijol, maíz y frijol en monocultivo. El Area 5 incluye las regiones de Tejutla en el Norte, y Candelaria en el oeste de El Salvador, donde se trabajó en los sistemas maíz-sorgo y maíz-frijol respectivamente. Aunque en Candelaria también se mejoraron los sistemas maíz-frijol + frijol; maíz-frijol + sorgo de escoba; maíz + sorgo de grano + sorgo de escoba; maíz + tomate + maíz + yuca. El Area 6 es la región de Guácimo en la costa atlántica de Costa Rica y allí se trabajó en el mejoramiento de los sistemas maíz-maíz y maíz asociado con yuca y frijol entre los tallos de yuca. Por último el Area 7 corresponde a El Progreso, Chiriquí, Panamá y allí se

trabajó en el mejoramiento del sistema arroz-sorgo. El trabajo en el Area 7 se ajustó con más fidelidad que los otros a la filosofía de la investigación en sistemas de cultivo.

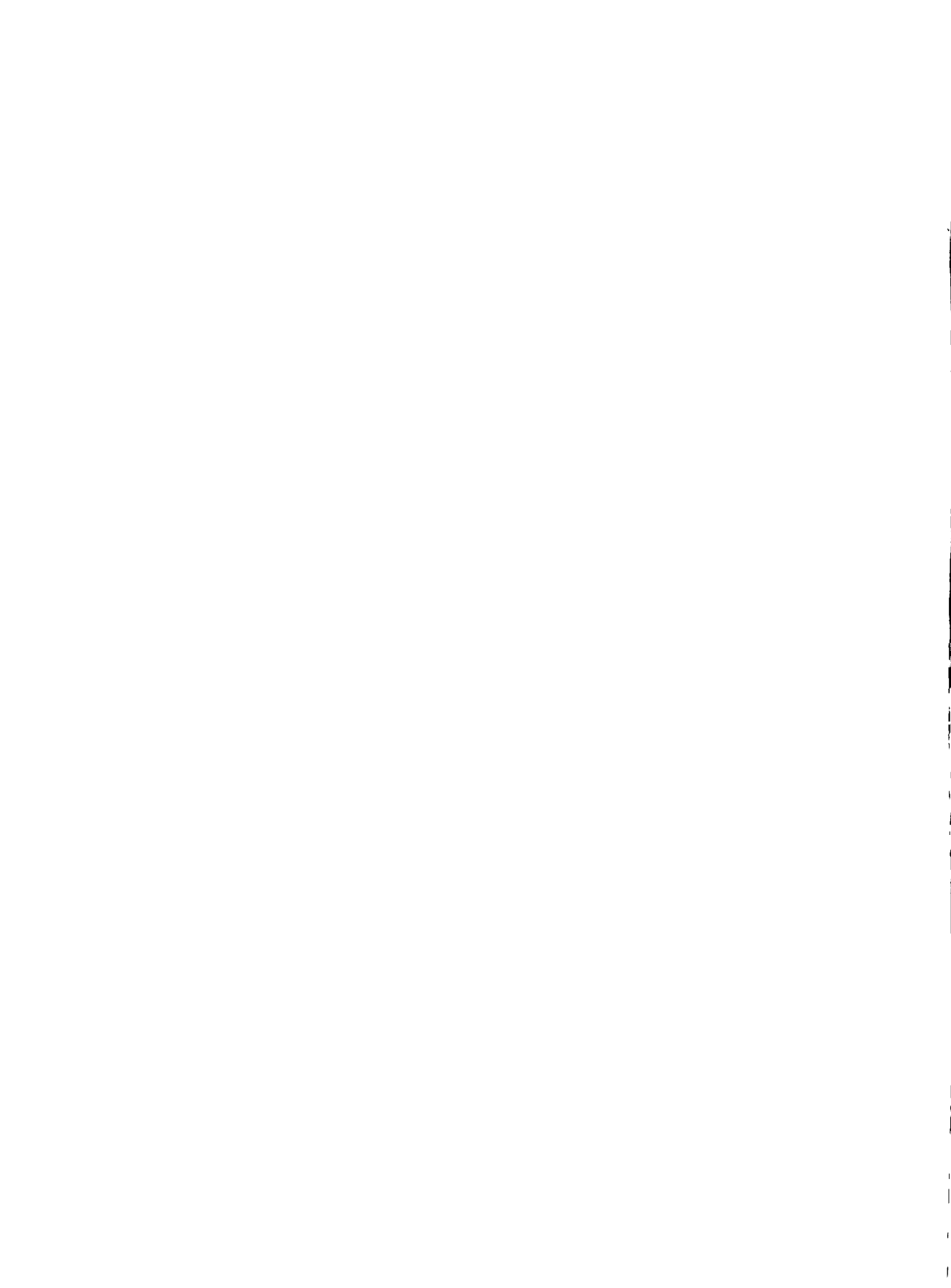
La preparación y edición del documento estuvo a cargo del Ing. José Calvo, el Biólogo Ely Rodríguez y el Lic. Hector Chavarría participaron en la revisión, diseño y publicación del mismo. La supervisión general de todo el trabajo fue responsabilidad del Dr. Carlos F. Burgos.

Se agradece a todos ellos su participación.

Romeo Martínez Rodas  
Jefe  
Departamento de Producción Vegetal



**AREA I**



En el altiplano de Guatemala, con alturas de 1 500 a 2 400 metros sobre el nivel del mar, se seleccionaron cuatro zonas de trabajo así: 1) Zona alta de 2 000 a 2 400 msnm. 2) Zona seca, de 1 500 a 2 100 msnm. 3) Valle de Chimaltenango, de 1 700 a 1850 msnm, y 4) Zona de Sacatepeque de 1 800 a 2 100 msnm. La región entera se caracteriza por una gran densidad de población de pequeños agricultores, y la ausencia de frontera agrícola sugiere el mejoramiento tecnológico de los sistemas de cultivo como única alternativa.

El maíz es el alimento predominante de la población indígena, y el frijol ocupa el segundo lugar. Se usa predominantemente el frijol enredador asociado con maíz para mejor aprovechamiento del terreno, y porque no existían en la zona variedades arbustivas adaptables a la altura. El maíz se siembra tradicionalmente a 1,2 x 1,0 metros, con cuatro o cinco semillas por postura y una población teórica de 33 000 a 41 000 plantas  $ha^{-1}$ . Donde se asocia el frijol con maíz, éste se siembra a 1,0 x 1,0 m, con cuatro o cinco semillas por postura, y una población de 40 a 50 mil plantas  $ha^{-1}$ . El frijol enredador se siembra simultáneamente con el maíz, o hasta 3 meses después, y se usan de dos a seis semillas por postura, lo que da una población de 16 000 a 48 000 plantas  $ha^{-1}$ . Las poblaciones más altas se usan en la fechas de siembra más tardías.

La época de siembra del maíz varía de febrero para el valle de Chimaltenango, a marzo en las zonas más altas del antiplano occidental, abril en zonas con buena humedad residual del altiplano central, y mayo o junio donde hay que esperar la humedad de las lluvias, o donde la humedad residual se usa para otro cultivo, como el frijol arbustivo.

Las lluvias empiezan en mayo o junio en todo el altiplano y llegan hasta octubre o noviembre. La distribución tiene dos picos: uno en junio y el otro en setiembre. Hay una canícula o sequía de 10 a 14 días en julio o agosto.

Como el maíz en estas alturas tiene un ciclo de siete a nueve meses, la cosecha se efectúa de octubre a febrero.

Se estima que la sexta parte del maíz se consume como elote y el resto se cosecha para grano; el rendimiento promedio es de 2200  $kg\ ha^{-1}$ , pero hay mucha variación.

El frijol se siembra en marzo o abril, simultáneamente con el maíz en las partes altas, y en junio en el valle de Chimaltenango, donde se siembra tres meses después que el maíz. El frijol se cosecha de noviembre hasta enero, y los rendimientos son bajos (menos de 65 kg ha<sup>-1</sup> en la mitad de los casos). Muchas veces las enfermedades y las heladas destruyen totalmente las siembras de frijol enredador. Los experimentos han dado rendimientos de 275 kg ha<sup>-1</sup> en las partes altas del altiplano central, 368 kg ha<sup>-1</sup> en Chimaltenango, y 525 kg ha<sup>-1</sup> para Phaseolus coccineus.

Tradicionalmente se asocian otros cultivos con el maíz y el frijol. El más común es habas (Vicia faba) principalmente por encima de los 2200 m. Pero los rendimientos son bajísimos en el sistema del agricultor local, que pone una o dos semillas de haba en el mismo agujero de siembra con cinco semillas de maíz y dos de frijol (menos de 50 kg ha<sup>-1</sup> con una población de 8 a 16 mil plantas ha<sup>-1</sup>) aunque los bajos rendimientos son también el resultado del ataque de enfermedades como Botrytis fabae, B. cinerea, Ascochyta fabae, Alternaria spp., y Fusarium sp., amén de áfidos y pájaros.

Otros cultivos frecuentemente sembrados en forma simultánea, y en la misma postura son arvejas y ayote o calabaza.

También es frecuente la siembra de otros cultivos en relevo de la milpa (maíz y frijol), como frijol arbustivo, papa, ayote, y arveja.

Hay cultivos que no se asocian con la milpa, como el trigo, que es el segundo cultivo de importancia, y que tiende a ser reemplazado con hortalizas por su poca rentabilidad. El trigo se siembra en junio, agosto y setiembre; el más tardío es menos productivo, pero los costos de producción del trigo son inferiores a los de las hortalizas, lo cual, junto con un precio subsidiado por el gobierno, lo hace más atractivo para los agricultores.

La papa se siembra frecuentemente en el mes de mayo, y algunos agricultores la siembran también en época seca, cuando la producción es solo la cuarta parte de la de invierno, y sufre más ataque de polilla.

También las crucíferas son muy comunes, con predominio del repollo de exportación. Una planta local de procesamiento proporciona mercado local para la coliflor y el brócoli. Las crucíferas se siembran por trasplante desde el inicio de las lluvias hasta setiembre, pues resisten las heladas y la sequía mejor que la papa.

El agricultor promedio del altiplano central con 1,25 hectáreas disponibles dedica de 0,6 a 0,8 ha al cultivo de maíz y frijol, y el resto, según su disponibilidad de capital, a trigo, frijol arbustivo, crucíferas, y papa, en ese orden. Este agricultor puede obtener así una entrada neta de \$500 por año, además de su maíz y frijol de consumo.

El agricultor que cuenta con menos de 1,25 ha tiene que emplearse fuera de la finca de 100 a 200 días por año, lo que le da un ingreso neto de \$200 a \$500.

Los experimentos efectuados por ICTA desde 1976 demostraron que otros sistemas de cultivo pueden producir mayores ingresos.



El primer cambio propuesto fue el de surcos dobles, que consiste en sembrar dos surcos de maíz separados por 40 centímetros, dejando una calle de dos metros entre los dobles surcos, y manteniendo la población tradicional de 41 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Esto deja más espacio para los cultivos asociados. Las prácticas corrientes en maíz y los cultivos asociados no se cambian (fecha de siembra, limpiezas, fertilización etc.).

Las primeras tentativas con este sistema no fueron satisfactorias debido a que los cultivos escogidos para asociar con maíz no eran de los más rentables; especialmente el trigo. Y también porque la nueva distancia de siembra dificultaba a los agricultores el aporco necesario para su maíz. La producción de maíz bajó pero aún así el sistema podía ser más rentable que el tradicional si se seleccionaban los cultivos adecuados para la asociación. Todos los experimentos mostraban en 1978 que asociando otros cultivos aumentaba la producción de maíz, mientras que en doble surco se disminuía, sin aumentar mucho el rendimiento de los cultivos asociados. La supuesta ventaja del doble surco, de permitir un segundo cultivo en asociación después de la cosecha de papa, arveja, frijol o calabaza, no fue confirmada, pues este segundo cultivo era de trigo, que dió menos que el trigo en monocultivo. No se pudo encontrar un segundo cultivo que diera buen rendimiento.

En 1979, la estación experimental local desarrolló un nuevo maíz de ciclo corto y porte bajo, que ofreciera menos competencias a los cultivos asociados que el maíz local de ciclo largo (seis meses) y porte alto.

Pero aunque el empleo de este nuevo maíz en el sistema sí mejoró el rendimiento de los cultivos asociados, rindió unos 1400 kilos ha<sup>-1</sup> menos que el maíz tradicional, lo que haría inaceptable para los agricultores cualquier sistema de cultivo.

En este mismo año, el investigador decidió cambiar el sistema de doble surco por uno en que los surcos del maíz estuvieran a 1,80m (surco ancho), con posturas a 0,67m y cinco semillas por postura, lo que dejaba igual la población por hectárea (41 000 plantas). Este nuevo espaciamiento dió mejores rendimientos, pero, de todos modos, la mayor producción de maíz se obtuvo asociando los otros cultivos sin cambiar las distancias tradicionales en el maíz; aunque esto no favorecía a los cultivos asociados.

Las secuencias con brócoli, zanahoria; con papa, zanahoria; y con coliflor, fueron las mejores. Pero otras secuencias pudieron haber fracasado por falta de habilidad hortícola con ellas, y aún cuando se obtuvieron buenos resultados con secuencias de hortalizas de alto valor, el análisis económico reveló que los sistemas monoculturales de secuencia de dos hortalizas produjeron mayor retorno que en asociación con maíz, aunque esta asociación fué mas remunerativa que el sistema de milpa tradicional.

Una debilidad de todas las asociaciones con hortalizas parecía ser la mayor inversión requerida. Otra, su deficiente mercado. Y otra su carácter perecedero. Remolacha y zanahoria parecían ofrecer la mayor estabilidad.

En 1979 fué cuando se decidió dividir el área original de trabajo en el antiplano central en cuatro zonas con caracterís-

ticas más homogéneas, las que se describieron ya brevemente: zona alta, zona seca, valle de Chimaltenango, y zona de Zacatepeque.

Las dificultades presentadas por hortalizas en la asociación llevaron al investigador a pensar en frijoles, por su alto valor por unidad de peso, que abarata el transporte, su buen mercado, sus precios más estables, y su carácter menos perecedero. Así se decidió dar más énfasis al frijol, la lenteja y los chícharos para consumo local y exportación.

En el año de 1980 no se efectuó ninguna validación, porque la estación experimental local pensó que los sistemas propuestos no estaban aún bien probados, y también que eran necesarios más días de campo para demostrarlos.

Las modificaciones propuestas se incorporan a las pruebas de campo de 1980 así:

### Zona Alta

La alternativa evaluada en 1979 se cambió porque se dispuso de una variedad de frijol arbustivo, y una nueva variedad de maíz de ciclo corto y porte bajo, supuestamente superior a la primera introducida en 1979. Así se eliminó el frijol enredadera, porque produce muy poco en la zona alta y afecta más adversamente el maíz de porte bajo. También se propuso sembrar papa después del frijol.

Además, se empezó a trabajar con habas, probando nuevos materiales en las condiciones tradicionales, y aumentando la población, cambiando la fecha de siembra y la fertilización en monocultivo, para ver si su producción mejoraba al no asociarla con maíz. Y también se incorporaron lentejas en los sistemas mejorados de doble surco después del brócoli y la papa, en el mes de octubre, pues la lenteja resiste mejor las heladas y la sequía que la arveja, el trigo o las habas (Cuadro 1).

### Zona Seca

Por la falta de humedad, en esta zona se siembra solo hasta que ya han entrado las lluvias en la tercera semana de mayo.

El maíz se siembra a 1 x 1m con cinco plantas por postura y 50 000 plantas por hectárea.

El frijol enredador no se asocia con maíz; se siembra en monocultivo en mayo, y se sigue de trigo en setiembre.

Cuadro 1. Alternativas diseñadas para la zona seca

	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1	Maíz en monocultivo 1 x 1 m 55 000 pl ha <sup>-1</sup>							
2	Frijol en monocultivo				Brócoli en monocultivo			
	Maíz en surcos dobles 41 000 pl ha <sup>-1</sup>				(5 semillas/postura)			
3	Frijol arbustivo cuatro surcos entre los surcos dobles de maíz				brócoli-tres surcos entre surcos de maíz			
4	Maíz en surcos dobles seis semillas/postura 50 000 pl ha <sup>-1</sup>				Frijol arbustivo como en 3			
					brócoli como en 3			
5	Maíz sembrado a chorro en surcos de 1,80 m				nueve semillas/m. frijol arbustivo tres surcos entre surco de maíz			
					brócoli tres surcos entre surco de maíz			
6	Maíz a 1,80 x 0,55 m (cinco semillas/postura) 55 000 pl ha <sup>-1</sup>				Frijol arbustivo como en 5			
					brócoli como en 5			
7	Maíz como en 5				Papa doce surcos entre surco de maíz			
					frijol arbustivo tres surcos entre surco de maíz.			

El brócoli se usó en vez del trigo debido al interés de los agricultores por producirlo para una planta procesadora local, y porque la producción de trigo en asociación con maíz no ha sido buena.

### Valle de Chimaltenango

En el valle de Chimaltenango el sistema prevaleciente es maíz y frijol enredadera. Las fincas son muy pequeñas, y existen buenas posibilidades de empleo afuera, lo que permite a los agricultores pagar fertilizante y mano de obra para producir el maíz y el frijol que consumen y no venden. El trabajo fuera de la finca no les permite adoptar sistemas intensivos en mano de obra.

Las alternativas se diseñaron para dos grupos de agricultores: los que pueden invertir en mano de obra y capital, y los que no pueden.

Ambos tipos de alternativas trataron de mantener la producción de maíz y frijol de subsistencia y, de aumentar la rentabilidad de las asociaciones con cultivos de mayor valor: una secuencia de arvejas, papas y brócoli, sembradas en febrero, mayo y setiembre respectivamente. La siembra del maíz y frijol se practica en febrero en este valle, porque sus suelos disponen de buena humedad residual.

Para hacer la asociación propuesta, sólo se modificó la distancia de siembra del maíz a 1,80 m (surco ancho) sembrando las posturas a 0,67 m, y conservando la población tradicional de 41 000 plantas de maíz por ha. Ya se había probado que esta distancia no disminuiría la producción de maíz. Además, se dispuso de la nueva variedad de maíz, que no soportó bien al frijol de enredadera, por lo cual se probó también el monocultivo de frijol arbustivo a 55 000 plantas ha<sup>-1</sup>. También se sugirió la posibilidad de evaluar el frijol arbustivo en vez del brócoli en la asociación, y el brócoli en monocultivo después del maíz de ciclo corto, pero esto se hizo cuando ya estaban evaluadas las alternativas propuestas para 1980.

Estas alternativas se probaron bajo dos regímenes diferentes de fertilización: Para los agricultores más pequeños que no pueden comprar fertilizantes químicos se usó gallinaza que era obtenible en la zona, para los otros el fertilizante químico.

Cuadro 2. Alternativas diseñadas para el Valle de Chimaltenango.

		MES													
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
1.	Tradicional	Maíz criollo 1.2 x 1.0 m (41 000 pl ha <sup>-1</sup> )				Frijol enredador									
2.		Maíz criollo 1.0 x 1.9 m (55 000 pl ha <sup>-1</sup> )				Frijol enredador									
3.		Maíz criollo 1.2 x 1.0 m (41 000 pl ha <sup>-1</sup> )				Frijol enredador									
		Arveja		papa			brócoli								
4.		Maíz criollo 1.8 x 0.67 m (41 000 pl ha <sup>-1</sup> )				Frijol enredador									
		Arveja		papa			brócoli								
5.		Maíz Don Marshal 1.2 x 1.0 m 41 000 pl ha <sup>-1</sup>													
6.		Maíz Don Marshal 0.9 x 1.0 m 51 000 pl ha <sup>-1</sup>													
7.		Maíz Don Marshal 1.2 x 1.0 m 41 000 pl ha <sup>-1</sup>				Arveja		papa			brócoli				
8.		Maíz Don Marshal 1.80 x 1.67 m 41 000 pl ha <sup>-1</sup>				Arveja		papa			brócoli				
9.		Arveja		papa			brócoli								
10.		Frijol arbustivo Repollo													

Cuadro 3. Regímenes de fertilización usados en las alternativas diseñadas para el Valle de Chimaltenango.

A la siembra del maíz	Al inicio de las lluvias	Al candealeo del maíz	Costo $\text{ha}^{-1}$	Costo por $\text{kg P}_2\text{O}_5$
1. Sistema tradicional	20-20-0 250kg $\text{ha}^{-1}$		\$399.89	1.76
2. Gallinaza 2000 kg $\text{ha}^{-1}$	20-20-0 250kg $\text{ha}^{-1}$		\$348.43	1.03
3. 0-48-0/200 kg $\text{ha}^{-1}$	20-20-0 250kg $\text{ha}^{-1}$	Urea 200 kg $\text{ha}^{-1}$	\$501.15	1.58
4. Gallinaza/2000 kg $\text{ha}^{-1}$	Gallinaza 2000 kg		\$276.66	0.30
5. 20-20-0/250 kg	20-20-0		\$411.74	1.76
6. 20-20-0/250 kg con calabaza	20-20-0 250kg		\$415.74	1.75
7.	Gallinaza 4000 kg		\$246.00	0.30
8. Gallinaza 2000 kg con calabaza	20-20-0 250kg		\$352.43	1.03

Parecía que la fertilización tradicional al inicio de las lluvias y tres meses después de la siembra del maíz, era demasiado tarde, resultando en pérdidas de fósforo.

Se probó la asociación de calabaza con el maíz y frijol tradicional por los buenos resultados de esta asociación en 1979. Los 8 sistemas resultaban en 100 kg de  $P_{2}O_{5}$   $ha^{-1}$  (Cuadro 4).

### Zona de Sacatepequez

Se diseñaron alternativas diferentes a las de 1979 por la importancia del frijol arbustivo en esta zona, que no se tomó en cuenta antes.

Cuadro 4. Alternativas diseñadas para la zona de Sacatepequez en 1980.

		MES													
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F
1.	Tradicional	Frijol arbustivo 2 surcos/surco de maíz		Maíz criollo 1.0 x 1.2m - 41 000 pl $ha^{-1}$											
2.		Frijol arbustivo - 4 surcos entre el surco doble del maíz				Coliflor - 3 surcos en surco doble de maíz				Maíz criollo en surco doble 41 000 pl $ha^{-1}$					
3.		Frijol arbustivo - 3 surcos en surco doble del maíz				Coliflor - 3 surcos entre cada surco del maíz				Maíz criollo surcos a 1.80 x 0.67 41 000 pl $ha^{-1}$					
4.		Frijol arbustivo como 3				Coliflor como en 3				Maíz Don Marshall 1.80 x 0.67 m 41 000 pl $ha^{-1}$					
5.		Frijol arbustivo				Coliflor monocultivo									
6.		Maíz criollo en monocultivo 1.20 x 1.0 m - 41 000 pl $ha^{-1}$													
7.		Frijol ojotero en monocultivo				Coliflor monocultivo									
8.		Frijol ojotero - 3 surcos				coliflor - 3 surcos para cada surco de maíz				Maíz criollo 1.8 x 0.67 m 41 000 pl $ha^{-1}$					

## Resultados de evaluación

La evaluación mostró que la nueva variedad de maíz de porte bajo y período corto rindió más que la variedad anterior de las mismas características. El frijol enredador tampoco se adaptó bien a esta variedad, que resultó muy baja y de muy corta duración. En cambio, ese período corto del maíz permite transplantar y cosechar un cultivo de brócoli después de cosechar el maíz. En general, la nueva variedad de maíz no fué aún mejor que la variedad tradicional, excepto que permitía cosecharlo en agosto y realizar el tercer cultivo de la asociación como monocultivo.

También se pudo observar que los surcos a 1,80 m reducen algo la producción del maíz, y que todas las ventajas que ese surco ancho da al frijol se pueden lograr con sólo aumentar la población de frijol del sistema tradicional. En cuanto a los otros cultivos, el beneficio de cambiar el espaciamiento tradicional del maíz no se pudo lograr, porque los rendimientos del brócoli y repollo resultaron muy bajos. Sólo se podía justificar el espaciamiento del maíz a 1,80 m en el caso de sembrar zanahoria después del frijol (Fig. 1).

El uso de gallinaza en la fertilización resultó en un mayor ingreso neto general y un mayor retorno sobre la inversión.

En las pruebas de fertilización e inoculación de chícharos se obtuvo 20 veces más producción que lo que obtienen los agricultores cuando lo asocian con maíz. Estas pruebas se hicieron como monocultivo al principio de las lluvias, tuvieron una población 10 veces mayor que las que usan los agricultores y se les aplicó fungicidas.

## Validación de Alternativas

Diez agricultores del área de Sacatepequez adoptaron espontáneamente el sistema de surco ancho en maíz en asociación de coliflor. La asociación de papa con maíz en Chimaltenango aumentó significativamente la producción de maíz, como ya se había constatado en 1978 y 1979 en la parte alta. Los surcos de maíz a 1.80 m se comportaron bien en todos los sitios durante 1980, demostrando que esta alternativa tiene validez en todas las zonas donde se adoptó.

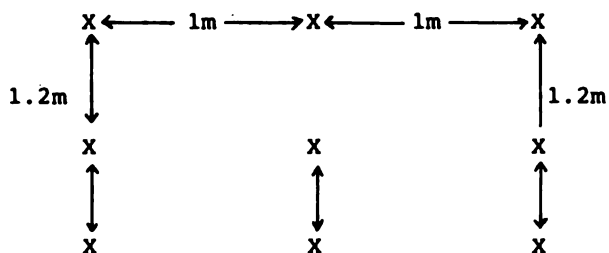
Los Cuadros 5 y 6 muestran los rendimientos de los cultivos en los sistemas probados en Chimaltenango, y un análisis económico de los mismos.



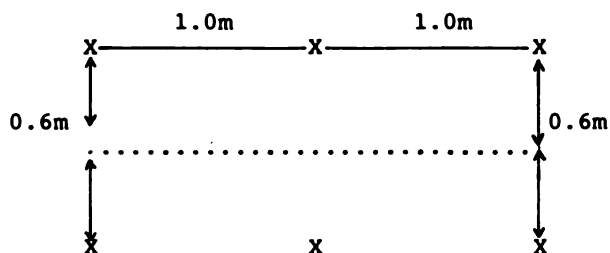
Figura 1. Arreglo tradicional y mejorado de cultivos en el Altiplano Central de Guatemala

- X - Postura de milpa  
5 semillas de maíz, 2 semillas frijol de enredadera,  
1 semilla frijol rojo.
- . - Postura de frijol de matocho.  
2-3 semillas frijol de matocho  
papa, calabaza o guisante pueden sustituir al frijol

1. Tradicional



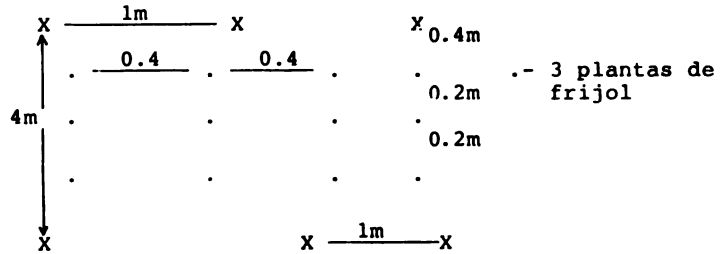
2. Asociación tradicional



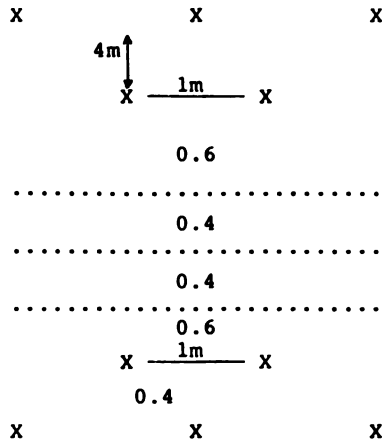
Continúa ...

Continuación Figura 1 ...

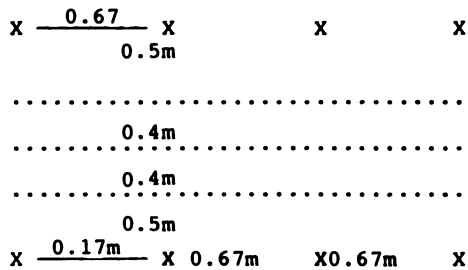
3. Asociación tradicional sistema "marimba"



4. Doble surco



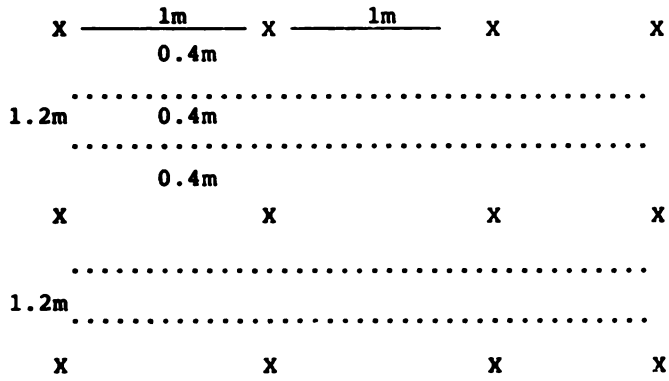
5. Innovación del CATIE (Surcos a 1,8 m)



Continúa ...

Continuación Figura 1...

6. Innovación de CATIE para sistemas tradicionales



15

Cuadro 5. Rendimientos de maíz, frijol enredador, frijol arbustivo, papas y brócoli en dos experimentos de sistemas en el Valle de Chimaltenango. 1980.

Sistema	(Kg ha <sup>-1</sup> )						
	G60780-F. Capital F. Aloneo G60880						
	Maíz	Papa	Brócoli	Maíz	Papa	Frijol	Enredador Arbustivo
<b>Maíz tradicional 41 000 pl ha<sup>-1</sup></b>							
a. Criollo, alto, 8 meses	2 622			3 579			722
b. Don Marshall, bajo, 6 meses seguido por brócoli o frijol arbustivo	2 398		8 487	3 066			964
Papa en monocultivo seguido por brócoli o frijol arbustivo en monocultivo		23 635	9 983		24 343		732
<b>Maíz, densidad alta, 55 000 pl ha<sup>-1</sup></b>							
a. Criollo	3 505			3 670			861
b. Don Marshall, seguido por brócoli o frijol arbustivo	3 526		8 117	3 444			845
<b>Maíz tradicional 41 000 pl ha<sup>-1</sup> asociado con papa seguido por brócoli o frijol arbustivo</b>							
a. Criollo	3 635	7 500	3 187	4 964	5 719		885
b. Don Marshall, seguido por monocultivo de brócoli o frijol arbustivo	3 727	14 962	8 433	2 383	10 529		940
<b>Maíz en surcos de 1.8 m 0.67m entre posturas, 41 000 pl ha<sup>-1</sup> con papa o brócoli seguido por frijol arbustivo.</b>							
a. Criollo	3 966	12 550	4 925	5 634	9 683		863
b. Don Marshall, seguido por monocultivo de brócoli o frijol	3 304	17 172	10 509	2 223	15 479		900
D.M.S. (p=0.05)	1 551	9 097	3 401	2 097	5 215		285
C.V. (%)	19.68		18.15	32.43	21.43		17.91

Cuadro 6. Análisis económico de las alternativas estudiadas en el Valle de Chimaltenango. 1980

Sistema	Rend. Maíz Kg ha <sup>-1</sup>	Rendimiento Papa kg ha <sup>-1</sup>	Rendimiento Brócoli kg ha <sup>-1</sup>	Valor de los productos (Quetzales por hect.)		Valor Total	Costos Totales Q ha <sup>-1</sup>	Ingreso Neto Q ha <sup>-1</sup>
				Maíz	Brócoli			
1. Sistema tradicional	2 628			462		462	412	50
2. 55 000 pl ha <sup>-1</sup>	3 511			617		617	553	64
3. Tradicional asociado con papa y brócoli	3 656	7 509	3 115	3 101	1 486	3 101	1 950	1 151
4. Surcos de 1,80 asociado con papa y brócoli	3 972	12 582	4 308	699	2 491	4 518	2 537	1 981
5. Sistema tradicional	2 404		8 287	2 975	2 552	2 975	1 225	1 750
6. 55 000 plantas por hectárea	3 531		7 866	3 043	2 423	3 043	1 326	1 717
7. Arreglo tradicional asociado con papa seguido por brócoli	3 735	14 954	8 340	658	2 960	6 186	2 601	3 585
	3 306	17 194	10 237	7 141	3 404	7 141	3 165	3 976
		23 650	9 881	4 682	3 058	7 740	2 875	4 865

Como se puede ver, el investigador procuró encontrar alternativas mejoradas para los sistemas de cultivo más importantes según la caracterización preliminar de la zona. La gran variedad de sistemas de cultivo practicados, dificultó mucho este propósito; aún después de dividir la zona original de trabajo en tres regiones más homogéneas. Pero a pesar de esa gran variabilidad, se logró encontrar algunos sistemas mejorados de cultivo en el corto tiempo disponible, y estos sistemas mejorados fueron adoptados por los agricultores. También se puede notar en este trabajo un método más bien intuitivo de encararlo, y no el método sistemático que se pretendía; una desviación justificada por la gran variedad de sistemas de cultivo practicados que se han notado, y por las limitaciones del tiempo, que condujeron finalmente a concentrar el esfuerzo en una de las tres zonas.

---

**AREA II**





Un estudio de caracterización reveló una región poco desarrollada, con malos caminos, situada a 14°15' norte y 88°12' Oeste, con una topografía muy irregular, una altura que va de los 1 500 a los 2 100 msnm, una temperatura media de 17 °C con mínimas de 14 °C y máxima de 23 °C, y una precipitación bimodal de 1 350 mm con picos en mayo y octubre. La zona tiene una población de 20 000 habitantes dedicados a una agricultura en que predomina el sistema de papa, seguido de la asociación maíz + frijol, en dos modalidades:

a. Papa sembrada en enero, seguida de la asociación maíz + frijol en abril o mayo, y solo maíz + frijol durante los tres años siguientes.

b. Papa sembrada en marzo ó abril, seguida de la asociación maíz + frijol en los tres años siguientes.

Esta rotación con papa cada cuatro años se debe a que: 1<sup>ro</sup>, los dueños de la tierra; que son productores de maíz y frijol, la prestan a otros agricultores; que son productores de papa, para beneficiarse del uso intensivo de fertilizantes que se hace en la papa, y que les queda como residuo para sus cultivos de subsistencia durante los siguientes tres años, y 2<sup>do</sup>, porque la papa que siembran sufre mucho del ataque de marchites bacterial (Pseudomonas solanacearum) y el descanso durante tres años reduce el inóculo en el suelo.

La modalidad b, con la siembra de papa en marzo o abril se debe a que la semilla, que viene de Holanda, llega tarde a veces. La papa se siembra surcando con azadón a 10 centímetros de hondo y 1 metro entre surcos para el verano y en suelo plano, y a 1,20 m en el invierno y en laderas. Se ponen 1300 kg ha<sup>-1</sup> de 12-24-12 al fondo del surco, se ponen también 15 kg ha<sup>-1</sup> de Furadán o heptacloro ó 30 kg de aldrin, y se cubre con tierra. Luego se pone la semilla a 30 cm si es grande, 25 cm si es mediana, y 20 cm si es pequeña, se asperja con benlate y se tapa. Cada ocho días se hace un riego en verano; a los 30 días se aporca para controlar malezas, aclarar las plantas, y evitar el verdeamiento de los tubérculos; y al momento de la aporca se ponen 120 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>.

La semilla de papa es el problema principal. Se usan dos variedades: Alpha, en el 90 por ciento del área, resiste bien el almacenamiento, y Atzimba, en el 10 por ciento del área, no lo resiste bien. Esta semilla resulta muy cara, pues su costo representa la mitad del costo total, y es muy susceptible a la marchitez (*P. solanacearum*), al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y a *Erwinia* (posiblemente *E. atroseptica*). También ocurre, como se dijo, que a menudo llega tarde esta semilla, lo que impide seguir a la papa con maíz + frijol ese mismo año. Para controlar el tizón tardío se acostumbra hacer una aplicación semanal de mancozeb en verano y dos en invierno. El rendimiento de papa es de unas 15 tm ha<sup>-1</sup> y el ingreso neto unos US\$4000 ha<sup>-1</sup>.

Con respecto a la asociación maíz + frijol, no se hace preparación del terreno si se siembra inmediatamente después de cosechar la papa, en el suelo de arranque. Si se hace el año siguiente se limpia a machete, se quema, y se ara con bueyes, o se siembra a chuzo. El maíz es nativo, de la variedad "roque" blanco o amarillo, de porte alto y delgado, y de grano cristallino. El frijol es de la variedad nativa "milpero", de grano pequeño rojo o negro, o de la variedad nativa "chinapopo" (*P. coccineus*), negro, crema, rojo, blanco o moteado. Se ponen dos o tres semillas de maíz y una semilla de frijol en el mismo hoyo a distancias de 1,20 x 1,20 m; se hace una limpia y un aporque en junio o julio, se dobla el maíz en octubre o noviembre y se cosechan ambos granos en diciembre. No se usan insecticidas, aunque hay mucho ataque de gusanos cortadores y de Diabrotica. Tampoco se fertiliza, dependiendo sólo del residuo de la papa, a pesar de que la Agencia de Extensión Agrícola recomienda poner 125 kg ha<sup>-1</sup> de 12-24-12 y 60 de urea. El maíz da unos 600 a 800 kg de grano ha<sup>-1</sup>, y el frijol unos 300 kg ha<sup>-1</sup>. Ambos se usan para autoconsumo. Los rastrojos de maíz y frijol se pastorean.

En vista de la gran importancia del sistema papa seguido de la asociación maíz más frijol, los investigadores decidieron estudiar las posibilidades de mejorarlo, evaluando las prácticas de cultivo y los componentes del sistema, y probando alternativas; mediante una serie de experimentos, así:

1- Estudio de fertilidad del sistema papa seguido de la asociación maíz más frijol. Experimento efectuado en una estación experimental de la zona. Como los estudios existentes se referían a cantidades variables de fórmulas completas de fertilizante, y esto no permite reconocer el efecto de cada elemento mayor por separado, ni las interacciones entre ellos, se efectuó un experimento con tres niveles de nitrógeno (15, 150 y 225 kg ha<sup>-1</sup>); tres niveles de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (150, 300 y 450 kg ha<sup>-1</sup>); y tres niveles de K<sub>2</sub>O (75, 150 y 225 kg ha<sup>-1</sup>) aplicados a la papa. El nivel medio de cada elemento es aproximadamente la cantidad que usan los agricultores, y que proporcionó al investigador el criterio para decidir los niveles a probar. El maíz y el frijol no se fertilizaron, para poder probar el efecto residual del cual estarían dependiendo los agricultores.

Para este experimento el investigador escogió un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, porque este

diseño le permitió separar el error experimental del que proviene de las diferencias de fertilidad de la tierra; puesto que los tratamientos se repiten todos al azar en cada uno de los tres bloques o repeticiones, lo cual les da un chance igual para participar de la diferencia de fertilidad que puede existir entre los bloques. Además, el investigador dispuso probar tres elementos, a tres dosis cada uno, lo que, junto con las tres repeticiones del diseño (bloques), le da un factorial de  $3 \times 3 \times 3$ .

El investigador evaluó también los datos de producción por calidades de papa obtenida, llamando a la papa de primera "índice de calidad", a la de primera más la segunda "índice económico" y a las de primera + segunda + tercera + cuarta "índice biológico". El análisis de varianza a continuación muestra la importancia del efecto del nitrógeno y del potasio en la calidad de la papa, y la importancia del efecto del nitrógeno y fósforo en el rendimiento total.

Por otra parte, los niveles crecientes de nitrógeno aumentaron el número de mazorcas de maíz, mientras que los niveles crecientes de fósforo residual aumentaron significativamente el rendimiento del frijol.

Los efectos de los elementos son aditivos porque no hubo interacción entre ellos. Se halla una alta correlación positiva (0,98) entre índice biológico e índice comercial. El tratamiento que maximizó la producción comercial fue 3-3-1 (N-P-K) con  $22,24 \text{ tm ha}^{-1}$ ; y el de menor producción 1-1-2 (N-P-K) con  $10,78 \text{ tm ha}^{-1}$ .

2- El estudio anterior se repitió en la finca de un agricultor de la zona, con sólo dos repeticiones (dos bloques). El nitrógeno y el fósforo no dieron interacción significativa tampoco aquí, y ambos aumentaron el rendimiento, aunque el N sólo hasta la dosis intermedia, pero las cantidades crecientes de N sí disminuyeron significativamente el daño de *Erwinia* sp. El fósforo aumentó el rendimiento de maíz hasta la dosis intermedia, y lo bajó en la tercer dosis.

3- Una vez que el investigador obtuvo los datos de estos dos experimentos, llevó a cabo un análisis combinado de ambos (Cuadro 7), usando sólo dos repeticiones de cada lugar, en un diseño de parcelas divididas, en el cual la parcela principal fue lugares, y la subparcela niveles de NPK. Así se buscaba separar el error experimental para sitios de aquel debido a los fertilizantes. Este diseño es como uno de bloques al azar, pero aquí la aleatorización de las subparcelas se efectúa en las parcelas principales, y luego estas últimas se aleatorizan en los bloques. El análisis de varianza muestra el efecto de sitios para todas las variables en estudio (Cuadro 8).

Cuadro 7. Análisis combinado de los experimentos 1 y 2.

Cuadros medios											
Fuentes	G.L.	Papa			Indice biológico	Erwinia	Maíz		Energía en M cal ambos cultivos		
		Indice calidad	Indice económico	Indice biológico			Altura planta	Rendimiento	Indice calidad	Indice económico	Indice biológico o energía Total
Repeticiones	1	0.1	29.1	17.9	7.7	0.68*	351 460	142+05	509+06	331+06	
Tratamientos	53	50.3**	73.9**	69.6**	10.4*	0.05	486 480	801+06**	114+07**	108+07**	
Niveles	26	49.4**	53.3**	54.4**	5.3	0.04	326 690	760+06**	805+06**	820+06	
Error a	26	9.1	12.3	11.4	4.7	0.04	297 910	154+06	215+06	202+06	
Sitios	1	1 118.1**	2 269.6**	2 058.5**	270.0**	0.21**	656 680**	183+08**	355+08**	324+08**	
Niveles X sitios	26	10.0	10.1	8.3	5.0	0.05	415 420	163+06	163+06	137+06	
Error b	27	10.7	10.5	10.0	3.9	0.04	616 340	208+06	193+06	186+06	

\* = Significativo al 1%

\*\* = Significativo al 5%

Cuadro 8. Análisis de varianza del primer experimento en papa.

Fuentes de variación	Grados de libertad	índice de calidad	índice económico	índice biológico	Total de mazorcas de maíz	Rendimiento frijol
Repeticiones	2	4.1	38.4	17.6	14.1	119 260
Tratamientos	26	34.2*	29.4*	30.0*	12.0	108 770
Nitrógeno	2	284.9**	232.9*	234.0**	64.6*	20 100
Fósforo	2	19.3	37.3*	52.8**	6.1	539 650*
Potasio	2	42.8**	24.0	21.5	23.9	51 336
Nitrógeno x Fósforo	4	2.3	5.5	7.0	7.8	23 581
Fósforo x Potasio	4	11.6	5.9	3.4	7.1	24 526
Nitrógeno x Potasio	4	12.8	4.7	4.3	6.8	17 880*
N x P x K	8	11.0	14.1	13.1	4.6	87 738
Error	52	6.8	7.6	7.7	17.0	58 227
Total	80					

\* = Significativo al 1%

\*\* = Significativo al 5%

Los rendimientos de papa y maíz y, por supuesto la producción total de energía, fueron significativamente mayores en la finca del agricultor que en la estación experimental por la diferencia conocida de suelos.

Como puede verse, los rendimientos de papa y maíz se transformaron a M cal para hacerlos sumables y analizarlos juntos. El frijol no se incluyó en este análisis energético porque fue cosechado unilateralmente por el agricultor colaborador en ese ensayo.

Como no hubo interacción entre sitios y niveles se juzga que el análisis y la discusión anteriores son válidos, es decir, que el análisis combinado de los dos experimentos tiene validez.

#### 4- Evaluación de cuatro fungicidas y tres dosis para control de tizón tardío (Phytophthora infestans) en papa en la época seca.

Como se ha dicho en la sección de caracterización, uno de los problemas mayores en el cultivo de la papa de semilla importada es su susceptibilidad a las enfermedades; principalmente al tizón, que los agricultores de la zona en discusión controlan tradicionalmente con mancozeb, cuya eficacia había disminuido, en apariencia. Por esta razón, los investigadores juzgaron necesario, después del estudio de fertilización, explorar alternativas en el control del tizón tanto en época seca como en época lluviosa.

Para el experimento en época seca se sembró la variedad Alpha y se hicieron las mismas prácticas de cultivo que acostumbraban los agricultores. Los tratamientos consistieron en cinco fungicidas a tres dosis cada uno: la máxima y mínima recomendada por los fabricantes, y una dosis intermedia. También se incluyó un testigo sin tratamiento. El diseño experimental seleccionado fue el de bloques al azar con tres repeticiones, de los cuales sólo dos se tomaron en cuenta para el análisis, por pérdida de información, pero como no se presentó la enfermedad sino hasta que la papa estaba casi en su desarrollo completo, el análisis no mostró diferencias significativas entre los fungicidas probados.

#### 5- Control químico de tizón de la papa en la zona bajo estudio (época lluviosa).

En este experimento se probaron los fungicidas mancozeb, difolatan, manzate, ridomil y daconil, mas un testigo sin tratar. Cada uno de los fungicidas se probó a tres dosis, como se explica en el experimento anterior, excepto el daconil, que se probó a dos niveles. En este caso la variedad Alpha se fertilizó con 1 300 kg ha<sup>-1</sup> de la fórmula 12-24-12. Todas las parcelas recibieron el mismo manejo, y las aplicaciones de fungicida se efectuaron cada siete días, excepto de ridomil, que se hicieron cada catorce días.

Estos tratamientos se pusieron en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones cuyo análisis se da en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis de varianza del Experimento 5

Cuadrados medios

Fuentes	G.L.	Indice de calidad	Indice económico	Indice biológico	Tizón
Repeticiones	3	57,5**	70,9**	92,4**	2,6**
Tratamientos	14	70,2**	168,7**	205,3**	6,9**
Error	42	6,6	10,0	9,9	
TOTAL	59	-	-	-	-

\*\* = Significativo al 5%

La comparación entre tratamientos mostró que el de ridomil produjo más papa por área y mayor ingreso neto. La dosis mayor de ridomil aumentó la producción en cinco  $\text{tm ha}^{-1}$  y el ingreso neto en más de \$1000 U.S. dolares  $\text{ha}^{-1}$ . El testigo absoluto no produjo papa, demostrando la necesidad de controlar el tizón, especialmente en las siembras durante la época de lluvias.

6- Fertilización del sistema papa + zanahoria + repollo, incluyendo micro-nutrientes y una fuente de azufre.

En los experimentos de fertilización del sistema papa seguido de la asociación maíz + frijol en altura, hubo cierta indicación de respuesta a los sulfatos de las fórmulas completas, y como los análisis del suelo sugerían también la posibilidad de respuesta a micro-elementos, se decidió efectuar una prueba para evaluar esas hipótesis, y se llevó a cabo en una estación experimental de la zona en julio de 1980. Se dispusieron seis tratamientos en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones de la siguiente forma:

- 1- 20 qq  $\text{mz}^{-1}$  de 12-24-12 (testigo del agricultor)
- 2- 20 qq  $\text{mz}^{-1}$  de 12-24-12 de fuentes individuales para cada elemento (N de urea).
- 3- 20 qq  $\text{mz}^{-1}$  de 12-24-12 de fuentes individuales para cada elemento (N de  $\text{NO}_4$ )
- 4- Igual al N<sup>01</sup> más "tacamiento" (una mezcla de micro-nutrientes)
- 5- Igual al N<sup>02</sup> más "tacamiento"

6- Igual al N<sup>o</sup>3 más "tacamiento".

Se usó la variedad de papa Alpha y el manejo común de la zona. El análisis de varianza siguiente (Cuadro 10), no reveló diferencias significativas entre las variables en estudio, excepto para maduración, pues los tratamientos con N de urea atrasaron la maduración de la papa, lo cual es interesante, pero sin importancia en los sistemas de producción actuales.

Cuadro 10. Análisis de varianza del experimento 6

Fuentes	G.L.	Cuadrados medios para maduración
Repeticiones	3	0,44
Tratamientos	5	1,87 **
Error	15	0,31
TOTAL	23	-

\*\* = Significativo al 5%

La comparación entre tratamientos se hizo por el método de la menor diferencia significativa, igual que en el experimento anterior, pero se debió usar otro método de comparar.

Después de la cosecha de papa en parcelas de cuatro surcos (bloques), se sembraron al azar en cada parcela dos surcos de zanahorias y dos de repollo para estudiar el efecto residual de la fertilización sobre estos cultivos, que tuvieron buen rendimiento en todos los tratamientos, sin diferencias significativas.

7- Efecto de períodos de descanso del suelo en el rendimiento o incidencia de enfermedades de la papa.

La presencia de marchitez bacteriana (Pseudomonas solanacearum) en esta zona, obliga a los agricultores a una espera de tres a cuatro años antes de volver a sembrar papa en el mismo terreno, para disminuir el inóculo y obtener una buena cosecha. Esta espera tan larga aumenta los costos de producción por la necesidad de habilitar nuevas tierras en cada temporada. Por eso los investigadores planearon un experimento para probar el control químico de la marchitez mediante el tratamiento de la semilla y del suelo en lotes con diferente historial de siembra.

Se seleccionaron cuatro lotes similares y cercanos:

1- Uno donde nunca se había sembrado papa



- 2- Uno que había tenido papa dos años atras
- 3- Uno que había tenido papa un año atras
- 4- Uno donde la papa se cosechó una semana antes.

Se usó la variedad Alpha con una fertilización de 1 300 kg  $ha^{-1}$  de 12-24-12 y se hicieron aplicaciones semanales de mancozeb a todos los lotes, que recibieron también el mismo manejo general.

Los tratamientos fueron: Agrimicin, Benlate, PCNB, Agrimicin + Benlate, Agrimicin + PCNB, testigo; puestos en un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones en cada lote.

El experimento se analizó como si fuera un diseño de parcelas divididas, desechando el lote 4 donde casi no hubo producción. Los seis productos (Agrimicin, Benlate, PCNB, Agrimicin + Benlate, Agrimicin + PCNB, y nada) fueron en este análisis las parcelas principales; y los tres lotes las subparcelas.

El testigo absoluto no produjo papa por daño de tizón. Ridomil resultó ser el mejor fungicida tanto en rendimiento de tubérculos por área, como en ingreso neto. La dosis mayor de ese producto aumentó la producción en 5 tm  $ha^{-1}$ , y el ingreso neto en más de \$1 000  $ha^{-1}$ . Las lecturas periódicas mostraron una relación directa entre los rendimientos altos y la baja incidencia de tizón.

#### 8- Variedades x densidades x distancias en maíz asociado con frijol y zanahoria.

Como se ha explicado, la asociación maíz y frijol es muy importante en la zona de altura cuyo estudio se comenta aquí. Se habían estudiado allí algunos materiales genéticos, así como el manejo de la fertilidad, pero no se habían intentado nuevas distancias de siembra (arreglos espaciales) junto con la introducción de nuevos cultivares.

Los investigadores decidieron entonces estudiar el comportamiento de dos nuevas variedades de maíz asociadas con frijol y zanahoria; dos poblaciones de maíz (44 000 y 55 000 plantas  $ha^{-1}$ ) y tres distancias entre hileras (1,0, 1,5 y 2,0m).

El experimento se efectuó en una estación experimental con un arreglo factorial de 2x2x3 en un diseño de bloques completos al azar con 12 tratamientos y tres repeticiones.

El maíz y el frijol se sembraron en el mismo hoyo, la zanahoria se puso entre las hileras de aquellos; uno, dos, o tres hileras entre las distancias de 1, 1,5 y 2m respectivamente.

El análisis de varianza (Cuadro 11) indica que todas las variables en estudio -- excepto en relación con la zanahoria-- fueron afectadas significativamente por los tres factores y algunas de sus interacciones.

Cuadro II. Análisis de varianza del experimento 8.

		Cuaedros medios						
Fuentes	G.L	Plantas de maiz	Jilotes	Mazorcas totales	Mazorcas podridas	Rendimiento	Plantas de frijol	Rendimiento frijol
Repeticiones	2	188+04	177+05	418+04	122+05	363+03	997+03	717+02
Tratamientos	11	182+06**	202+06**	238+06**	147+06**	227+04*	373+05**	602+02
Distancias	2	460+06**	440+C**	702+06**	233+06**	787+04**	120+06**	314+01
Variades	1	553+06**	806+06**	533+06**	762+06**	222+04*	970+04	177+03**
Densidad	1	367+06**	390+06**	538+06**	130+06**	480+04**	113+06**	196+03**
Dist x vara.	2	142+05	298+05*	109+05	165+05	325+03	233+04	526+01
Var x Dens.	1	593+05*	408+05*	282+05	104+06	544+02	127+04	104+03*
Dist x Dens.	2	322+05	492+05**	386+04	185+05	537+03	184+05*	164+02
$\frac{1}{D}$ Dis x var x Dens	2	539+04	219+05	429+05	605+05	244+03	172+04	704+02
Error	22	747+04	588+04	231+05	143+05	466+03	316+04	210+02
Total	35							

\* = Significativo al 1%

\*\* = Significativo al 5%

1/ = Distancia x variedad x densidad

Se presume que la falta de significación para la zanahoria se debió a excesiva variación, por el establecimiento irregular del cultivo entre tratamientos y repeticiones, como resultado de usar varios sembradores. Pero el rendimiento de maíz disminuyó significativamente conforme aumentó la distancia entre hileras, y aumentó cuando se pasó de 44 000 a 55 000 plantas ha<sup>-1</sup>. La variedad Quijala fué estadísticamente superior en rendimiento al criollo 3. El frijol produjo significativamente menos cuando se asoció con la variedad Quijala y más cuando la densidad del maíz fue de 44 000 plantas ha<sup>-1</sup>, como se ve a continuación en los promedios de tratamientos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Promedios de tratamientos del experimento 8.

Variedad y densidad ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>					
	Maíz			Frijol		
	Distancia en metros					
	1	1,5	2	1	1,5	2
Criollo: 55000 plantas	3333	3256	2091	322	538	467
Criollo: 44000 plantas	3385	1938	1168	774	668	653
Quijala: 55000 plantas	3829	3878	2466	482	311	437
Quijala: 55000 plantas	3229	2974	1777	427	546	377

9- Efecto de las fuentes y dosis de nitrógeno y de las dosis de fósforo en el sistema maíz + frijol en altura.

Este experimento tenía como propósito estudiar la respuesta de la asociación maíz + frijol a la aplicación de azufre, que se había presumido antes en el cultivo de la papa, como se explicó en el experimento número 6. Se probaron entonces dos fuentes de nitrógeno: sulfato de amonio y urea. Y dos dosis: 45 y 90 kg ha<sup>-1</sup>. También se pusieron dos dosis de fósforo: 32 y 64 kg ha<sup>-1</sup>.

El experimento se sembró en la estación experimental de la zona en junio 16, y los 8 tratamientos se pusieron en un arreglo factorial de 2x2x2 (fuentes de nitrógeno, dosis de nitrógeno y dosis de fósforo), sobre un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

El análisis de varianza no mostró diferencias para ninguna de las variables (Cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis de varianza del experimento 9

Fuentes	G.L.	Cuadrados medios	
		Rendimiento de maíz	Energía total M cal ha <sup>-1</sup>
Repeticiones	2	303 + 3	106 + 5
Tratamientos	7	623 + 3	111 + 5
Fuentes	1	138 + 3	223 + 4
N	1	874 + 3	100 + 5
P	1	403 + 2	428 + 4
FxN	1	585 + 3	160 + 5
NxP	1	246 + 4*	356 + 5*
FxP	1	156 + 1	152 + 4
FxNxP	1	393 + 3	734 + 4
Error	14	547 + 3	604 + 4

\* = Significativo al 1%

El análisis fue significativo para la interacción NxP en las variables rendimiento de maíz y producción de frijol. Se notó que al nivel 1 de nitrógeno, la adición de P disminuye el rendimiento y la energía total, mientras que al nivel 2 la adición de fósforo aumenta el rendimiento y la energía total.

Este experimento se repitió en la finca de un agricultor, quien cosechó el frijol, por lo cual sólo se analizaron los datos del maíz, y los resultados fueron similares a los que se obtuvieron en la estación experimental.

10- Cero labranza en el sistema maíz + frijol en altura.

Debido a que muchos de los terrenos que se usan en el sistema maíz + frijol, en esta zona bajo discusión, son pendientes que sufren problemas de erosión con la labranza tradicional, los investigadores decidieron experimentar la posibilidad de usar herbicidas, y dispusieron hacer un experimento en al finca de un agricultor, con 14 por ciento de pendiente. Se trató de un factorial de 2 x 4. El primer factor fue A<sub>1</sub> = sin limpia ni aporque y A<sub>2</sub> = con limpia y aporque, el segundo factor fue B<sub>1</sub> = labranza tradicional, B<sub>2</sub> 4 l ha<sup>-1</sup> de gramoxon; B<sub>3</sub> 3 l ha<sup>-1</sup> de glifosato; y B<sub>4</sub> = 4 l paraquat + 3 l de glifosato. Los tratamientos fueron entonces:

1.	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	5.	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>
2.	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	6.	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>
3.	A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	7.	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>
4.	A <sub>1</sub>	B <sub>4</sub>	8.	A <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>

Estos tratamientos se pusieron en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, cuyo análisis de varianza fue el siguiente (Cuadros 14, 15):

Cuadro 14. Análisis de varianza del experimento 10

Fuentes	G.L.	Altura plantas metros	Cuadrados medios		rendimiento maíz 14 ha sembradas
			Total mazorcas	mazorcas podridas	
Repeticiones	1	0,33	115	5,0	557 + 4*
Tratamientos	7	0,07	100	4,3	556 + 3
A	1	0,20	264*	0,5	185 + 4*
B	3	0,07	63	7,2	379 + 3
AxB	3	0,08	82	2,7	466 + 3
Error	14	0,07	68	7,2	379 + 3

\* = Significativo al 1%

Cuadro 15. Promedios de los niveles significativos. Experimento 10

	Altura de planta en metros		Miles de mazorcas		miles de mazorcas podridas		rendimiento de maíz en kg ha <sup>-1</sup>	
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
B <sub>1</sub>	2,62	2,73	15	10	4	8	2 263	1 870
B <sub>2</sub>	2,21	2,68	14	16	4	6	888	2 003
B <sub>3</sub>	2,71	2,78	14	15	2	4	1 278	2 413
B <sub>4</sub>	2,58	2,76	24	13	7	5	1 834	2 253

El factor  $A_2$  (con limpia y aporque) aumentó significativamente la altura de las plantas, el total de mazorcas, y los rendimientos de maíz; mientras que el factor B (herbicidas) disminuyó la cantidad de mazorcas podridas.

En este caso se identificó un sistema de cultivo solamente, y resultó más fácil diseñar una estrategia para mejorarlo, la que consistió de diez experimentos cuya necesidad era razonable para el investigador; siete experimentos sobre fertilización y control de enfermedades en el sistema papa seguida de maíz + frijol; un experimento con nuevas variedades de maíz asociado con frijol, y zanahoria y a diferentes densidades y distancias de siembra; un experimento de fertilización directa al maíz y el frijol; y un experimento de cero labranza en el sistema maíz + frijol. Con este trabajo se contribuyó a mejorar el sistema de cultivo tradicional de la región.

---

**AREA III**





Describimos a continuación la estrategia de investigación en una región de topografía muy accidentada, con alturas que van de los 200 a los 500 msnm entre valles y cimas, donde el clima varía de cálido a cálido templado, con una temperatura promedio anual de 25 °C, y una precipitación media anual de 2 500 mm, distribuidos entre abril y noviembre.

Los suelos son franco arcillosos, de color pardo rojizo, poco profundos, y con diversos grados de erosión. Pertenecen a los subgrupos taxonómicos Ustic tropohumult y Ustic humitropest, y presentan severas deficiencias de fósforo.

Los principales sistemas de cultivo en esta región son el maíz en monocultivo, y el llamado frijol tapado, que se siembra al voleo antes de cortar la maleza que tapaná la semilla.

La caracterización de esta zona mostró que la productividad de los sistemas de cultivo es baja, la tecnología deficiente y existen dudas respecto a la efectividad de la tecnología recomendada actualmente, porque fue generada fuera de la región.

Entonces se programó la ejecución de una serie de experimentos en los principales sistemas de cultivo: maíz monocultivo, y frijol tapado, los cuales se describen a continuación:

1. Efecto del cambio de cuatro componentes tecnológicos de manejo sobre la productividad del sistema maíz monocultivo (1980).

El propósito de este experimento fue determinar la sensibilidad del sistema de manejo del agricultor al cambio de los componentes, y definir criterios de selección de los componentes que integrarán la alternativa que se juzgue más conveniente.

Los factores y niveles tecnológicos considerados se presentan en el Cuadro 16

Cuadro 16. Factores y niveles tecnológicos considerados en el experimento 1 1980.

F A C T O R		
a. Variedad	local	mejorada
b. Distancia de siembra	(1x0,8m) 3 P/g (1)	(0,8x0,5) 2p/p/g(3)
c. Control de malezas	Manual 2 DAS (2)	Paraquat 2l ha <sup>-1</sup> 14 DAS
	manual 25 DDS	" " 1 DDS
	manual 45 DDS	" " 25 DDS
d. Fertilización	N/amonio 200 k ha <sup>-1</sup> 25 DDS	10-30-10 200kg ha <sup>-1</sup> 8 DDS
		N/amonio 179kg ha <sup>-1</sup> 45 DDS

(1) Días antes de la siembra

(2) Días después de la siembra

(3) Plantas por golpe

Estos tratamientos consideraron dos niveles de los factores variedad, distanciamiento, control de malezas y fertilización; evaluados en un experimento factorial 2<sup>4</sup> de acuerdo al plan F<sub>3</sub> de R.G. Patersen, en el cual las 16 combinaciones resultantes se distribuyen en dos bloques de 8 combinaciones con dos repeticiones para el experimento completo. Como con este diseño, por efectos de confusión, tanto repeticiones como bloques se pueden ubicar en sitios diferentes, este experimento se efectuó en tres fincas diferentes.

El experimento se perdió por el daño de los pájaros, pero en el Cuadro 17 aparece la producción de maíz en grano seco para una sola repetición.

Cuadro 17. Producción de maíz en grano seco (una repetición).  
Experimento 1. 1980.

T R A T A M I E N T O	Kg ha <sup>-1</sup>	Incremento
1. 0 0 0 0 (Tec. del agric. compl)	2325	100
2. 1 0 0 0 a	3742	<u>161</u>
3. 0 1 0 0 b	2409	104
4. 0 0 1 0 c	2042	88
5. 0 0 0 1 d	3141	135
6. 1 1 0 0 ab	3742	<u>161</u>
7. 1 0 1 0 ac	2591	112
8. 1 0 0 1 ad	2189	94
9. 0 1 1 0 be	2618	113
10. 0 1 0 1 bd	2173	93
11. 0 0 1 1 cd	2325	100
12. 1 1 1 0 abc	3598	<u>155</u>
13. 1 1 0 1 abd	4030	<u>173</u>
14. 1 0 1 1 acd	2879	124
15. 0 1 1 1 bcd	3613	<u>155</u>
16. 1 1 1 1 (alternat. tec. compl.)	3215	138

a,b,c,d,e = Los tratamientos cubiertos por la misma letra no difieren significativamente entre si.

Parece que la mayor respuesta ha sido a la variedad, y a las interacciones distancia x control de plagas, variedad x distancia x fertilización, y variedad x control de plagas x fertilización.

2. Respuesta del maíz a la fertilización con nitrógeno, fósforo, y azufre. El objetivo de este experimento fué determinar la dosis óptima de nitrógeno y fósforo para mayor producción de grano, y explorar la posibilidad de respuesta al azufre.

El estudio se efectuó en tres fincas. Se evaluaron cuatro niveles de nitrógeno (0, 40, 80 y 120 kg ha<sup>-1</sup>) en presencia de un nivel constante de fósforo (80 kg ha<sup>-1</sup>), y cuatro niveles de fósforo (0, 40, 80 y 120 kg ha<sup>-1</sup>) en presencia de un nivel constante de nitrógeno (80 kg ha<sup>-1</sup>). Se probaron dos niveles de S (0 y 90 kg ha<sup>-1</sup>) en presencia de niveles constantes de N y P (80 kg ha<sup>-1</sup>).

La dosis total de P y la mitad del N y el S se aplicó a los ocho días de la siembra, incorporándolo con espeque a un lado del golpe de siembra.

La otra mitad de la dosis de N y S se aplicó a los 45 días de la siembra, en banda superficial al pie de las plantas.

El cuadro 18 muestra los resultados del análisis de suelos

Cuadro 18. Análisis de suelos para el experimento 2. 1980.

Localidad	H <sub>2</sub> O	Meq 100 ml <sup>-1</sup>				Mg ml <sup>-1</sup> *				
		Ca*	Mg**	K**	P	Cu	Zn	Mn	Fe	
1.	5,4	13,2	6,7	0,38	3,0	11,1	4,2	42,6	29	
2.	5,1	4,5	2,3	0,49	2,5	7,6	5,7	62,0	43	
3.	5,0	11,8	11,8	4,20	12,9	4,6	4,6	30,2	107	

\* Olsen modificado (1:10)

\*\* KCl 1N (1:10)

Únicamente el fósforo se mostró deficiente.

Los tratamientos propuestos se pusieron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, y se analizaron mediante el modelo discontinuo rectilíneo, como aparece en el cuadro 19.

Cuadro 19. Rendimientos de grano seco de maíz en el experimento 2

T R A T A M I E N T O			Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3
N	P	S			
Nitrógeno			*	*	*
0	80	0	2543	1419	1587
40	80	0	3135	2137	2547
80	80	0	3630	1898	2313
120	80	0	4222	2488	2618
Fósforo			*	NS	NS
80	0	0	2687	1850	2317
80	40	0	3790	2106	2039
80	80	0	3630	1898	2313
80	120	0	3636	2058	2253
Azufre			NS	*	*
80	80	0	3630	1898	2313
80	80	90	3806	3079	2088

\* Respuesta significativa

NS Sin respuesta.

La respuesta del maíz a la fertilización con dosis crecientes de N, P y S fue variable. En la localidad 1 se observó respuesta a 80 kg de N y 40 Kg de  $P_{205}$ , y aunque el rendimiento fue más alto donde se incluyó azufre, la diferencia no fue significativa. En la localidad 2 el maíz no respondió a la fertilización con P, pero sí a 40 kg de N y a 90 Kg de S. En la localidad 3 sólo hubo respuesta a 40 kg de N.

En promedio, la función de respuesta a N en los tres sitios fue:  $Y(2864) = 1828 + 19,88 x$ , donde  $x = 52,11$  kg de N  $ha^{-1}$ . La tasa de respuesta fue de 19,88 kg de maíz producido por kilo de N. La función de respuesta al fósforo fue  $Y(3694) = 2687 + 25,17 x$ , donde  $x = 40$  kg de  $P_{205}$   $ha^{-1}$ . Aquí la tasa de respuesta fue de 25,17 kg de maíz producido por cada kg de P.

La experiencia adquirida durante el tiempo en que se efectuaron estos experimentos de campo, condujo a los investigadores a modificar un poco la alternativa evaluada en el experimento 1. La rectificación propuesta aparece en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Rectificación de la alternativa evaluada en el experimento 1. en 1980.

Actividad	Forma de ejecución
1. Control de malezas	
Preparación de la tierra	paraquat 3 l ha <sup>-1</sup> 15-10 DAS *
	paraquat 1 l ha <sup>-1</sup> 1 DAS
Deshierba	" 2 l ha <sup>-1</sup> 25 DDS **
2. Siembra	
Variedad	Mejorada
Distancias	(1,0m x 0,6m) 3 plantas golpe <sup>-1</sup>
3. Control de plagas	Carbofuran 5G 1g golpe <sup>-1</sup> CS ***
4. Fertilización	10-30-10, 150 kg ha <sup>-1</sup> 1-8 DDS
	N/Amonio 50 kg ha <sup>-1</sup> 1-8 DDS
	N/Amonio 75 kg ha <sup>-1</sup> 25-30 DDS

- \* Días antes de la siembra
- \*\* Días después de la siembra
- \*\*\* Con la siembra

En 1981 la investigación se continuó con estudios sobre variedades de maíz, manejo del suelo, fertilización, arreglos espaciales de los sistemas que incluyen más de una especie, y cambios en los componentes del sistema: variedad, densidad, control de plagas y fertilización. El propósito de este trabajo fue diseñar la alternativa tecnológica que se ha de proponer para mejorar el manejo del sistema de producción maíz-maíz.

En seguida se describe la continuación del trabajo experimental que se hizo antes de diseñar la alternativa referida, así como la alternativa en cuestión.

1. Efecto de dos manejos de suelos y cuatro arreglos espaciales de siembra sobre el rendimiento de dos variedades de maíz.

Se estudió aquí el efecto del arreglo espacial en maíz de porte alto y bajo, y en suelo roturado y no roturado, con los siguientes tratamientos en un diseño experimental de Parcelas Subdivididas.

- A. suelo no roturado
- B. suelo roturado
  - a. maíz alto (var. local)
  - b. maíz bajo (Tico V-5)
    - 1. 1 x 1 m, 5 semillas por golpe
    - 2. 1 x 0,8 m, 4 semillas por golpe
    - 3. 1 x 0,6 m, 3 semillas por golpe
    - 4. 0,8 x 5 m, 2 semillas por golpe

Todas las distancias equivalen a una densidad potencial de 50 000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Las variables de respuestas consideradas fueron: población final, acame, mazorcas podridas, y rendimiento de grano. Los resultados para rendimiento se muestran en el cuadro 21.

Cuadro 21. Rendimientos del experimento 1 de 1981.

Tratamiento	Arreglo espacial de siembra y semillas golpe <sup>-1</sup>				
	(1x1m)5	(1x8m)4	(1x6m)3	(1x5)2	X
Suelo no roturado					
Maíz alto	3511	3567	3939	4828	3961
Maíz bajo	3461	4872	4551	4316	4300
X	3486	4220	4245	4572	4351
Suelo roturado					
Maíz alto	3587	3625	4687	3902	3950
Maíz bajo	3410	3632	3208	4193	3611
X	3499	3629	3948	4048	3781
X semanal	3492b	3924a	4196a	4310a	-

MDS 5% = 445,7  
CV = 11%

Unicamente se detectaron diferencias significativas entre las medias de los arreglos espaciales: todas fueron superiores al de (1x1m)5 utilizado por el agricultor de la región, y fué mayor bajo condiciones de suelo no roturado; lo que ofrece al pequeño agricultor que siembra con espeque, una alternativa mejor que la recomendada hasta ahora: (0,8 x 0,5m)2, pues le permitirá bajar de 25 000 golpes por hectárea a 16 600 o menos.

Para las otras variables no hubo respuesta.

2. Evaluación de la respuesta de dos variedades de maíz a la fertilización con dos fuentes de nitrógeno.

Una encuesta realizada en la región reveló que el 65 por ciento de los agricultores no usaban fertilizante, y que el otro 35 por ciento lo usa con regímenes inadecuados. Los agricultores que no fertilizan siembran cada año en "tierra nueva", para ahorrar el fertilizante, pero este resulta un ahorro ficticio porque el rendimiento aumenta el costo de control de malezas, que puede llegar al 65 por ciento del costo total de la producción.

El régimen de fertilización representa entonces una magnífica oportunidad para mejorar la tecnología en uso, pero este régimen aún no se había definido con la claridad y precisión necesarias.

El presente experimento tenía como objetivos:

a) definir el comportamiento de la variedad de maíz local y de una variedad mejorada.

b) definir la respuesta del maíz a la fertilización con azufre, usando sulfato de amonio como fuente.

La respuesta del maíz a este abonamiento se evaluó de acuerdo al método de modelos discontinuos (Cuadro 22).

Los tratamientos seleccionados fueron:

A. Maíz local

B. Maíz mejorado

1. 0-0-00 kg ha<sup>-1</sup> NPKS
2. 30-0-0-0
3. 60-0-0-0
4. 90-0-0-0
5. 120-0-0-0
6. 90-60-0-0
7. 90-0-60-0
8. 90-0-0-97

Estos tratamientos se distribuyeron en el campo con un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones y unidades experimentales de cuatro hileras de 5,5 m de largo, en las cuales el maíz se sembró a 0,8 m x 0,5 m con dos plantas por golpe (50 000 plantas ha<sup>-1</sup>).



El suelo se aró a 20 cm y se rastreó dos veces. Veinte días después se sembró, haciendo primero una aspersión de paraquat 2 l ha<sup>-1</sup>. En cada golpe de siembra se puso 1g de carbofurán 56 para control de insectos del suelo y del follage. El fertilizante se puso así: Todo el fósforo y el potasio, y la mitad del nitrógeno y el azufre a los ocho días después de la siembra; la otra mitad del N y el S, 40 días después de la siembra, cuando el maíz estaba próximo a florear. Las fuentes fueron urea 46 por ciento, superfosfato triple 46 por ciento muriato de potasio 63 por ciento, y sulfato de amonio 21 por ciento (N - 24 por ciento S).

Cuadro 22. Rendimientos de grano en el experimento 2 de 1981

Tratamiento kg ha <sup>-1</sup>	Variedad mejorada	Variedad local	
			N
Nitrógeno	NS	*	
0-0-0-0	3777	3295a	
30-0-0-0	3717	4160b	
60-0-0-0	3811	3787b	
90-0-0-0	4145	4434b	
120-0-00	3734	4433b	
Fósforo	(NS)	(NS)	
90-0-0-0	4145	4434	
90-60-0-0	4148	3962	
Potasio			
90-0-0-0	4145	4434	
90-0-60-0	4560	4419	
Azufre	(NS)	(NS)	
90-0-0-0	4145	4434	
90-0-0-97	4150	4106	

\* Respuesta significativa  
NS No significativa

	N	P	K
8.	80	60	0
9.	80	60	30
10.	80	60	90

Los tratamientos se pusieron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y parcelas de cuatro hileras de 6,6 m de largo, donde el maíz se sembró a 1,0 x 0,6 m y 3 plantas por golpe (50 000 plantas ha<sup>-1</sup>). El manejo del cultivo se hizo igual que en el experimento anterior.

Las fuentes fueron nitrato de amonio, nitrato de potasio, y sulfato de amonio. La dosis total de fósforo y potasio, y la mitad del nitrógeno y el azufre se aplicaron ocho días después de la siembra, incorporándolo con espeque al lado de las plantas de maíz. La otra mitad del N y el S se aplicó 30 días después, en banda superficial a cada lado del golpe.

Cuadro 23. Rendimientos de maíz en grano seco para el experimento 3.

Rendimiento de maíz en grano seco (kg ha <sup>-1</sup> )				categoría	
T R A T A M I E N T O				L O C A L I D A D	A
N	P	K	S	A	B
Nitrógeno				NS	*
0	0	0	0	2892	966a
40	0	0	0	3107	1877b
80	0	0	0	3059	1947b
120	0	0	0	2725	3138b
Fósforo				NS	NS
80	0	0	0	3059	1947
80	60	0	0	3099	2161
Potasio				NS	NS
80	0	0	0	3059	1947
80	0	60	0	3043	2361
80	60	0	0	3099	2161
80	60	60	0	3358	2418

Continúa ...

Continuación Cuadro 23

Nitrógeno-Azufre					NS	*	
0	0	0	0		2892	966a	
40	0	0	45		3114	2178b	
80	0	0	90		3302	2151b	
120	0	0	135		2984	1941b	
-----							
Rendimiento de grano seco Kg ha <sup>-1</sup> <u>Categoría B</u>							
T R A T A M I E N T O					L O C A L I D A D		
N	P	K	S	kg ha <sup>-1</sup>	A	B	C
Nitrógeno					NS	*	NS
0	60	0	0		1660a	2475a	2559
40	60	0	0		1929	3198b	2728
80	60	0	0		2630	3167b	2577
120	60	0	0		2309	3284b	2889
-----							
Fósforo					NS	*	NS
80	0	0	0		2423	2500	2959
80	0	0	0		2438	2157b	2506
80	60	0	0		2630	3167b	2577
80	90	0	0		2015	3068b	2873
-----							
Potasio					NS	NS	NS
80	60		0		2630	3167	2577
80	60		0		2506	3537	2534
-----							

Continúa ...

Continuación Cuadro 23

Azufre				NS	NS	NS
80	60	0	0	2630	3167	2577
80	60	0	90	2457	2707	2700

Rendimiento de grano seco k ha <sup>-1</sup>				Categoría C	
T R A T A M I E N T O				L O C A L I D A D	
N	P	K	kg ha <sup>-1</sup>	A	B
Nitrógeno				*	*
0	60	60		1660a	1926a
40	60	60		1984b	2644b
80	60	60		2194b	2542b
120	60	60		2179b	2837b
Fósforo				*	*
80	0	60		1642a	2532
80	30	60		2046b	2832
80	60	60		2194b	2542
80	90	60		2089b	2912
Potasio				NS	NS
80	60	0		2034	2880
80	60	30		1728	2736
80	60	60		2184	2542
80	60	90		2127	2445

\* = Diferencia significativa al 5%

NS = No significativo

a y b = Los tratamientos con la misma letra no difieren significativamente.

Los análisis de suelos mostraron que todos tenían niveles adecuados de pH, Ca, Mg, Cu, Mn y Fe. Únicamente dos fincas en la categoría C mostraron un contenido de K muy cercano al nivel crítico ( $0,20 \text{ meq } 100 \text{ ml}^{-1}$ ). Los suelos de las categorías B y C eran bajos en P. Y solo una finca de la categoría A y una de la categoría C tenían niveles de Zn inferiores al crítico.

Se detectó respuesta significativa al abonamiento en cinco de las siete localidades. Esta respuesta fue a la aplicación de N en cuatro fincas y a la de fósforo en dos.

#### 4. Evaluación de la sensibilidad del sistema de producción de maíz al cambio de cuatro componentes tecnológicos de manejo.

El propósito de este experimento fué determinar el efecto individual y combinado de los cuatro componentes sobre el rendimiento, y definir criterios para seleccionar los componentes que se incluirán en la alternativa tecnológica más adecuada para el productor de maíz de la región.

Como se ha visto, la investigación por sistemas busca generar y transferir tecnología investigando todos los componentes importantes de un sistema de producción. Cuando se investigan esos componentes separados -- según la consideración de cada disciplina-- se genera una gran cantidad de información sobre componentes, que resulta difícil de integrar en una alternativa práctica y de fácil adopción, además de que se presume como válido el efecto aditivo de los factores que intervienen en la producción.

A veces se diseñan programas de transferencia con información generada en otras regiones, generalmente con malos resultados. Como los programas de investigación que se inician requieren elementos de juicio para decidir sobre los aspectos que deben estudiarse, es necesario saber cuál de la mejor experiencia acumulada es aplicable, y cuáles aspectos requieren más investigación. De esta manera las alternativas tecnológicas se diseñarán con el menor número posible de componentes, y, de preferencia con aquellos cuyo efecto de interacción se haya probado en la región.

El experimento en discusión tenía por objeto determinar el efecto individual y combinado, de cuatro componentes tecnológicos sobre el rendimiento del sistema maíz practicado en la región, así como definir los criterios para seleccionar los componentes de manejo que iban a formar la alternativa propuesta. También se quería recoger más información para subsanar un vacío que se hacía notar entre la fase de evaluación de componentes y la de validación.

Los experimentos anteriores sobre arreglo espacial, fertilización y control de malezas y plagas permitieron diseñar una alternativa del sistema de producción de maíz en la región, y se evaluó así: se definieron dos niveles en cada componente para un experimento factorial  $2^4$ , del cual podría salir más de una opción ventajosa entre las 16 posibilidades. Se empleó aquí el diseño factorial fraccionado que estudia solamente las interacciones de primer orden y que es recomendable en las fases iniciales de un programa de investigación donde se busca iden-

tificar los factores mas importantes que se someterán luego a un estudio mas detenido. Los planes de interacción de primer orden están basados en el bien conocido factorial  $2^k$ , donde los tratamientos consisten en todas las combinaciones posibles de K factores, cada uno a dos niveles. Como estos diseños se vuelven muy grandes al aumentar K, y como muchos de los grados de libertad están asociados con las interacciones de muchos factores que no son importantes y que son difíciles de interpretar, los planes en discusión las ignoran (Diseños Factoriales Fraccionales), lo cual reduce considerablemente el tamaño del experimento, mientras que retiene algunas de las características más deseables del arreglo factorial.

Este experimento utilizó como diseño el plan  $F_2$  propuesto por R.G Peterson para un factorial  $2^4$ , en donde las 16 combinaciones resultantes se distribuyen en dos bloques de ocho combinaciones y hay dos repeticiones. Como tanto repeticiones como bloques se pueden instalar en sitios diferentes, esta prueba se efectuó en cuatro fincas de agricultores. El cuadro 24 muestra los componentes o factores:

Cuadro 24. Cambio de cuatro componentes en el sistema maíz.  
Experimento 4

Componente o factor	Tecnología del Agricultor Nivel 0	Alternativa propuesta Nivel 1
a. Variedad	local	B-666
b. distancia de siembra	(1x1 m) 5 por golpe	(1,0x0,6) 3 pl por g
c. control de plagas	sin control	carbofuran 56/g por golpe
d. fertilización	100kg ha <sup>-1</sup> 33-0-0 22 DDS	100kg ha <sup>-1</sup> 15-39-10 100kg ha <sup>-1</sup> 33-00, 25DDS

DDS = Días después de la siembra.

Se incluyó variedad en vez de control de malezas como factor, para probar el efecto contrastante del factor fertilización, con la única variedad que había mostrado respuesta.

El Cuadro 25 muestra el rendimiento de grano seco para el experimento 4 y el cuadro 26 muestra el análisis de varianza.

Cuadro 25. Rendimientos de grano seco en el experimento 4.

T R A T A M I E N T O					Kg ha <sup>-1</sup>			
Niveles 0,1 Cuadro anterior					I	II	X	%incremento
A	B	C	D					
0	0	0	0	1	2507	1150	1828	100
1	0	0	0	a	1623	1953	1788	98
0	1	0	0	b	2187	1808	1998	109
0	0	1	0	c	1764	2331	2048	112
0	0	0	1	d	2328	2252	7290	121
1	1	0	0	ab	2440	1369	1904	104
1	0	1	0	ac	3214	2556	2885*	158
1	0	0	1	ad	2250	1853	2052	112
0	1	1	0	bc	3869	2249	3059*	167
0	1	0	1	bd	2440	2190	2315	127
0	0	1	1	cd	2314	2429	2372	130
1	1	1	0	abc	1894	1740	1817	99
1	1	0	1	abd	1196	1225	1200	66
1	0	1	1	ccd	1481	1701	1591	87
0	1	1	1	bcd	2417	1750	2083	114
1	1	1	1	abcd	3414	2426	2820*	154

DS (Dunnett) = 991 kg ha<sup>-1</sup>

\* significativo al 5 por ciento

a,b,c,d = Tratamientos con la misma letra no difieren significativamente.

Cuadro 26. Análisis de varianza del experimento 4.

Fuentes	C.L	C. M	F
a	1	46,8028	3,79
b	1	1,4792	6,12
c	1	136,0430	11,01**
d	1	4,5602	0,37
ab	1	27,7885	2,25
ac	1	13,4861	1,09
ad	1	9,2235	0,75
bc	1	25,3828	2,06
bd	1	0,1625	0,01
cd	1	20,5126	1,66
abc	1	1,6744	0,14
abd	1	96,1191	7,78*
ccd	1	31,2050	2,53
bcd	1	55,5985	4,50
bloques	3	471,2350	38,15**
Error	14	12,3527	
TOTAL	31	--	--

F 0.05 = 4,60

F 0.01 = 8,86

\* = Significativo al 1%

\*\* = Significativo al 5%

Estos resultados permiten inferir que los rendimientos en los tratamientos 9, 6 y 16 se pueden atribuir al control de plagas, considerado como factor de cambio en la alternativa propuesta, y que el efecto de variedad, arreglo espacial y fertilización, varió recíprocamente: el efecto de cada factor fue dependiente del nivel en que estuvieron presentes los otros; como se ilustra en la figura 2.



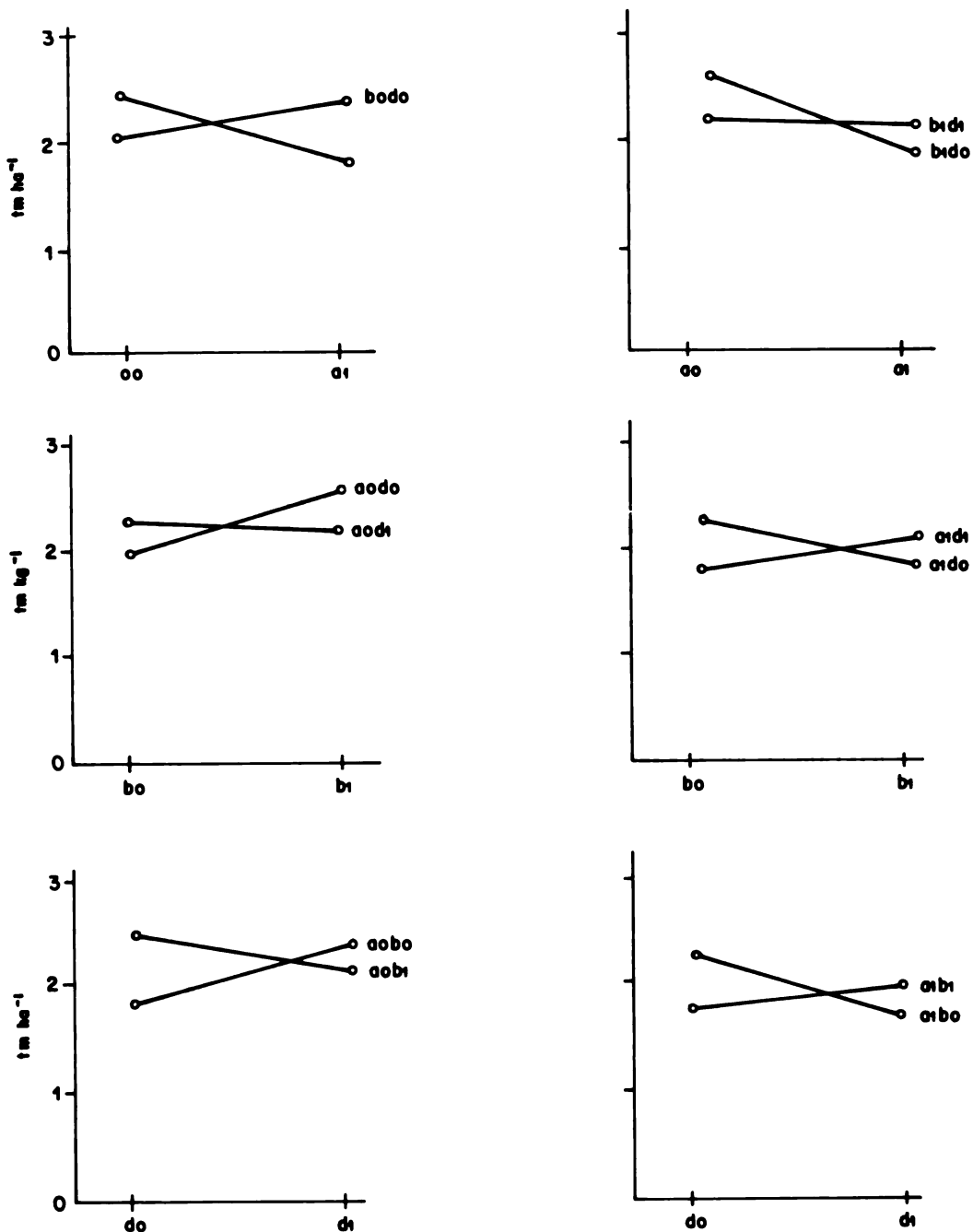


Figura 2. Interacción de los factores variedad (a), distancia de siembra (b), y fertilización (d).

5. Diseño de alternativas:

La experiencia obtenida con las pruebas anteriores sobre variedad, fertilidad, y distancias de siembra, unida a la obtenida antes en el control de malezas y plagas, permitió el diseño de una alternativa que habrá de proponerse para mejorar la tecnología de manejo del sistema de producción de maíz en la región.

Esta alternativa aparece en el cuadro 27.

Cuadro 27. Alternativa diseñada para el experimento 5.

ACTIVIDAD	
1. Control de malezas:	
Preparación de tierra	Corta de malezas o rastra 20-25 DAS (1) aplicación paraquat 2 l ha <sup>-1</sup> 1 DAS
Limpieza del cultivo	aplicación paraquat 2 l ha <sup>-1</sup> 25 DDS (2)
2. Distancia de siembra:	(1,0 x 0,6 m) 3 plantas por golpe
3. Control de plagas:	Carbofuran 5G 1 gramo por golpe C.S(3)
4. Fertilización:	Aplicación de 10-30-10 100 kg ha <sup>-1</sup> 6-8 DDS Apl. nitrato de Amonio 100 kg ha <sup>-1</sup> 25 DDS

(1) Días antes de la siembra

(2) Días después de la siembra

(3) Con la siembra.

## Sistema Maíz-Yuca

Se buscó el diseño de una alternativa para mejorar el sistema maíz-yuca en relevo de la región. Para ésto se aprovechó la información derivada de los experimentos en el sistema maíz, puesto que el comportamiento de los dos cultivos en el sistema maíz-yuca es relativamente independiente. Por esta misma razón se puede incorporar al diseño en cuestión la experiencia lograda en yuca como monocultivo, también se hicieron experimentos con los dos cultivos como los que se describen a continuación:

1. Efecto del distanciamiento de siembra de la yuca y del maíz, en una asociación dispuesta en fajas, sobre la productividad del sistema.

Este experimento buscaba determinar la competencia entre ambos cultivos en asocio; el maíz a tres densidades y la yuca a cuatro. También se quería determinar la posibilidad de producir yuca y maíz asociados en fajas alternas, como alternativa para mejorar el sistema maíz-yuca en relevo.

Los tratamientos fueron:

1. $M_1 Y_1$	5 $M_2 Y_1$	9 $M_3 Y_1$
2. $M_1 Y_2$	6 $M_2 Y_2$	10 $M_3 Y_2$
3. $M_1 Y_3$	7 $M_2 Y_3$	11 $M_3 Y_3$
4. $M_1 Y_4$	8 $M_2 Y_4$	12 $M_3 Y_4$

Donde:

$M_1$	= 1 hilera de maíz (1x1m) 5 plantas por golpe (16 600 pl ha <sup>-1</sup> )
$M_2$	= 2 hileras de maíz (0,8x1,0m) 4 pl por golpe (26 664 pl ha <sup>-1</sup> )
$M_3$	= 3 hileras de maíz (0,6x1,0m) 3 pl por golpe (29 997 pl ha <sup>-1</sup> )
$Y_1$	= Yuca a 1,0 x 1,0 m (6 666 plantas ha <sup>-1</sup> )
$Y_2$	= Yuca a 1,0 x 0,8 m (8 330 plantas ha <sup>-1</sup> )
$Y_3$	= Yuca a 1,0 x 0,6 m (11 111 plantas ha <sup>-1</sup> )
$Y_4$	= Yuca a 1,0 x 0,4 m (16 667 plantas ha <sup>-1</sup> )

A continuación aparecen los rendimientos de maíz seco y de raíces comerciales de yuca en tm ha<sup>-1</sup> (Cuadro 28).

Cuadro 28. Rendimientos de maíz seco y raíces comerciales de yuca en  $\text{tm ha}^{-1}$

Tratamientos	Yuca 1x1m 6 600 pl $\text{ha}^{-1}$	Yuca 1x0.8m 8 250 pl $\text{ha}^{-1}$	Yuca 1x0.6m 11 000 pl $\text{ha}^{-1}$	Yuca 1x0.4m 16 500 pl $\text{ha}^{-1}$	$\bar{X}$
Maíz 1 hilera	1 224	1 416	1 324	1 394	1 340
16 500 pl $\text{ha}^{-1}$	12.5	10.1	12.1	12.8	11.9
Maíz 2 hileras	2 472	1 867	1 749	2 393	2 121 b
26 000 pl $\text{ha}^{-1}$	12.3	11.9	2.1	5.7	8.7
Maíz 3 hileras	2 619	2 904	3 054	2 259	2 709 a
29 700 pl $\text{ha}^{-1}$	9.5	8.1	8.8	9.2	8.9
$\bar{X}$	2 105	2 062	2 042	2 016	
	11.5	10.0	8.7	9.3	

a, b = Tratamientos con la misma letra no difieren significativamente.

La presencia de la yuca no afectó el rendimiento de maíz, ni la presencia de maíz el de yuca. El rendimiento de maíz aumentó con la densidad de siembra en forma lineal. La asociación maíz-yuca puede soportar una densidad de maíz aún más alta sin afectar el rendimiento del maíz. Los distanciamientos considerados mostraron igual comportamiento

2. Efecto de tres épocas de siembra de dos variedades de yuca, en asociación con dos variedades de maíz, sobre la productividad del sistema.

Los objetivos fueron, determinar el efecto de competencia entre variedades de maíz de porte alto y bajo y variedades de yuca de crecimiento tardío y precoz en asociación. También se pretendía determinar la posibilidad de escalonar la siembra de yuca para prolongar el período de cosecha de la yuca.

Los tratamientos fueron:

- |             |             |             |              |
|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 1. Ma Yt 0  | 4. Ma Yp 0  | 7. Mb Yt 0  | 10. Mb Yp 0  |
| 2. Ma Yt 45 | 5. Ma Yp 45 | 8. Mb Yt 45 | 11. Mb Yp 45 |
| 3. Ma Yt 90 | 6. Ma Yp 90 | 9. Mb Yt 90 | 12. Mb Yp 90 |

Donde:

Ma = Maíz alto (variedad local)

Mb = Maíz bajo (mejorado)

Yt = Yuca tardía (12 meses)

Yp = Yuca precoz (9 meses)

0 = Siembra simultánea de yuca y maíz

45 = Siembra de la yuca 45 días después que el maíz

90 = Siembra de la yuca 90 días después que el maíz

Estos tratamientos se pusieron en un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones. En las parcelas principales se pusieron las cuatro combinaciones de ambos tipos de maíz y yuca, y en las subparcelas las tres épocas de siembra de la yuca.

En el Cuadro 29 se dan los rendimientos del maíz.

Cuadro 29. Rendimientos de maíz seco del experimento 1 de yuca y maíz.

T R A T A M I E N T O S	Siembra de la yuca días después del maíz			
	0	45	90	X
<b>Maíz alto</b>				
Yuca tardía	2 405	2 543	2 692	2 547
Yuca precoz	2 498	3 007	3 677	3 061
X	2 451	2 775	3 184	2 804
<b>Maíz bajo</b>				
Yuca tardía	2 322	2 493	2 699	2 505
Yuca precoz	2 553	2 619	2 424	2 532
X	2 437	2 556	2 561	2 518
X General	2 444	2 665	2 873	--

Los rendimientos de maíz tendieron a ser mayores a medida que se atrasó la siembra de yuca; especialmente para el maíz alto con yuca precoz. Las diferencias observadas no tuvieron significación estadística.

3. El mejoramiento del sistema maíz-yuca es una empresa de más larga duración que el del sistema maíz, y los investigadores continuarán experimentando otras maneras de mejoramiento como nuevas variedades, siembras escalonadas, otros arreglos espaciales, manejo de los dos cultivos, fechas de siembra, etc. que no se comenta aquí.

---

**AREA IV**





Se analiza aquí el trabajo de investigación en sistemas de cultivo llevado a cabo en una área de 160 km<sup>2</sup>, perteneciente a la zona de vida bosque sub-tropical húmedo, con precipitación anual promedio de 1 371 mm, temperatura promedio de 23 °C, y humedad relativa de 82 por ciento.

La lluvia se concentra en los meses de mayo a noviembre, con un período seco entre julio y agosto (canícula). Durante la estación agrícola de mayo a noviembre, la temperatura varía de 24,6 a 22,5 °C y la humedad relativa de 77 a 86 por ciento.

La mayor parte de los suelos van de ondulados a escarpados. La textura del horizonte superficial es franco arcillosa y la del horizonte B es arcillosa. Estos suelos se han clasificado como alfisoles, con pH de 5,1 a 6,4, ricos en materia orgánica, en calcio y en magnesio; de medianos a bajos en potasio; y bajos en fósforo.

La zona tiene caminos transitables todo el tiempo, pero el servicio de transporte es deficiente.

De la superficie total cultivada el 37 por ciento corresponde a frijol, el 33 por ciento a maíz, el 11 por ciento a café, el 6 por ciento a cítricos, el 5 por ciento a sorgo, y el 4 por ciento a otros.

Los sistemas de cultivo más frecuentes son maíz y frijol en monocultivo, y maíz-frijol en relevo. Los rendimientos promedio del maíz son de 1926 kg ha<sup>-1</sup>, y los de frijol de 773 kg ha<sup>-1</sup>. El rendimiento del frijol baja cuando se siembra en relevo del maíz.

El ingreso neto proviene de las fincas y es bajo: \$31,5 dólares anuales en promedio. Otra fuente de ingresos es el trabajo fuera de las fincas que representa, en promedio, un ingreso adicional de \$3,5 dólares.

Este estudio permitió detectar que las variedades tradicionales de maíz y frijol producen muy poco (2500 y 520 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente). Esto se debe también al ataque de enfermedades y plagas, y a la irregularidad de las lluvias; algunos agricultores recurren al sorgo como sustituto del frijol para reducir los riesgos de pérdida por sequía.

Las actividades de investigación en 1980 incluyeron los siguientes experimentos:

1. Evaluación del sistema maíz/frijol como alternativa de los sistemas maíz-frijol, maíz y frijol en monocultivo.

Los sistemas evaluados por la producción de grano de maíz y frijol, y por el ingreso neto fueron: maíz monocultivo (M); frijol - frijol (F-F) como testigo; maíz frijol (M-F) como testigo; maíz-frijol-maíz (F-M-F).

El estudio se llevó a cabo en cinco sitios, y los cultivos se sembraron de junio a setiembre; junio para el primer componente, y setiembre para el cultivo de rotación o relevo. En ambos cultivos se usaron variedades mejoradas. El maíz se sembró en surcos a 0,80 m con dos plantas cada 0,50 m. El frijol (asociado y en relevo) en dos surcos entre cada surco de maíz con dos plantas cada 0,20 m. El frijol sojo se sembró en surcos a 0,40 m, con dos plantas cada 0,20 m. El maíz se fertilizó con 16 kg de N y 15 kg de P<sub>205</sub> ha<sup>-1</sup>. El frijol con 29 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Los rendimientos de frijol de primera son típicos de la región. Los obtenidos con los sistemas F-F y F-M-F (807 y 836 kg ha<sup>-1</sup>) no defieren, pero son significativamente superiores a los del sistema M-F-F (499 kg ha<sup>-1</sup>). Esto indicó que la competencia del maíz reduce los rendimientos del frijol en un 40 por ciento. En la postrera la reducción fue del 72 por ciento debido al exceso de lluvia al inicio del ciclo del frijol, que redujo la población en todos los sitios.

En la postrera no se encontraron diferencias significativas entre lugares para el frijol pero si las hubo en la primera. Tampoco hubo diferencias significativas entre los sistemas para el rendimiento de maíz, pero hubo una importante reducción en la segunda y también hubo diferencias entre las calidades.

En general el maíz no asociado con frijol produjo más. Los rendimientos del maíz de postrera son menores que los de primera, como es común en la zona. La variedad mejorada del maíz produjo más que el promedio de la zona, aunque este rendimiento se obtuvo con el 50 ó 60 por ciento de la población esperada por parcela.

El sistema maíz/frijol en primera con frijol en postrera (M-F-F) generó el ingreso bruto más alto, el mayor margen bruto y el mayor ingreso familiar. Los sistemas F-F y M-F generan pérdidas.

2. Evaluación de los sistemas maíz-tomate y maíz-repollo como alternativa para el sistema maíz-frijol.

El objetivo aquí fue determinar la conveniencia agroeconómica de estos sistemas. El estudio se llevó a cabo en cinco lugares, pero dos se perdieron por lluvia. El arreglo de los componentes dió por resultado 14 tratamientos, así: M-T, M/F-T,

M-F/T, F-T, M-R, M/F-R, F-F/R, F-R, M, F, M/F, M/F (testigo) M/F, M/F-F. Los componentes fueron maíz (M), frijol (F), tomate (T), repollo (R). El signo (-) significa en relevo, el signo (/) significa en asociación.

El estudio no dio diferencias significativas para el rendimiento por localidades. El tomate dio más en el sistema F-T ( $1,04 \text{ kg planta}^{-1}$ ) y menos en el sistema M-F-T ( $0,75 \text{ kg planta}^{-1}$ ). Esta reducción fue causada por la competencia del frijol. También padeció más enfermedades el tomate asociado con frijol.

El número de repollos cosechados fue bajo por efecto de enfermedades y porque muchas plantas no formaron cabezas.

En todas las localidades el frijol de primera dió menos vainas por planta debido a la competencia del maíz. En frijol solo no hubo diferencias de vainas  $\text{planta}^{-1}$  en las localidades.

En frijol de postrera no hubo diferencias para vainas  $\text{planta}^{-1}$  ni para granos por vaina en las diferentes localidades. En general, el número de vainas por planta fué bajo por pérdida de flores debido a un exceso de lluvia.

En maíz, el número de plantas y mazorcas fue igual en todas las localidades y en todos los tratamientos, pero hubo una pérdida de 40 por ciento en la población por mala germinación de la semilla. La variedad usada dio sin embargo un alto rendimiento ( $6\ 000 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Los resultados sugieren que no conviene asociar tomate con frijol porque se reduce el rendimiento de ambos cultivos, y que no conviene asociar repollo con frijol porque se reduce el rendimiento del frijol.

El análisis económico reveló que el sistema F-T es el que permite una mayor entrada de dinero (margen bruto).

### 3. Evaluación de la sensibilidad del sistema maíz-frijol al cambio de factores de producción en el cultivo de maíz.

El propósito de este ensayo fue determinar los factores más susceptibles a cambios que optimicen los rendimientos del sistema maíz-frijol para diseñar un sistema mejorado.

Los factores estudiados fueron: Variedad de maíz, dosis de fertilizante, control de plagas, y control de malezas. El estudio se efectuó en cuatro lugares de la zona.

Los resultados mostraron respuesta a todos los cambios menos al de fertilización; el componente que dió la respuesta más alta fue la variedad que aumento la población en un 25 por ciento sobre la variedad del agricultor, la cual no responde al uso de tecnologías mejoradas.

### 4. Evaluación de la sensibilidad del sistema maíz-frijol al cambio de factores de producción en el frijol.

El objetivo es igual que el de los experimentos anteriores. Los factores en estudio eran: variedad, control de enfermedades, control de insectos y fertilización.

El experimento se perdió por mala calidad de la semilla de frijol y por exceso de lluvia.

## 5. Evaluación de variedades de frijol enredador en relevo con dos variedades de maíz.

Los objetivos aquí eran: identificar la mejor combinación varietal (maíz-frijol) para grano, y diseñar un sistema de cultivo que intensificara el uso de la tierra.

Se usaron dos variedades de maíz y seis de frijol y el estudio se efectuó en tres sitios.

El maíz se sembró en surcos a 0,8 m con dos plantas cada 0,5 m. El frijol enredador a dos plantas por cada planta de maíz y el frijol arbustivo (testigo) se sembró a dos surcos entre cada surco de maíz y una planta cada 0,20 m

El análisis no detectó diferencias para el número de vainas por planta, granos por vaina, rendimiento de frijol por planta, altura del maíz, y rendimiento.

En la mayoría de los casos dieron mas rendimiento las variedades enredadoras del frijol, por una menor suceptibilidad a las enfermedades. Las variedades enredadoras también permiten cosechar el maíz antes que las arbustivas, las que sólo permiten cosechar el maíz hasta después de cosechar el frijol; lo cual aumenta el daño de organismos que atacan el grano. Una desventaja de las enredadoras es que no hay uniformidad en la maduración de algunas variedades.

El trabajo del año permitió las siguientes conclusiones: el cultivo del tomate presenta factibilidad agronómica como sustituto del frijol en relevo con maíz, y el frijol enredador es ventajoso como sustituto del frijol arbustivo en el sistema maíz-frijol. El sistema M-F-F puede sustituir al sistema tradicional M-F, y es una alternativa para aumentar la producción de frijol en la zona. La variedad mejorada de maíz puede sustituir ventajosamente a la variedad tradicional en todos los sistemas.

Considerando estos resultados la investigación de 1981 se efectuó mediante los siguientes experimentos:

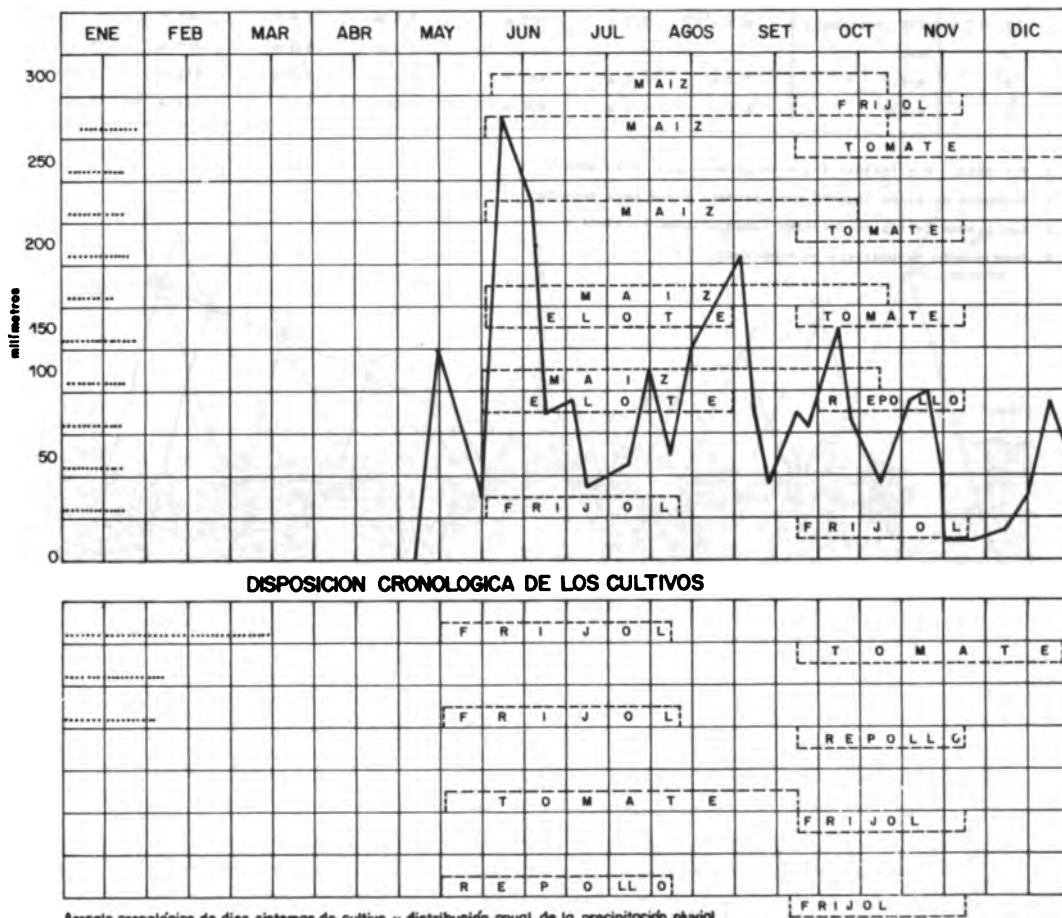
- a. Evaluación de especies hortícolas como sustituto del frijol o del maíz en los sistemas maíz frijol y frijol-frijol.
- b. Evaluación de dos tipos de tutor para tomate a tres densidades de población.
- c. Evaluación de cinco dosis de fertilización para el sistema maíz - tomate en relevo.
- d. Evaluación de cinco dosis de fertilización al tomate en el sistema frijol-tomate en monocultivo.
- e. Evaluación de genotipos de maíz y frijol para el sistema maíz-frijol.
- f. Evaluación de genotipos de maíz y sorgo para el sistema maíz-sorgo.

A continuación se discuten los experimentos citados y sus resultados.

1. Evaluación de especies hortícolas como sustituto del frijol o maíz en los sistemas maíz-frijol y frijol-maíz.

El propósito de este trabajo fue determinar un sustituto adecuado del maíz o el frijol, y el mejor arreglo espacial y cronológico de los cultivos.

Se evaluaron los sistemas siguientes: maíz-frijol en relevo (M-F); frijol-frijol en rotación (F-F); maíz-tomate en relevo (M-T) que fué el mejor sistema en 1980; maíz repollo en relevo (M-R); maíz asociado con elote- frijol-tomate en monocultivo (F-T); frijol-repollo en monocultivo (F-R); tomate-frijol en relevo (T-F); y repollo-frijol en monocultivo (R-F), como se ve en la Figura 3.



Arreglo cronológico de diez sistemas de cultivo y distribución anual de la precipitación pluvial.

Figura 3. Arreglo cronológico de diez sistemas de cultivo y la distribución anual de la lluvia.

No se discuten los promedios de las variables porque no presentaron características sobresalientes. Sólo se muestra la variable rendimiento en el cuadro a continuación:

Cuadro 31. Rendimientos promedios de diez sistemas de cultivo.

Número del tratamiento	Tratamiento <sup>(1)</sup>	Frijol						Grano de maíz al 15% kg ha <sup>-1</sup>
		Primera (2)			Postrera			
		Vainas por planta	Granos por vaina	Grano al 13% de humedad kg ha <sup>-1</sup>	Vainas por planta	Granos por vaina	Grano al 13% de humedad kg ha <sup>-1</sup>	
1	M (monocultivo)							4 362 a
2	F-F (testigo)	9.7 a <sup>(3)</sup>	5.1 a	807 a	3.0 a	4.0 a	159 a	
3	M-F	---	---	---	3.3 a	4.5 a	269 a	4 170 a
4	M/F-F	7.0 b	5.3 a	499 b	4.5 a	6.0 a	333 a	3 896 a
5	F-M/F	8.8 a	5.1 a	836 a	3.0 a	5.0	237 a	1 606 (4)

1. M = maíz; F = frijol; (-) = en relevo; (/) = en asocio
2. Promedio de cinco lugares para primera y dos para segunda
3. Las mismas letras no difieren estadísticamente al 5%
4. Rendimiento de postrera no comparado

En maíz y frijol, el sistema maíz-frijol en relevo (M-F) produjo más (4320, y 1000 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente) que los otros sistemas que incluyeron maíz o frijol.

El mayor rendimiento de tomate se obtuvo en el sistema M/F-T con 51 toneladas ha<sup>-1</sup>.

En repollo, el sistema M/F-R presentó los rendimientos más altos en la siembra en postrera con 27,2 ton ha<sup>-1</sup>.

El mayor ingreso bruto promedio corresponde al sistema T-F (\$16 dólares). Se hace notar que los ingresos de la producción de elotes superaron en más de seis veces los de la producción de maíz en grano.

Los ingresos brutos más bajos correspondieron a los sistemas M-F y F-F en monocultivo, aunque sus rendimientos (4 300 kg maíz ha<sup>-1</sup> y 1000 kg frijol) son superiores a los del sistema tradicional (2 500 y 520 kg ha<sup>-1</sup>); los precios de los granos básicos son muy bajos, comparados con los del tomate y el repollo.

## 2. Evaluación de dos tipos de tutor para tomate a tres densidades de población.

El propósito de este ensayo fue reducir el costo de manejo y facilitar las labores del cultivo.

Se evaluaron el tutor de caballete tradicional y el de espaldera de alambre como se ilustra a continuación (Figuras 4 y 5).

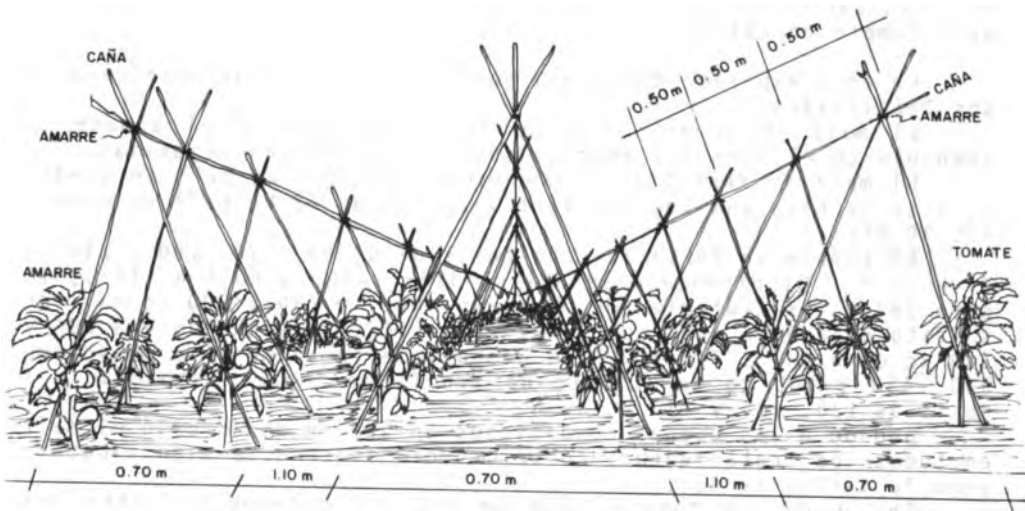


Figura 4. Perspectiva del sistema de Caballete. Sistema tradicional.

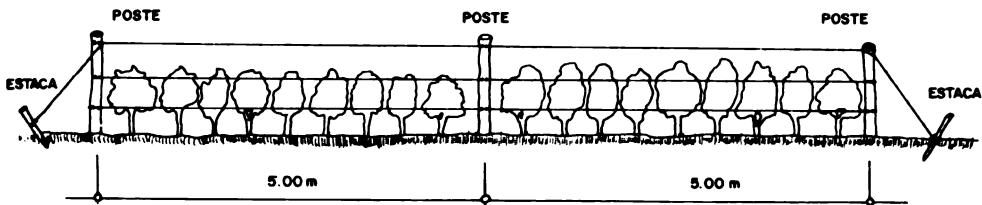


Figura 5. Sistema de Espaldera con alambre.

Con cada tipo de tutor se probaron tres distancias de siembra entre plantas (20, 35 y 50 cm), manteniendo los surcos a 80 cm.

El trasplante se hizo en junio 3, 1981 y se usó la variedad "Tropic"; repitiendo el experimento en cuatro localidades.

Los resultados mostraron que al aumentar la distancia entre plantas aumenta también el número de frutos podridos.

En cuanto a los tutores, hubo más pudrición en el de caballete, a excepción de la localidad dos, pero no hay diferencia significativa; los promedios mayores se obtuvieron con el tutor de caballete, aunque este es también más caro.

Los informes aducen que la mayor pudrición en el tutor de caballete se debe a que las plantas se inclinan y quedan más juntas, pero esto parece contradecir los resultados de las distancias de siembra.

En todo caso, no hubo diferencias significativas para los tratamientos, excepto en una de las localidades. La distancia de 33 cm fue la que dió mayor rendimiento, independientemente del tutor.

La conclusión es que cuando se usa un tutor de caballete la distancia de siembra se puede disminuir de 50 cm que es tradicional, a 20 cm.

### 3. Evaluación de cinco dosis de fertilización para el sistema maíz-tomate en relevo.

En este experimento se evaluaron cinco dosis de nitrógeno en dos localidades.

El maíz se sembró el 4 de junio de 1981, y el tomate se transplantó el 9 de setiembre; ambos de variedades mejoradas.

El maíz se fertilizó a la siembra con  $137 \text{ kg ha}^{-1}$  de 17-45-2, y se le hizo una segunda fertilización de  $98 \text{ kg ha}^{-1}$  de urea a los 30 días.

El tomate se fertilizó con dosis de 0, 60, 120, 180 y 240  $\text{kg de N ha}^{-1}$ . El nitrógeno se aplicó así:  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de 15-15-15 para todos los tratamientos al trasplante, y 150 y 300  $\text{kg ha}^{-1}$  de sulfato de amonio para completar la dosis correspondiente a 180 y 240  $\text{kg de N ha}^{-1}$ . Treinta días después de la siembra se aplicaron 300, 450 y 600  $\text{kg de sulfato de amonio ha}^{-1}$  para completar las dosis de 120, 180 y 240  $\text{kg de N}$ .

Debido a las buenas condiciones en que se desarrolló el maíz en todos los tratamientos, no se detectó diferencia significativa para la fertilización.

En cuanto al tomate sólo se detectó diferencia entre los tratamientos en una de las localidades. Hay mayor rendimientos a medida que aumenta la dosis de N hasta llegar a los 180  $\text{kg de N ha}^{-1}$ . En la localidad dos lo que aumenta con el incremento del nitrógeno es la cantidad de frutos podridos.

Se concluyó que la fertilización nitrogenada en tomate, con el sistema maíz-tomate en relevo, debería estar entre los 120 y los 180  $\text{kg ha}^{-1}$ , pero que se deben evaluar más dosis y añadir potasio.



#### 4. Evaluación de genotipos de maíz y frijol para el sistema maíz-frijol .

Este ensayo buscaba detectar la interacción varietal que permitiera mejorar la eficiencia del sistema.

Se evaluaron cinco variedades de maíz que no difirieron significativamente en ninguna de las variables evaluadas, aunque la variedad "Tuxpeño C-15" produjo los rendimientos mayores con 5927 kg ha<sup>-1</sup>.

En frijol se evaluaron cuatro variedades y el análisis mostró significación para vainas por planta, y rendimiento. El "BAT 202" produjo 1451 kg ha<sup>-1</sup> lo que triplica el rendimiento de la variedad común en la región. Esta misma variedad presentó los rendimientos más altos cuando estuvo en relevo del maíz "NB-3" (1554 kg ha<sup>-1</sup>).

Se concluyó que la variedad mejorada de maíz "Tuxpeño C-15" se debe comparar con la "NB-3", y "Tusa morada", y que el frijol "BAT 202" puede sustituir a la variedad mejorada común actualmente en la zona.

#### 5. Evaluación de genotipos de maíz y sorgo para el sistema maíz-sorgo.

El propósito fue evaluar la adaptación y potencial de rendimiento del sorgo en relevo de maíz, así como detectar combinaciones convenientes de variedades de ambas especies.

Se evaluaron dos variedades de maíz y cinco de sorgo. El maíz se sembró en junio 10 y el sorgo en setiembre 9 de 1981.

En cuanto a las variedades de maíz, sólo se observó diferencias significativa para acame; la variedad criolla común fue la más afectada. El promedio de rendimiento de la variedad "NB-3" fue de 3 354 kg ha<sup>-1</sup>, y el de la variedad criolla referida fue de 2 135 kg ha<sup>-1</sup>.

En sorgo se hallaron diferencias significativas para excreción, altura de planta, y tamaño de panoja, al 1 por ciento. Y para peso del follaje, plantas cosechadas y rendimiento, al 5 por ciento. La mejor variedad en rendimiento fue "Sepón 77", en relevo de ambas variedades de maíz. Además tiene excreción más larga, mayor altura y mejor tamaño de panoja.

En general, las variedades de sorgo produjeron más en relevo del maíz criollo que en relevo de "NB-3".

Se concluyó que la variedad de sorgo "Sepón 77" podía sustituir al sorgo entonces en uso en los sistemas.

#### 6. Evaluación de cinco dosis de fertilización al cultivo del tomate en el sistema frijol-tomate en monocultivo.

Los experimentos incluyeron dosis de 0, 60, 120, 180 y 240 kg de N ha<sup>-1</sup>

El frijól se fertilizó a la siembra con 135 kg de 17-45-2 ha<sup>-1</sup>.

En tomate las dosis se aplicaron así: 400 kg ha<sup>-1</sup> de 15-15-15 al trasplante por todos los tratamientos, mas 150 y 300 kg de sulfato de amonio ha<sup>-1</sup> para completar las dosis de 180 y 240 kg

de  $N\ ha^{-1}$ . A los 30 días de la siembra se aplicaron 300, 450 y 600 kg de sulfato de Amonio por hectárea para completar las dosis de 120, 180 y 240 kg de nitrógeno.

Los análisis no mostraron diferencias entre los tratamientos, lo que puede haberse debido a la ausencia de lluvia durante dos semanas después del trasplante.

La investigación de 1980 y 1981 condujo al diseño de dos alternativas mejoradas para esta zona, cuya característica más limitante no es solamente la poca precipitación, sino también el carácter errático de la misma.

Los sistemas en cuestión fueron:

1. Tomate-frijol en relevo como alternativa para el sistema maíz-frijol en relevo.

Aquí se usó el tomate "Tropic" trasplantado en mayo o junio, y frijol BAT a fines de setiembre, a un lado de la cresta de camellones a 0,8 m. La primera fertilización se hace al trasplante con 100, 60, 60  $kg\ ha^{-1}$  de N,  $P_{205}$ ,  $K_{20}$  respectivamente.

2. Maíz-frijol en relevo con ajustes en el arreglo espacial y con variedades mejoradas.

En el sistema tradicional se usan variedades que no responden bien a los cambios tecnológicos y se siembra el maíz a 0,8 m entre surcos con 2 plantas por postura cada 0,5 m. El frijol se siembra a 0,3 m entre surcos con tres plantas por postura cada 0,3 m. Además se aplica el fertilizante sólo al maíz, a razón de 130  $kg\ ha^{-1}$  de 10-30-10 a la siembra, y 65  $kg\ ha^{-1}$  de urea a los 30 días. El control de malezas es manual y no se controlan las plagas.

En el sistema mejorado se siembra el frijol a 0,2 m entre surcos con dos semillas cada 0,20 m sobre el surco (surcos a 0,1 m a cada lado del surco de maíz) pues se había demostrado un incremento de hasta 37 por ciento de rendimiento debido al arreglo espacial. Esto ubica las plantas de frijol más cerca del maíz, para aprovechar el efecto residual del fertilizante, y deja una calle de 0,6 m entre surcos de maíz para cosecharlo más fácilmente en octubre, y evitar el daño de plagas que sufre en el campo si se deja más tiempo. Además, se disminuyen los requerimientos de semilla de frijol de 65 a 52  $kg\ ha^{-1}$ .

En el sistema alternativo se controlan las malezas con paraquat a los 20-25 días de sembrar el maíz, lo que resulta más barato que la deshierba manual. También en este sistema se hacen dos aplicaciones de 2  $kg\ ha^{-1}$  cada una de mancozeb al frijol a los 25 y 35 días después de la siembra.

En el sistema alternativo el maíz se fertiliza en primera con 22  $kg$  de  $N\ ha^{-1}$  y 60,7  $kg$  de  $P_{205}\ ha^{-1}$ , contra 13  $kg$  de  $P_{205}$  en el sistema tradicional; porque se había demostrado que éste es el único nutriente aplicado cuya residualidad alcanza para el frijol. En la segunda fertilización se usan 45  $kg$  de  $N\ ha^{-1}$  (98  $kg$  urea) a los 30 días de la siembra, y se aplica en bandas. En

el sistema tradicional esto se hace con 30 kg aplicados en puños al pie de cada planta.

Como se ha visto, el trabajo en esta zona se propuso encontrar alternativas mejores para el sistema de cultivo maíz frijol, y dio por resultado el diseño de las dos alternativas antes mencionadas: tomate-frijol en relevo, y maíz-frijol en relevo.

El trabajo incluyó también cambios en los componentes de manejo, y fue particularmente difícil debido a la precipitación errática de la zona, que tanto puede dar al traste con las cosechas por falta como por exceso de lluvia.



---

**AREA V**



Se analiza ahora el trabajo de investigación en dos zonas secas por escasa precipitación, debida a interrupción de la estación lluviosa con una sequía de dos o más semanas (canícula), y por las condiciones edáficas y fisiográficas que agravan la pérdida de humedad.

La primera zona es de topografía quebrada, con suelos de poca profundidad efectiva y con una canícula moderada. Las fincas son pequeñas (0,7 a 1,4 hectáreas), la familia promedio es de seis miembros, tienen escasos recursos, pocos son sujetos de crédito, y no reciben orientación técnica adecuada.

El agroecosistema prevaleciente es maíz-sorgo, con variedades de maíz mejorado y sorgo criollo. Los suelos tienen problemas de fijación de fósforo, y se fertiliza sin análisis

La primera zona tiene una altura media de 600 msnm, y unos 1300 mm de precipitación pluvial.

Entre los factores más limitantes de la producción se encuentran: la canícula, el tipo de suelos, la falta de crédito bancario, el pequeño tamaño de las fincas, y la falta de insumos; especialmente variedades mejoradas y fertilizantes.

La segunda zona tiene una extensión de 91 km<sup>2</sup>, con alturas que van de 500 a 1000 msnm. La temperatura va de 22,5 °C en enero-febrero, a 25,2 °C en abril. La precipitación pluvial es de 1 545 mm año<sup>-1</sup>, con máximas en junio y agosto, y una disminución (canícula) en el mes de julio que afecta mucho los cultivos, especialmente en el noreste. Las zonas de vida más importantes, por Holridge son bh - S, bh - SA y bh - TA.

La región tenía 11 000 habitantes; 75 por ciento rurales. Casi todos se dedican a la agricultura; sus ingresos provienen de la venta de granos de excedente y de productos lácteos. La mayoría son arrendatarios, pero a la sazón se encontraban casi todos ellos trabajando en las siete haciendas intervenidas por la reforma agraria. El 20 por ciento de la tierra está en cultivo; el resto son pastos naturales, montes, y bosques.

El sistema de fincas más importante es: ganado bovino - cultivos anuales- cultivos perennes, que abarca el 60 por ciento del área cultivada con un menor número de explotaciones. El otro sistema importante es: cultivos anuales - especies menores- cultivos perennes, que se practica en el 40 por ciento del área cultivada, y comprende el 75 por ciento de las explotaciones.

Los cultivos anuales de mayor importancia son el maíz, el frijol, y el arroz. El sorgo de grano no es tan importante como el sorgo de escoba. El sistema de cultivo preponderante en ambos sistemas de finca es maíz-frijol, siguiendo en orden de importancia maíz-frijol + frijol; maíz + frijol + sorgo de escoba; maíz + sorgo de grano + sorgo de escoba; maíz + tomate + maíz + yuca.

### Primera zona

El primer trabajo de investigación, consistió en cambiar las variedades de maíz y sorgo en el sistema maíz - sorgo; así como la fertilización.

En estos ensayos se encontró un híbrido que producía 21 por ciento más que la variedad de maíz tradicional cuando se asoció con sorgo criollo. En cambio la variedad criolla tradicional de sorgo resultó mejor productora que todas las introducciones probadas.

Los ensayos de fertilización mostraron que la relación 4 a 1 entre N y  $P_{205}$  era la más adecuada para el sistema maíz sorgo, aún cuando se usaron las variedades tradicionales del agricultor.

Entre los sorgos probados había tres variedades fotoperiódicas, ninguna de las cuales superó al testigo. También se hicieron pruebas con sorgos forrajeros para ver sus características de crecimiento y su resistencia a la sequía. Se dedujo que el sorgo forrajero podría ser una alternativa para pastoreo si se siembra en la época lluviosa.

Con respecto al cambio de componentes se empezaron las pruebas con cultivos perennes.

Los resultados preliminares de 1979 indicaron la necesidad de mejorar la alternativa propuesta, aunque esta ya había sido aceptada por los agricultores.

En 1980 se efectuaron los siguientes experimentos:

1. Comparación entre el sistema tradicional maíz/sorgo y el sistema mejorado en segunda aproximación.

El propósito fué evaluar el sistema mejorado contra el sistema tradicional de la zona, y contra una modificación introducida por el agricultor.

En estos ensayos se confirmó la superioridad del híbrido de maíz introducido en el sistema mejorado en 1979. En cambio el sorgo criollo no parece responder adecuadamente a las expectativas del sistema mejorado.

2. Validación de componentes del sistema maíz/sorgo.

a. Evaluación del rendimiento de grano de 12 combinaciones varietales de maíz y sorgo en asocio.

En 1979 se evaluaron 30 combinaciones varietales de maíz y sorgo, destacándose los híbridos H-11, H-10 y el sintético M1B. El mejor sorgo fue el criollo tradicional.



b. Dosis y épocas de aplicación de fertilizantes en el sistema maíz sorgo.

En 1979 se evaluaron cuatro niveles de fertilización; desde 160-35-0 hasta 320-10-0. Para ampliar la información, en 1980 se efectuó un estudio con diez tratamientos que van desde un testigo sin fertilizante hasta una dosis de 720-160-0 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.

Los resultados mostraron una amplia respuesta del maíz H-11 a la fertilización en todos los sitios, hasta un máximo de 1700 kg ha<sup>-1</sup> que es 60 por ciento por encima del rendimiento promedio del testigo. El sorgo criollo del sistema mostró una menor respuesta con 365 kg ha<sup>-1</sup>, que es 34 por ciento sobre el testigo. La fertilización fraccionada no presentó variaciones importantes en el rendimiento. Se concluyó que la fertilización debería dirigirse al maíz en cantidades no mayores de 360-80-0 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> K<sub>2</sub>O. Las dosis mayores no aumentan el rendimiento del sistema.

### 3. Intensificación del sistema.

No se había investigado la intensificación del sistema maíz+sorgo, pero existía la posibilidad de incluir frijol de costa (Vigna) al momento de doblar el maíz. Por eso se efectuó un experimento denominado: Efecto de variedades de frijol de costa en el sistema maíz - frijol costa- sorgo. con producción de maíz en elote y en grano seco.

Los resultados mostraron que el frijol de costa de la variedad VRI no dio rendimiento que justificara cosecharlo, aunque el maíz se cosechó en elote.

### 4. Cambio de componentes del sistema.

En esta línea de investigación es donde se encontraron los sistemas más prometedores de cultivos anuales, como se describen a continuación:

a. Evaluación de cuatro variedades de ajonjolí en relevo de maíz bajo diferentes condiciones de sequía.

La producción de ajonjolí es tradicionalmente en monocultivo, y es inadecuada para el agricultor pequeño, porque no contribuye a su dieta. Integrando maíz como componente de mayo a agosto, y poniendo el ajonjolí en relevo, es posible aumentar las posibilidades de adopción del sistema por parte del agricultor.

Los resultados no mostraron diferencias de producción de maíz en ningún sitio estudiado, pero las variedades de ajonjolí sí tuvieron diferente producción: 454 kg ha<sup>-1</sup> en var. aceitera; 352 kg Irepol; 290 kg Venezuela; y 472 kg criolla. La rentabilidad del sistema es halagüeña, especialmente en las zonas más cálidas, con ingresos netos de 278 a 560 dolares por hectárea con un ciclo de siete meses, contra 93 dolares para el sistema maíz por sorgo con un ciclo de diez meses.

b. Evaluación de cuatro variedades de gandul (Cajanus sp.) en asocio con maíz en diferentes condiciones de sequía.

El propósito era mejorar el sistema finca incorporando productos tanto para la alimentación humana como la animal, así como una mejora en la fertilidad del suelo y en su conservación.

En general los cultivares 64 - 28 y Valadez parecen adaptarse mejor al asocio con maíz, pues rindieron hasta 1 170 kg ha<sup>-1</sup>. Los promedios por zonas revelaron una mejor adaptación del gandul en las áreas más cálidas, con máximos de 1 472 kg ha<sup>-1</sup>.

5. Exploración de nuevos componentes para el sistema maíz/sorgo.

a. Ensayo de adaptación de cinco variedades de frijol de costa (Vigna sp) bajo diferentes condiciones de sequía.

La Estación Experimental local evaluó 36 variedades de frijol de costa y eligió las cinco mejores. Estos se probaron en 13 sitios en primera y segunda épocas de siembra (mayo y agosto). De ellas, LU 12 SCP (1060 kg ha<sup>-1</sup>); contra 105 (1022 kg ha<sup>-1</sup>) rindieron mejores en la siembra de mayo. En la siembra de agosto se destacaron Criolla (1186 kg ha<sup>-1</sup>); y LU 296 SCP (1072 kg ha<sup>-1</sup>).

Parece que el frijol de costa criollo es fotoperiódico, pues en ningún sitio dio cosecha la siembra en mayo, pero fue la mejor variedad en la siembra de agosto con 812 kg ha<sup>-1</sup>.

6. Extrapolación

a. Ensayo regional de rendimiento de grano y forraje de tres variedades de maíz y sorgo, sembrados en asocio a diferentes densidades de población.

Este trabajo se hizo para conocer el comportamiento de las mejores variedades de maíz y sorgo de Honduras y Guatemala, e identificar así líneas metodológicas con posibilidades de extrapolación de la información obtenida experimentalmente. Los datos obtenidos revelaron una diferencia consistente en todos los sitios, a favor del maíz híbrido local H-3, que alcanzó los 742 kg ha<sup>-1</sup>. También el sorgo criollo mostró mejores producciones.

En 1981 se continuó el trabajo de validación del sistema maíz H-11 + sorgo criollo leche. Aquí se evaluó la experiencia de dos años con el sistema mejorado comparándolo con la tecnología del agricultor. Las diferencias específicas entre ambas tecnologías son el uso de semilla mejorada, la aplicación de herbicida e insecticida al suelo, y la mejor utilización de fertilizantes.

De los resultados de esta validación se concluyó que la alternativa mejorada rinde 18,4 por ciento más maíz y 30,7 por ciento más sorgo que el sistema maíz + sorgo tradicional. (20, 92 por ciento más en ingreso bruto).

La alternativa mejorada disminuyó la mano de obra requerida en un siete por ciento, y aumentó el costo de insumos en un 19

por ciento, pero en general, disminuyó los costos totales en un siete por ciento por la sustitución de mano de obra con herbicida.

En términos de ingreso familiar, la alternativa mejorada representa un 20 por ciento más (aproximadamente \$109 dolares).

### Segunda zona

La investigación en esta segunda zona continuó en mayo de 1981 con el diagnóstico de los sistemas de cultivo mencionados en la caracterización. Se buscó determinar las variedades en uso, la forma y espaciamento de la siembra, las fechas, la fertilización, las prácticas de cultivo, las plagas y malezas, el uso de insecticidas y herbicidas, y la posible interacción entre las prácticas de cultivo que pudieran indicar los factores limitantes.

Durante el año de 1982 continuó la investigación de los sistemas de cultivo en las dos zonas de estudio.

En la primera zona de investigación se encaminó a comprobar y validar los resultados de los años anteriores con cultivares de maíz, sorgo, gandul y vigna resistentes o tolerantes a la sequía y todas las pruebas se hicieron en las fincas de los agricultores.

Los experimentos en el sistema tradicional maíz por sorgo se redefinieron a variación de componentes, cambiando la variedad tradicional de maíz por otras aparentemente más resistentes a la sequía (Luxpeño sequía, compuesto No 2, Centa M3-B; y Centa M5-B). Las pruebas fueron duramente afectadas por la sequía, y se obtuvieron rendimientos que iban desde 1 543 kg ha<sup>-1</sup> para el testigo, hasta 1 605 kg ha<sup>-1</sup>; sin que hubiera diferencia significativa entre variedades. Se hace notar que aun la variedad tradicional mejora su rendimiento cuando se maneja con técnicas más adecuadas.

Los experimentos en el sistema maíz + sorgo consistieron en cambio del componente sorgo por gandul, con el objeto de que el agricultor pudiera contar con una leguminosa en su dieta y la de sus animales: por eso se orientaron estas pruebas hacia fincas que tuvieran sistema mixto (cultivos y ganado).

Se usó la variedad tradicional de maíz y las variedades de gandul 64-28, y nativa, lo que resultó en cinco tratamientos, así:

1. maicito x 64-2B
2. maicito x nativa
3. 64-2B monocultivo
4. nativa monocultivo
5. maíz - sorgo

Se observó que la variedad de gandul 64-2B llegó a producir hasta 1 588 kg ha<sup>-1</sup> de grano, y que la variedad nativa sólo alcanzó los 182 kg. Esto se debe a que la variedad nativa parece ser fotosensible, e iniciar la floración más tarde que la variedad 64-2B, lo cual le expone más a la sequía. En cuanto a desarrollo vegetativo, resultó mejor la variedad nativa, con

11 624 kg ha<sup>-1</sup> de fitomasa, contra 7 177 kg para la 64-2B. Se recomendaría entonces la variedad nativa para forraje, y la 64-2B para doble propósito en las fincas con sistemas mixtos. No hubo diferencias de producción para el maíz.

Además, se evaluó el frijol de costa (Vigna) como nuevo componente de los sistemas de cultivo, ya que los frijoles del género Phaseolus no se desempeñan bien en estas zonas, por razón de las altas temperaturas. En las localidades donde el frijol de costa se cosechó como ejote, el rendimiento fue de unos 3786 kg ha<sup>-1</sup> para las variedades LU. 296 y Centa UR - 1, que producen menos por su floración escalonada. Donde el frijol se cosechó como grano seco las variedades significativamente superiores fueron LU. 43 y Centa 105; mejores que LU. 296 y Centa UR-1. Estos resultados coincidieron con los de años anteriores.

### Sistemas mixtos

Se trata aquí de los sistemas de fincas en que se producen cultivos y animales; principalmente bovino, aves y cerdos. El trabajo se inició en la primera zona en octubre de 1982 con un estudio de caracterización. Las tierras de la subzona están mayormente con pastos naturales y malezas, con parcelas de cultivos en las partes de menor pendiente y menos pedregosas. Los cultivos que se practican son maíz y sorgo, pero los campos son más bien aptos para pastos, bosques y leguminosas como gandul, Vigna y Leucaena.

La información recogida muestra los siguientes problemas:

En bovinos: deficiencias minerales, desnutrición y parasitismo en terneros; desconocimiento del uso de la Urea; dificultad para obtener ingredientes ricos en proteína.

En cerdos: Presencia del cólera, parasitismo de ácaros en la época de lluvias, desconocimiento del uso de la maleza.

En aves: Ataque de coriza y viruela con mortalidad del 40 por ciento en pollos, ataque de cólera aviar a la entrada y salida de las lluvias.

En la segunda zona se hizo trabajo de prueba de alternativas para el sistema maíz/frijol en relevo, y se estudiaron los efectos de la aplicación de mantillo en combinación con variedades en el sistema maíz + sorgo, pero no había datos disponibles aun al terminar el año de 1982.

**AREA VI**



En una región de 10 000 kilómetros cuadrados con 171 000 habitantes, se escogió una subregión representativa de 44 0000 hectáreas de tierras cultivables, con una altura que va de los 50 a los 300 metros sobre el nivel del mar. Esta subregión pertenece a la zona de vida denominada bosque muy húmedo premontano con transición a basal (Holdridge) y tiene suelos predominantemente Typic Distramdept de fertilidad normal. La precipitación pluvial va de los 3 500 a los 4 500 mm repartidos en todo el año, pero con máximos en julio y diciembre y mínimos en febrero y abril. La humedad relativa es de 85 por ciento en mayo y de 93 por ciento en julio, y la temperatura fluctúa entre 22,5 °C y 25 °C.

Las mejores condiciones climáticas para la producción de cultivos anuales se dan durante los 4 primeros meses del año, y se produce allí banano, cacao, maíz y yuca principalmente, y en menor cantidad frijol, arroz, ñame, tiquisque y frutales. Los pequeños agricultores con fincas menores de 50 hectáreas se dedican a sembrar cultivos anuales. Estos son el 86,8 por ciento del total de agricultores en el 23 por ciento del área. El tamaño promedio de la finca es 17,7 hectáreas, y el 92 por ciento de los agricultores son propietarios. Sólo un 6.5 por ciento de la tierra es cultivada. El 13 por ciento se dedica a pastos extensivos, y el resto a bosque.

Como se ha dicho, la producción de cultivos anuales es la más importante para los pequeños agricultores; principalmente el maíz, pues la zona produce 12 por ciento del total nacional en fincas pequeñas, con un promedio de 3.4 hectáreas, donde también siembran yuca y frijol. Los rendimientos de maíz son bajos (1023 kg ha<sup>-1</sup>).

Los principales sistemas de cultivo de la región son: maíz-maíz seguido de maíz asociado con yuca y frijol en relevo entre los tallos de la yuca.

Las características del sistema maíz-maíz son éstas:

1. Hay dos siembras; una en enero-febrero que se cosecha en mayo-junio, es la más productiva y la menos riesgosa, porque el clima es menos favorable a las pudriciones de la mazorca causadas por los hongos Diplodia y Giberella. Otra en julio-agosto que se cosecha en noviembre-diciembre. Esta segunda siembra tiene sólo el 30 por ciento de extensión que la primera, y se hace en tie-

rras que no se sembraron en la primera (terreno descansado) aparentemente para no tener que fertilizar.

El cultivo se maneja así: se corta el monte a machete, se aplica paraquat una semana antes de sembrar, se siembra a mano, con macana, a metro por metro y cinco semillas por hueco (50 000 plantas  $ha^{-1}$ ) de la variedad local maicenón, que es de porte alto, con la tusa cubriendo toda la mazorca, el olote delgado, el grano blanco semicristalino, susceptible al acame, tolerante a la pudrición (Diplodia-Giberella), y con un potencial de rendimiento mediano o bajo.

El 65 por ciento de los agricultores no fertiliza. Los otros fertilizan inadecuadamente: 92 kg de nitrato de amonio  $ha^{-1}$  entre 15 y 60 días después de la siembra, en puñados a cada postura. Un 15 por ciento repite esta aplicación a los 60 días de la siembra.

Las plagas principales son Phyllophaga y Diabrotica cuyas larvas atacan las raíces, y Spodoptera que ataca el follaje. Sólo un 3 por ciento de los agricultores controlan las del suelo, y sólo un 15 por ciento las del follaje, con 3 kilos de aldrin  $ha^{-1}$  las dos primeras, y 20 kg de volatón los del follaje.

Las malezas principales son Digitaria sp., Eleusine indica, Alteranthera sessilis, Solanum modiflorum, y Paspalum paniculatum, que se eliminan a mano en el 42 por ciento de los casos, aunque inopotentamente; o con el uso de herbicidas el resto: (49 por ciento usan paraquat, y 40 por ciento usan 2,4-D).

Un mes después de la siembra, y apenas antes de la cosecha, hacen una deshierba alta a machete. Este control consume la mitad de la mano de obra. A los 100 días de la siembra un 77 por ciento de los agricultores doblan las plantas por el entrenado debajo de la mazorca, para que ésta escurra mejor el agua, y para mermar el ataque de los pájaros, los demás no doblan.

Como a los 130 días de la siembra se hace la cosecha; generalmente tardía, lo cual aumenta las pérdidas. Se cosecha a mano, y se llevan las mazorcas a un cobertizo, donde después se destusan y se separan las mazorcas podridas antes de vender la producción, sin desgranar.

La rentabilidad es buena, pero el ingreso neto es bajo por la poca producción: unos 1023 kg  $ha^{-1}$ .

Los investigadores atribuyeron esta poca producción a las condiciones adversas del clima y del suelo, y a mal manejo del cultivo. La investigación se encaminó a buscar alternativas que pudieran mejorar esas condiciones para los sistemas de producción maíz seguido de maíz, maíz asociado con yuca, y frijol en relevo sobre los tallos de yuca. Los componentes estudiados fueron: variedades, herbicidas, ataque de insectos y su interacción con el manejo de la vegetación, y niveles de fertilización.

Para estudiar estos componentes se hicieron estudios de caracterización del clima y del suelo; pruebas de variedades; pruebas de arreglos espaciales o distancias de siembra; control de malezas con herbicidas, control de insectos, manejo de suelos con y sin labranza, e interacción de este manejo con el control de plagas.

A continuación se describen los experimentos que se efectuaron para los estudios referidos:



## 1. Evaluación exploratoria de la fertilidad de los suelos de la región.

La primera parte de esta evaluación se hizo en el laboratorio y en el invernadero, con muestras traídas de la zona. Los resultados mostraron que los suelos estaban en los subgrupos Typic Dystropept, Typic Dystrandept, Oxic, Pale humult, y Lithic Troposaprist, que los más importantes para el proyecto en la zona son los segundos, y que estos representan todas deficiencias de zinc, algunas deficiencias de azufre, y algunos de manganeso. También se observó que los suelos de este subgrupo respondieron significativamente a las aplicaciones de nitrógeno y fósforo.

## 2. Evaluación de la respuesta del maíz a la fertilización con niveles crecientes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y K<sub>2</sub>O.

Este estudio se efectuó mediante cinco experimentos localizados en las fincas. Se sembró en agosto y se cosechó en diciembre y se usó la variedad de maíz local.

Los niveles seleccionados fueron 0, 30, 60, 90 y 120 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y K<sub>2</sub>O por hectárea. Se aplicó todo el fósforo y el potasio más 1/3 del nitrógeno a los ocho días de sembrar, incorporándolo al lado de cada golpe de siembra. El resto del nitrógeno se puso en banda superficial alrededor de cada golpe de siembra en dos aplicaciones: 4/3 a los veinticinco días de siembra; y 1/3 veinte días más tarde.

El análisis había mostrado niveles adecuados de K, Ca y Mg. Uno de los suelos era deficiente en P (7,5 microgramos por ul, ug ml<sup>-1</sup>) y otro de los suelos era ligeramente deficiente (11,0 mg ml<sup>-1</sup>). Cuatro suelos habían presentado deficiencia de azufre; 5 mg ml<sup>-1</sup> en el más deficiente.

El análisis de varianza detectó un efecto significativo para tratamientos en dos sitios. La falta de respuesta al P y al K se debió a que los suelos contenían niveles adecuados. La falta de respuesta al nitrógeno se atribuyó a los otros factores limitantes; bajo potencial genético, y posible deficiencia de zinc.

## 3. La evaluación de genotipos de maíz, para determinar su resistencia a las plagas y enfermedades, mostró que todos fueron igualmente afectados por la pérdida de plantas durante el ciclo de crecimiento; un 21 por ciento en promedio. En la siembra de primera hubo una pérdida del 25 por ciento de las plantas donde no se hizo control de insectos. Los rendimientos de grano en toneladas métricas por hectárea fueron de 0,95 para maíz solo sin combate de plagas; 1,31 para maíz con yuca sin combate de plagas; 1,91 para la asociación con combate de plagas; y 3,36 por maíz solo con combate de plagas. El maíz sufrió más ataque de pudrición (Diplodia) en asocio con yuca.

## 4. Seis formas de manejo de la maleza y su interacción con la incidencia de plagas

En este experimento se probaron los siguientes tratamientos:

1. Corta de maleza a ras del suelo + glifosato
2. Corta alta de maleza + glifosato
3. Corta a ras + MSMA, paraquat y atracina
4. Corta a ras + mezcla de MSMA y paraquat; aplicación dirigida
5. Arado y rastreado + esterón y paraquat; aplicación dirigida
6. Corta a ras con deshierba manual

Estos tratamientos se probaron con y sin insecticidas al suelo. Apareció poca Spotoptera en el maíz enmontado porque la variación de color no fue allí tan atractiva como en el maíz limpio, y porque hubo allí más depredadores. Igualmente hubo más Diabrotica en las parcelas aradas: más atractivas a la oviposición. En cambio Phyllophaga fue menos frecuente en los lotes deshierbados a ras de suelo y con aplicación de glifosato, y mayor en las parcelas enmalezadas. La disminución de los rendimientos del maíz se debió a las plagas del suelo; en todas las parcelas fue grande, excepto en las cortadas a ras y tratadas con glifosato.

#### 5. Alternativa para mejorar el sistema maíz-yuca.

Este sistema se caracteriza por un arreglo cronológico donde la yuca aparece como relevo del maíz. Por tal razón el desarrollo biológico de ambos cultivos es prácticamente independiente, y por eso también se empezó el estudio del sistema con las mismas pruebas que se hicieron para el sistema maíz-maíz, y con la evaluación de cultivares de yuca comestible e industrial. Esta evaluación se tendría que hacer el año siguiente (1981).

6. En las pruebas de selectividad de herbicidas en el sistema maíz y yuca con frijol, se buscó un control químico de las malezas que no dejara residuos tóxicos para el frijol. El Cuadro 33 muestra el efecto de los tratamientos sobre la producción de maíz.

Cuadro 33. Efectos de los tratamientos herbicidas sobre la producción de maíz. Experimento 6.

Tratamiento	X
1. control manual	3 122
2. diuron 1,0 kg ha <sup>-1</sup>	2 882
3. diuron 2,0 kg ha <sup>-1</sup>	2 333
4. Metholchlor 2,5 + linuron 0,75 kg ha <sup>-1</sup>	2 969
5. Metholchlor 2,5 + linuron 1,4 kg ha <sup>-1</sup>	2 782

Todos los tratamientos suplementados con una deshierba manual a los 130, días controlaron las malezas tan eficientemente como tres limpiezas. El tratamiento más barato fue el número 2. Con respecto a la yuca todos fueron parecidos.

7. Un estudio de la interacción entre el manejo de la vegetación (control de malezas) y los niveles de fertilidad del suelo del sistema maíz + yuca y frijol sobre tallos de yuca, indica que los sistemas mecanizados produjeron 2 562 kg ha<sup>-1</sup> de grano, contra 2996 kg en los no mecanizados. El efecto de la fertilidad también fue notable: 2 267 kg ha<sup>-1</sup> para los sistemas no fertilizados, contra 2 773, 2 824 y 3 017 kg donde se fertilizó. En la yuca la diferencia de producción entre el testigo y las dosis altas de fertilizante (120 - 102 - 35 kg de NPK) fue de 5 696 kg en favor de la última.

8. Pruebas con nuevos cultivos (malanga, ñame, tiquisque y frijol lima).

Estas pruebas incluyeron diez cultivares de ñame (*Dioscorea* spp); doce cultivares de malanga (*Colocasia esculenta*) y doce cultivares de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*) procedentes del programa de recursos genéticos del CATIE. Además, se probaron también 12 genotipos de frijol lima (*Phaseolus lunatus*), así como el efecto de la densidad de siembra de uno de esos cultivares. El estudio se efectuó en una estación experimental de la zona. Las densidades de siembra evaluadas fueron de 0,4 y 0,8 metros entre golpes, con 1, 2, 3 y 4 plantas por golpe, y manteniendo constante la distancia entre hileras a 1 m.

El estudio mostró los rendimientos más altos a 0,4 m, y estos aumentaron en ambas distancias de siembra a medida que aumentó el número de plantas por golpe; con el mayor rendimiento a 0,4 m y 3 plantas por golpe, como se ve a continuación (Cuadro 34).

Cuadro 34. Rendimientos de los tratamientos en el experimento 8.

Plantas por golpe	Distancia entre golpes		X
	0,4 m.	0,8 m.	
1	2 036	1 081	1 559
2	2 153	1 169	1 661
3	2 592	1 868	2 230
4	2 021	1 649	1 835
X	2 220	1 442	

El análisis de varianza mostró diferencias significativas sólo para distancias de siembra: 0,4 m mejor que 0,8 m.

El trabajo produjo alternativas mejoradas para los sistemas maíz-maíz; maíz/yuca; y yuca con frijol sembrado entre los tallos de yuca mediante cambios en los componentes: variedades, control de malezas, combate de plagas y su interacción con el manejo de la vegetación, y niveles de fertilización.

---

**AREA VII**

•

Se analiza por último un trabajo de mejoramiento de sistemas de cultivo que se llevó a cabo con el mayor apego a la metodología de sistemas.

Se tomó un área de 13 550 hectáreas localizadas en una zona de bosque húmedo tropical, con precipitación promedio anual de 2 500 mm y temperatura media de 26 °C. Los suelos son inceptisoles y entisoles con textura franco arenosa predominante, con algunos sitios arcillosos. Las tierras son de las clases agrológicas I y III. La población es de 6 500 habitantes, de los cuales 1 836 forman el sector económicamente activo, del cual el 71 por ciento se dedica a la agricultura o la ganadería. La mayoría de las explotaciones son de cultivos temporales (623 en 4 320 ha). En cultivos permanentes hay 758 explotaciones ocupando 872 ha, y 100 explotaciones en pastos ocupando 2 570 ha. La zona tiene buen abastecimiento de insumos y de crédito, y buen mercado para sus productos. El principal sistema de cultivos es arroz-sorgo, pero existen muchas diferencias entre agricultores en cuanto al manejo, y los productores más pequeños usan las prácticas de cultivos más rudimentarias. Los agricultores consideran que los principales factores limitantes de la producción son: las malezas, los insectos, el ataque de pájaros, la baja fertilidad de los suelos, y las enfermedades de los cultivos. Todos usan semilla mejorada y fertilizantes. El 78 por ciento de los que siembran arroz usan herbicidas, y el 53 por ciento usan insecticidas.

Esta caracterización de la zona se efectuó mediante encuestas, y la determinación de los factores limitantes se comprobó mediante una serie de experimentos exploratorios como los que se describen a continuación:

#### Experimentos exploratorios:

1. Estudio del efecto de la densidad de siembra, el control de insectos y malezas, y la fertilización en la eficiencia del sistema arroz sorgo. Cada factor se estudió con dos niveles, uno sin aplicación y el otro controlando, la limitación con una dosis adecuada por lo que se obtuvo un factorial  $2^4$ . Los objetivos fueron a) definir el orden de importancia de los factores estudiados, y b) determinar las interacciones de esos factores en el sistema.

Los tratamientos fueron:

$D_1$  = 113 kg semilla  $ha^{-1}$   
 $D_2$  = 159 " "  
 $D_3$  = 136 " "  
 $F_1$  = sin fertilizante  
 $F_2$  = 180 kg  $ha^{-1}$  12-24-12 + 180 kg  $ha^{-1}$  urea  
 $M_1$  = sin herbicida  
 $M_2$  = Prowl + propanil  
 $I_1$  = sin insecticida  
 $I_2$  = Furadán

Cuadro 35. Rendimiento promedio de arroz al 14 por ciento de humedad ( $kg\ ha^{-1}$ ) en el experimento 1.

Tratamiento	Rendimiento	Malezas 30 DDS*
1 $D_1$ $F_1$ $M_1$ $I_1$	----	10 **
2 $D_1$ $F_1$ $M_1$ $I_2$	----	10
3 $D_1$ $F_1$ $M_2$ $I_1$	2 267	1 ***
4 $D_1$ $F_1$ $M_2$ $I_2$	2 301	1
5 $D_1$ $F_2$ $M_1$ $I_1$	----	10
6 $D_1$ $F_2$ $M_1$ $I_2$	----	10
7 $D_1$ $F_2$ $M_2$ $I_1$	3 420	1
8 $D_1$ $F_2$ $M_2$ $I_2$	3 977	1
9 $D_2$ $F_1$ $M_1$ $I_1$	----	10
10 $D_2$ $F_1$ $M_1$ $I_2$	----	10
11 $D_2$ $F_1$ $M_2$ $I_1$	1 952	1
12 $D_2$ $F_1$ $M_2$ $I_2$	2 350	1
13 $D_2$ $F_2$ $M_1$ $I_1$	----	10
14 $D_2$ $F_2$ $M_1$ $I_2$	----	10
15 $D_2$ $F_2$ $M_2$ $I_1$	2 934	1
16 $D_2$ $F_2$ $M_2$ $I_2$	3 624	1
17 $D_3$ $F_2$ $M_2$ $I_2$	3 543	1
18 Agricultor sin herbicida	2 407	1

\* Días después de siembra

\*\* Totalmente enmalezado

\*\*\* Sin maleza.



Después de cosechado el arroz se sembró el sorgo.

2. Combate integrado de insectos y malezas en el sistema arroz-sorgo. Para este estudio se pusieron también dos experimentos con tres repeticiones cada uno. Los objetivos buscados eran: a) obtener información sobre el control de insectos y malezas con diferentes agroquímicos y b) observar el comportamiento de esos productos al realizar un control integrado.

Se estudiaron en total 16 tratamientos, incluyendo el del agricultor como testigo. Los tratamientos consistieron en aplicaciones solas o combinadas, (con diferentes dosis y fechas), de los insecticidas furadán y aldrín, y de los herbicidas Prowl, propanil, y 2 4D.

Los rendimientos variaron mucho por: a) la alta población de la maleza Rotboelia exaltata donde se aplicó el herbicida de 20 a 30 días después de la siembra b) fitotoxicidad en las parcelas que se trataron con furadán para controlar insectos del suelo y luego con propanil antes de 15 días. Hubo menos daño cuando el propanil se aplicó hasta los 25 días. c) los mejores rendimientos fueron con:

1. Propanil 1,8 kg j.a 12 DDS, y propanil + 2, 4-D a 2 y 1 kg i.a ha<sup>-1</sup> 30 DDS, y aldrín.
2. Prowl 0,75 kg ai ha<sup>-1</sup> a la siembra y propanil + 2, 4-D a 2 y 1 kg i.a ha<sup>-1</sup> 30 DDS + aldrín.
3. Propanil + Prowl 2,5 y 1,5 kg i.a ha<sup>-1</sup> de 12-15 DDS.

Cada uno de estos tratamientos recibió control de malezas en dos épocas, porque la Rotboelia exaltata tiene una germinación escalonada. El tratamiento con Prowl 1,5 kg i.a ha<sup>-1</sup> en pre-siembra, seguido de 2,4-D 1 kg i.a ha<sup>-1</sup> 21 DDS permite el uso de insecticidas fosforados o carbamatos, lo que no se puede hacer donde se aplica propanil. Se observó que el 2,4-D antes de los 25 días después de la siembra perjudicó mucho al cultivo. También se observó que las parcelas con Furadán presentaban plantas más vigorosas que en las tratadas con aldrín, posiblemente por el efecto nematicida del Furadán.

3. Respuesta de arroz a la aplicación de cinco niveles de nitrógeno y fósforo, tres niveles de potasio, y dos niveles de azufre.

Este experimento se sembró a mediados de julio, con tres repeticiones, y tuvo los siguientes objetivos: a) determinar la respuesta del arroz a niveles crecientes de N, P y K, y b) definir la dosis adecuada para el área. Los niveles de nutrientes estudiados fueron:

- N: 0, 40, 80, 120 y 160 kg ha<sup>-1</sup>  
P: 0, 30, 60, 90 y 120 kg ha<sup>-1</sup>

K: 0, 40 y 80 kg ha<sup>-1</sup>

S: 0 y 30 kg ha<sup>-1</sup>

Se hicieron 15 tratamientos con los cinco niveles de N y P, y tres tratamientos con los tres niveles de K y dos de S; un total de 18 tratamientos propuestos en un diseño de bloques al azar. ..

Los rendimientos fueron así: (Cuadro 36)

Cuadro 36. Rendimientos de arroz con diferentes niveles de fertilización. Experimento 3

Número del tratamiento	Kg ha <sup>-1</sup>				Rendimiento kg ha <sup>-1</sup> 14% humedad
	N	P <sub>205</sub>	K <sub>20</sub>	S	
1	0	0	0	0	1703
2	0	90	0	0	1644
3	40	90	0	0	1945
4	30	90	0	0	2524
5	120	90	0	0	2683
6	160	90	0	0	2152
7	120	0	0	0	2808
8	120	30	0	0	2298
9	120	60	0	0	2691
10	120	120	0	0	2113
11	40	30	0	0	2207
12	80	60	0	0	2479
13	80	120	0	0	1871
14	160	60	0	0	2185
15	160	120	0	0	3292
16	120	90	40	0	2101
17	120	90	80	0	3281
18	120	90	80	30	2886

Los rendimientos fueron bajos porque los terrenos de la zona contienen mucho cobre, pero se observó una clara tendencia de aumento (tratamientos 2 al 5) con las dosis crecientes de N, y ninguna a las dosis crecientes de P<sub>205</sub> (tratamientos 1 a 10).

4- Respuesta del arroz a la aplicación de cinco niveles de fertilización.

Este experimento se sembró en agosto y el objetivo incluyó también el efecto de la fertilización en otras características del arroz. Se estudiaron 10 tratamientos, como se expone en el Cuadro 37.

Cuadro 37. Tratamientos de fertilización al arroz y rendimientos en el experimento 4.

Número del tratamiento	kg ha <sup>-1</sup> 12-24-12 / Urea		Rendimiento en kg ha <sup>-1</sup> en 14% de humedad
1	90	45	3391
2	180	90	3527
3	270	135	3643
4	360	180	3784
5	135	135	3025
6	90	90	3340
7	90	180	3150
8	90	270	3363
9	90	136	3863
10	0	0	4187

Este experimento se instaló mal, en un terreno muy fértil, donde no era posible detectar diferencias entre los nutrientes añadidos.

5- Evaluación de variedades de arroz con dos niveles de fertilización.

Este experimento se instaló en agosto, que es una época de siembra practicada en el área. Los objetivos fueron: a) determinar las variedades de arroz más promisorias en la región b) observar sus desempeños frente a dos niveles de fertilización.

Se pusieron dos experimentos con bloques al azar: uno con 100 kg de 12-14-12 más 100 kg de urea ha<sup>-1</sup>, y el otro con 200 kg de 12-24-12 y 200 kg de urea ha<sup>-1</sup>.

Los rendimientos promedios en kg ha<sup>-1</sup> de grano del 14 por ciento de humedad se presentan en el Cuadro 38

Cuadro 38. Rendimiento promedio de grano de arroz seco en el experimento 5.

Variedades	Rendimiento		Diferencia
	Fert 1	Fert 2	
Anayansi	3 061	2 977	-84
Línea 13	5 770	5 652	382
Surinam 70	3 218	4 120	908
Línea 8	4 100	5 280	1 180
Cica 7	4 467	4 359	-180
Bowani	3 260	3 441	181
Damaris	3 348	3 739	391
L-4444	3 344	3 295	-49
C-5272	3 410	3 113	-297
Cica 8	3 289	4 119	830
Nilo 2	3 353	3 922	569

Aparentemente la mayoría de las variedades se comportan igual con las dosis altas y bajas de fertilizante, excepto Surinam 70, Línea 8, Cica 8, y Nilo 2, que responden al aumento. Se destacan las variedades Línea 13, Línea 8, Cica 7, y Cica 8 por su rendimiento.

6-Sensibilidad de dos variedades de maíz a la fertilización y el control de malezas y de insectos. Este experimento se inició en octubre con el objeto de a) definir el orden de importancia de los factores limitantes y b) determinar la interacción de estos factores. Se instalaron 16 tratamientos en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron el resultado de un factorial 2<sup>4</sup> y cada factor: Variedades, insectos, malezas, y fertilización, se estudió a dos niveles; uno sin

control, y el otro con aplicación del agroquímico a una dosis adecuada. El Cuadro 39 muestra como el factor que tuvo una influencia mayor y más consistente fue el fertilizante.

Cuadro 39. Sensibilidad de dos variedades de maíz a la fertilización, y el control de malezas e insectos en el experimento 6.

número del tratamiento	Tratamiento				Rendimiento en kg ha <sup>-1</sup>
1	V1	I1	M1	F1	1 763
2	V1	I1	M1	F2	4 997
3	V1	I1	M2	F1	3 038
4	V1	I1	M2	F2	4 729
5	V1	I2	M1	F1	2 031
6	V1	I2	M1	F2	5 471
7	V1	I2	M2	F1	3 232
8	V1	I2	M2	F2	7 029
9	V2	I1	M1	F1	2 522
10	V2	I1	M1	F2	4 463
11	V2	I1	M2	F1	2 151
12	V2	I1	M2	F2	5 304
13	V2	I2	M1	F1	2 790
14	V2	I2	M1	F2	5 785
15	V2	I1	M2	F1	3 586
16	V2	I2	M2	F2	7 480

V1 = Variedad criolla

V2 = Tocumen 7428

I1 = Sin insecticida

I2 = Furadán al suelo y Diazinón al follaje

M1 = Atrazina

M2 = Atrazina + paraquat

F1 = Sin fertilizante

F2 = 150 kg 12-24-12 + 200 Kg Urea ha<sup>-1</sup>

7- Evaluación de 14 variedades de maíz (Cuadro 40). Este experimento se hizo porque no existen en la región materiales genéticos adecuados para producción comercial. Se probaron las variedades en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados se afectaron por robo de algunas repeticiones, pero de lo cosechado sobresalieron: Criolla, 56-3399, y selección Azuero.

Cuadro 40. Evaluación de 14 variedades de maíz del experimento 7

Variedad	Rendimiento de grano al 14 por ciento de humedad
Criolla	5 187
UNP <sub>2</sub> - 37%	4 817
Tocumen 70 M	3 397
56-3399	5 927
Selección Azuero	6 606
Tocumen 7428	3 518
Selección Caisán	4 600
UPPI - 27%	6 236
X - 5838	5 125
Tocumen 7527	4 692
X - 7962	5 803
A - 670	4 167
Tocumen 7635 - 50%	5 093
Tocumen B - 40%	5 001

8- También se hicieron otros experimentos de evaluación, así:

- a. de factores que limiten al cultivo de soya
- b. de siete especies de leguminosas

- c. de híbridos de sorgo
- d. de épocas de siembra y control de la mosca de la panoja en sorgo.
- e. de dos híbridos de sorgo bajo control de malezas, insectos y fertilización.
- f. de control químico de malezas en sorgo y
- g. de control de plagas del sorgo

Se comprobó con estos ensayos exploratorios que los factores individuales limitantes en el arroz son, en orden de importancia: el combate de malezas, la fertilización, y el control de insectos; con incrementos de 2 854, 1 278, y 420 kg de grano por hectárea. Las interacciones más importantes fueron las del herbicida con el fertilizante y las del herbicida con el insecticida, con incrementos de 3 490 y 3 460 kg de grano y tasas de retorno marginal de 222 por ciento y 344 por ciento respectivamente. El único factor individual que tiene una tasa marginal positiva (649 por ciento) fue el herbicida; los demás tienen tasas negativas, lo cual hace concluir que cuando no se controlan las malezas se anula el efecto benéfico del control de plagas y la fertilización.

En el caso del sorgo los factores más relacionados con la producción fueron la fertilización, el combate de malezas, y el control de insectos, que aumentaron el rendimiento en 1 252, 926 y 574 kg ha<sup>-1</sup>. Debido a la inversión mayor en fertilizante este factor ocupó el segundo lugar en la tasa de retorno, que fue de 46 por ciento. La del control de malezas fue de 127 por ciento, y la del control de insectos 59 por ciento. No hubo interacciones; por lo cual se planean las investigaciones futuras estudiando cada factor independientemente.

### Experimentos satélites

Estos experimentos satélites estudian también los componentes de los sistemas de producción, pero, mientras que los experimentos exploratorios tienen por objeto identificar los factores limitantes hipotéticos,-- que se determinaron mediante las encuestas y el conocimiento del área -- los experimentos satélites se efectúan con un mejor conocimiento de los factores limitantes, y estudian varios niveles del factor limitante en cuestión, manteniendo los otros factores fijos a un nivel adecuado. Permiten hacer una evaluación económica de la recomendación, y tienen siempre dos tratamientos estándar: la alternativa del agricultor y la alternativa modificada; que también están presentes en el experimento central, en el cual se comparan las alternativas que se han elaborado mediante los resultados de los experimentos satélites, en una forma integrada.

### Experimentos de fertilización

En arroz, los ensayos realizados en tres sitios diferentes demostraron que el cultivo responde mejor a la aplicación de entre 80 y 100 kg de nitrógeno  $ha^{-1}$  en suelos franco-arcillosos; con rendimientos de 5 600 kg  $ha^{-1}$ , superiores al testigo en 3 500 kg. En cambio, en los suelos franco arenosos o arenoso-francos, se obtienen rendimientos de 5 400 kg  $ha^{-1}$  con 100 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo; 2 300 kg  $ha^{-1}$  más que en el testigo. No se observó respuesta clara a la aplicación de potasio, pero se estima necesaria en suelos muy arenosos o donde el potasio es bajo.

### Experimentos con insecticidas

No se observó respuesta al insecticida del suelo cuando éste es arcilloso o franco arcilloso. En suelo arenoso se halló una respuesta positiva a la aplicación de pirimifosetil y volatón (2 kg i.a  $ha^{-1}$ ) de 77 por ciento y 51 por ciento respectivamente, cuando la plaga principal era el chinche Blissus leucoptera. No se observó ninguna interacción tóxica con las subsiguientes aplicaciones de propanil. La práctica del agricultor (heptocloro a 340 g i.a  $ha^{-1}$  junto con la semilla) no tuvo efecto significativo.

Este año no hubo problemas por plagas durante el desarrollo ni la fructificación del cultivo, y no se halló respuesta a las aplicaciones de insecticidas en esas etapas. Donde hubo ataques de saltahojas Cicadellidae, los pirotroides dieron un buen control, y fueron superiores al Endrín que es el insecticida tradicional del agricultor; pero como no hubo diferencias en el rendimiento, se piensa que estos insectos no son una plaga.

### Experimentos con herbicidas

En arroz se realizaron tres experimentos con herbicidas. Se estudiaron diez tratamientos que parecieron promisorios en 1980, con combinaciones diferentes de productos, dosis y fechas de aplicación. Se obtuvieron efectos altamente significativos con 2 kg de propanil + 1 kg de Prowl i.a  $ha^{-1}$ , ocho días después de la siembra (5611, 5 235 y 3 189 kg de arroz por hectárea en el 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> y 3<sup>o</sup> sitio). Propanil 2 gls + 2, 4, 5-T 1 litro producto comercial, aplicados a los 12 - 15 DDS y a los 30 - 35 DDS, dio rendimientos de 5 271, 5 928 y 3 179 kg de arroz  $ha^{-1}$  en el 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> y 3<sup>o</sup> sitio. También propanil 2 kg + machete 3 kg i.a  $ha^{-1}$  a los 8-12 DDS dio resultados similares. Los tratamientos menos eficaces rindieron 3 400, 2 600 y 2 100 kg en los sitios referidos. La malezas predominantes son Echinochloa spp. y Rottboellia exaltata. El herbicida de preemergencia se usa contra Rottboellia y propanil contra Echinochloa.



### Experimentos de variedades

La inestabilidad de las variedades de arroz en cuanto a la susceptibilidad a nuevas razas de Piricularia, hace necesaria la evaluación permanente de variedades que tengan tolerancia y buena producción. En 1981 se efectuaron tres pruebas con las variedades Línea 13, Línea 8, Cica 8 y Surinam 70 que tienen mejor potencial en el área bajo estudio. La Línea 13 fue la mejor.

### Experimentos con fechas de siembra

Los agricultores del área siembran arroz desde abril hasta setiembre, con dos épocas más frecuentes: una en marzo para la siembra de primera, y otra en agosto para la de segunda. Los ensayos mostraron que mayo es mejor que abril y junio para la primera, y que agosto es mejor que julio o setiembre para la segunda.

En maíz, julio resultó superior a agosto y setiembre.

### Experimentos Centrales

Los investigadores en esta zona usaron el concepto de experimento central, que permite comparar los sistemas de alternativas más promisorias con el sistema del agricultor. Los sistemas alternativos más promisorios se han diseñado con la información aislada de los componentes de los sistemas proporcionada por los experimentos satélites.

Debido a la variación ambiental que hay de un lugar a otro, y a la interacción de los factores, es necesario repetir estos experimentos en diferentes lugares para poder medir la variabilidad de las opciones.

Se supone que este procedimiento permite:

- a. Cuantificar la sensibilidad de la práctica del agricultor a la adición de un componente mejorado.
- b. Cuantificar la sensibilidad de la alternativa a la supresión de un componente mejorado (alternativa incompleta)
- c. Definir la calidad de la alternativa con todos los componentes limitantes modificados, y
- d. Entender la variación de la respuesta de las alternativas comparadas en diferentes sitios.

En estos experimentos centrales, como en los de componentes satélites, hay siempre dos alternativas comunes: la del agricultor y la mejorada, con todos los componentes limitantes modificados. La existencia de tratamientos similares en los dos tipos de experimentos es necesaria, porque se presume que la alternativa modificada propuesta será la que mejor se comporta en toda la zona. Un comportamiento diferente en algún lugar del



área indicará que la alternativa no funciona bien allí, y que se debe buscar una opción.

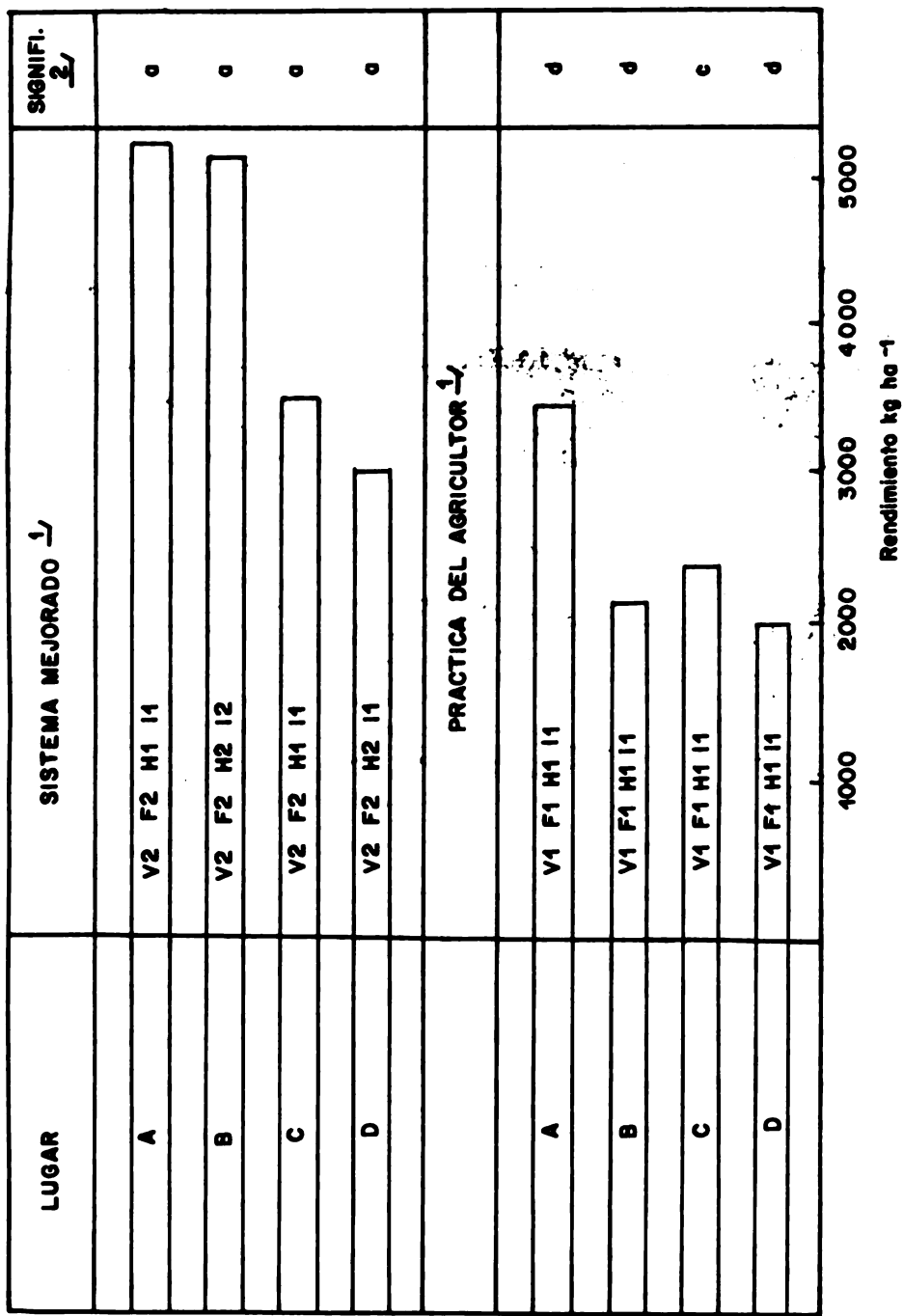
Las aproximaciones sucesivas permitirán llegar a definir la mejor opción para cada componente, y en cada lugar del área. Las variaciones que se incluyen provienen de la información proporcionada por los experimentos satélites.

### Experimentos de Comparación de Alternativas

En 1981 se sembraron seis experimentos de comparación de alternativas, ubicándolos en áreas estratégicas según la variación del suelo, el tipo de malezas e insectos, y la precipitación.

Los experimentos fueron factoriales  $2^4$  porque así se podía observar el efecto positivo de agregar 1, 2 ó 3 factores modificados al sistema del agricultor; o el efecto negativo de quitar 1, 2 ó 3 factores modificados al sistema mejorado. Los niveles de los factores fueron idénticos en todos los experimentos, por lo cual, si había variaciones en la zona, estos niveles podían modificarse y ajustarse más tarde según esa variación.

Los niveles de la práctica del agricultor son variedad 1 ( $V_1$ ); fertilización 1 ( $F^1$ ); control de malezas 1 ( $M^1$ ); y control de insectos 1 ( $I_1$ ). Los de la alternativa mejorada son entonces  $V_2, F_2, M_2, I_2$ . Los resultados obtenidos aparecen a continuación, e indican que la alternativa mejorada fue significativamente superior a la práctica del agricultor Figura 7



1/ Niveles de componentes

2/ Las alternativas con la misma letra son estadísticamente iguales, según la prueba de Duncan (P = 0.05).

Figura 7. Comparación de Alternativas 1981.

Las alternativas con la misma letra son estadísticamente iguales por la prueba Duncan al 5 por ciento.

Los resultados mostraron que la variedad y la fertilización modificados se computaron mejor en todos los casos, mientras que el combate de malezas del agricultor fue tan eficiente como el modificado, en dos lugares; lo cual se debió a variaciones locales en el tipo de maleza. Igual ocurrió con el combate de insectos del suelo, pues donde hubo ataque la alternativa fue mejor, pero cuando el combate resultó innecesario, la alternativa del agricultor fue mejor.

De estos resultados se obtuvo una alternativa preliminar en 1981, y se confirmó la importancia que tiene la repetición en varios lugares de la zona de estudio, para detectar las variaciones debidas al lugar.

En 1982 se hicieron cinco experimentos de comparación de alternativas como se muestra en el Cuadro 41.

Se incluyeron tres tratamientos testigo: 1) la práctica del agricultor, 2) la mejor alternativa de 1981. 3) la alternativa modificada para 1982.

Cuadro 41. Rendimientos de arroz en las alternativas mejoradas y en la práctica del agricultor

Experimento 1				Experimento 2			
Alternativa	Rendimiento kg ha <sup>-1</sup> (1)			Alternativa	Rendimiento kg ha <sup>-1</sup> (1)		
V <sub>2</sub> M <sub>3</sub> F <sub>2</sub> I <sub>2</sub> (2)	4	777	a	V <sub>2</sub> M <sub>5</sub> F <sub>3</sub> I <sub>2</sub> (2)	4	983	a
V <sub>2</sub> M <sub>5</sub> F <sub>3</sub> I <sub>2</sub> (2)	4	740	ab	V <sub>2</sub> M <sub>3</sub> F <sub>2</sub> I <sub>2</sub> (2)	4	893	a
V <sub>2</sub> M <sub>5</sub> F <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	4	697	ab	V <sub>2</sub> M <sub>4</sub> F <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	4	821	a
V <sub>2</sub> M <sub>4</sub> F <sub>3</sub> I <sub>1</sub>	4	628	ab	V <sub>2</sub> M <sub>6</sub> F <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	4	706	ab
V <sub>2</sub> M <sub>5</sub> F <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	4	561	ab	V <sub>2</sub> M <sub>4</sub> F <sub>3</sub> I <sub>1</sub>	4	702	ab
V <sub>2</sub> M <sub>4</sub> F <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	4	557	ab	V <sub>2</sub> M <sub>5</sub> F <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	4	666	ab
V <sub>2</sub> M <sub>2</sub> F <sub>2</sub> I <sub>2</sub> (3)	4	491	ab	V <sub>2</sub> M <sub>6</sub> F <sub>3</sub> I <sub>2</sub>	4	654	ab
V <sub>2</sub> M <sub>5</sub> F <sub>3</sub> I <sub>1</sub>	4	390	ab	V <sub>2</sub> M <sub>5</sub> F <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	4	612	ab

Continúa ...

Continuación cuadro 41

V <sub>2</sub> M <sub>6</sub> F <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	4 342 ab	V <sub>2</sub> M <sub>2</sub> F <sub>2</sub> I <sub>2</sub> (3)	4 602 ab
V <sub>2</sub> M <sub>6</sub> F <sub>3</sub> I <sub>2</sub>	4 253 ab	V <sub>2</sub> M <sub>4</sub> F <sub>3</sub> I <sub>2</sub>	4 594 ab
V <sub>2</sub> M <sub>4</sub> F <sub>3</sub> I <sub>2</sub>	4 194 abc	V <sub>2</sub> M <sub>4</sub> F <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	4 520 ab
V <sub>2</sub> M <sub>4</sub> F <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	4 180 abc	V <sub>2</sub> M <sub>6</sub> F <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	4 468 ab
V <sub>2</sub> M <sub>6</sub> F <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	4 073 abc	V <sub>2</sub> M <sub>5</sub> F <sub>3</sub> I <sub>1</sub>	4 402 ab
V <sub>2</sub> M <sub>6</sub> F <sub>3</sub> I <sub>1</sub>	3 911 bc	V <sub>2</sub> M <sub>6</sub> F <sub>3</sub> I <sub>1</sub>	4 342 ab
V <sub>1</sub> M <sub>1</sub> F <sub>1</sub> I <sub>1</sub> (4)	3 464 c	V <sub>1</sub> M <sub>1</sub> F <sub>1</sub> I <sub>1</sub> (4)	4 090 b

- (1) Una misma letra indica rendimientos estadísticamente iguales (Duncan 5%)
- (2) Alternativas de 1982
- (3) Alternativas de 1981
- (4) Práctica del agricultor.

Además, se incluyeron 12 tratamientos resultantes de un factorial 2 x 3 x 2, formado por los mejores niveles de combate de malezas (M<sub>4</sub>, M<sub>5</sub> y M<sub>6</sub>); las dos mejores fertilizaciones (F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub>); y los dos mejores controles de plagas (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>) obtenidos en los experimentos de componentes de 1981.

Así se procuró cubrir las variaciones debidas a lugar para cada factor, y observar también las interacciones de factores por sitios. El factor variedad no se incluyó porque la utilizada en 1981 había mostrado ser superior a la del agricultor.

Del cuadro anterior se ven los resultados de dos de esos experimentos, y se nota que la práctica del agricultor (V<sub>1</sub>, M<sub>1</sub>, F<sub>1</sub>, I<sub>1</sub>) ocupó el último puesto en ambos lugares; que la alternativa de 1981 (V<sub>2</sub> M<sub>2</sub> F<sub>2</sub> I<sub>2</sub>) ocupó el séptimo y noveno puesto; y que la alternativa modificada de 1982 (V<sub>2</sub> M<sub>3</sub> F<sub>3</sub> I<sub>2</sub>) se destacó en los puestos primero y segundo.

En síntesis, los experimentos mostraron que la alternativa que incluyó mejoras en la variedad, la fertilización y el control de malezas del agricultor fue significativamente superior. El efecto de la variedad quedó bien claro; pero el de la fertilización está sujeto al tipo de suelo; como lo está también el control de insectos, pues sólo es necesario en suelos arenosos. El control de malezas del agricultor fue mejor porque la alternativa propuesta incluyó 2 4-D que afectó el macollamiento del arroz.

El trabajo demostró que es posible desarrollar alternativas tecnológicas para determinado sistema de producción a corto

plazo, mediante ajustes sucesivos de cambios prometedores, según los resultados de la experimentación en temporadas anteriores.

## **VALIDACION**

La fase decisiva al final de un proceso de desarrollo de tecnología con este enfoque de sistemas, es la validación /transferencia de los resultados. Este proceso es similar al anterior, pero requiere que sean los mismos agricultores, en sus propias fincas, quienes manejen la alternativa mejorada. De esta manera se observa que la alternativa propuesta es adecuada, práctica, y beneficiosa para quienes fue diseñada. Y esto asegura además que será transferida a todos los agricultores de la zona de recomendación.

La tecnología propuesta será mejor que la tecnología tradicional cuando, bajo el manejo de los agricultores, aumente el rendimiento o disminuya el costo por unidad de área de producción.

La manera más adecuada para asegurarse de que los agricultores manejen bien los cambios que se proponen con la alternativa mejorada, es explicarle y enseñarle cómo aplicar los cambios en cuestión, pero haciendo al mismo tiempo una comparación con las prácticas tradicionales.







**EDICION**

José Calvo F.

**DIGITACION**

Edith Bermúdez G.

**DISENO Y ARTES**

Héctor Chavarría M.  
Mauricio Argueta R.

**MONTAJE E IMPRESION**

Litografía e Imprenta GRAFO-PRINT S.A.  
San José, Costa Rica

**PUBLICACION DEL CATIE**

Edición de 250 ejemplares

Turrialba, Costa Rica, Setiembre de 1986.

DATE DUE

~~4 OCT. 1988~~

~~18 OCT. 1988~~

~~1 NOV. 1988~~

~~29 NOV. 1988~~

~~1 FEB. 1991~~

~~18 ENE. 1995~~

~~30 ENE. 1995~~

~~13 FEB. 1995~~

~~28 FEB. 1995~~

~~16 MAR. 1995~~

31 MAR

CATIE

ST

IT-92

Autor

76873

PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO

EXPERIMENTAL EN LA

Título

INVESTIGACION DE ...

Fecha Devolución

Nombre del solicitante

~~4 OCT. 1988~~

*Luce 1988*

~~18 OCT. 1988~~

*Luce*

~~1 NOV. 1988~~

*Luce*

~~29 NOV. 1988~~

*Luce*

~~1 FEB. 1991~~

*Luce*

~~18 ENE. 1995~~

~~30 ENE. 1995~~

~~13 FEB. 1995~~

~~28 FEB. 1995~~

~~16 MAR. 1995~~

~~18 ENE. 1995~~

76873





Departamento de Producción Vegetal