



Serie Técnica
Informe Técnico No. 23

**VALIDACION DE DOS OPCIONES TECNOLOGICAS PARA EL SISTEMA DE PRODUCCION MAIZ-MAIZ
UTILIZADO POR LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES DEL ATLANTICO DE COSTA RICA**

Germán Escobar
y
Myron D. Shenk

Esta publicación ha sido parcialmente financiada por el I.P.P.C a través de un contrato con la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), y por el Fondo Internacional para el Desarrollo de la Agricultura (FIDA).

Los autores, economista agrícola y especialista en control de malezas, respectivamente, son miembros del International Plant Protection Center (IPPC), Oregon State University y del Departamento de Producción Vegetal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, (CATIE).

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE

**Departamento de Producción Vegetal
Turrialba, Costa Rica, 1981**

CONTENIDO

	Página
VERSION CONDENSADA EN INGLES (Condensed English Review)	4
INTRODUCCION	11
METODO DE TRABAJO	12
El Concepto de Validación	12
Alternativas Tecnológicas	12
Fincas de Validación	14
Control y Toma de Información	14
ANALISIS AGRONOMICO DE LOS RESULTADOS	16
Comparación entre Alternativas y la Tecnología del Agricultor	16
Comparación según las Características de Selección de las Fincas	18
ANALISIS ECONOMICO DE LOS RESULTADOS	21
Indicadores Económicos según las Alternativas	21
Comparación según las Características de Selección de las Fincas	25
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
BIBLIOGRAFIA	31
APENDICE	33

•

Los autores agradecen la valiosa colaboración de las siguientes personas, sin cuya ayuda este trabajo no se hubiera realizado: Ing. Rodolfo Mateo del ITCO, Lic. William McCann del Cuerpo de Paz, Sr. Rigoberto Solano del CATIE, Dr. Julio Heano del CATIE, Ing. Anibal Palencia residente del Proyecto CATIE/ROCAP en Costa Rica y sus asistentes y el Ing. Jaime Rojas del CATIE.

CONDENSED ENGLISH REVIEW

In the North Atlantic Zone of Costa Rica, small farmers frequently practice a maize-maize cropping system. The area is characterized by high average annual rainfall (3000 to 4500 mm) with an average annual temperature greater than 25°C.

Weed control accounts for approximately 54% of total hand labor and 40% of cash costs in maize production systems.

Personnel from the International Plant Protection Center (IPPC), of Oregon State University, and other staff members of the Department of Plant Production of the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE), have concentrated on the development of alternative weed management technologies for this area. The methodological process elaborated by CATIE for the development of optional technologies for specific areas, includes: selection and characterization of an area, identification and ordering of limiting factors, modeling of technically viable solutions, testing of proposed alternatives, and validation of the most promising alternatives. Validation is the evaluation of alternative technologies directly by farmers under their own conditions.

Data are presented for the validation process on 17 farms during the first semester of 1981.

Farmers compared two alternatives with their own practices. The "weed control alternative" represented a minimum change from their own practice with the use of a spray shield permitting the application of paraquat 22 days after planting rather than 30-45 days as is common to control annual weeds. Glyphosate was used before planting to control perennial weeds rather than the common practice of hand cutting followed by paraquat both pre and post planting.

The second alternative -the "complete package"- also includes the use of carbofuran at planting and the application of fertilizers.

Farms were selected by several criteria: mechanized and non-mechanized, predominance of annual or perennial weeds, soil type (Inceptisols or Ultisols),

and climate (3000 mm vs 4300 mm annual precipitation).

Weekly records of all activities on collaborating farms were obtained for these analysis, and a random sample of two observations in each validation plot was taken to evaluate yields.

Agronomic Analysis

Average yields of shelled maize were 2617, 3075 and 3272 kg/ha for the farmer practice, weed control alternative and the complete package, respectively. The latter two values were significantly greater than the first.

Yield differences also existed according to the various criteria of selection as shown in Table 1.

The lack of a difference in yields between fields with annual and perennial weeds implies that the technology applied to the difficult to control perennials is effective. Soil preparation was not important in average yield, in contrast to soil order, and geographic location.

Economic Analysis

Cash costs, hand labor, and cash income (gross income less cash costs and value of hand labor) revealed large differences between the different technologies. Cash costs were 1959, 2819 and 4085 colones/ha for farmer's practice, weed control and the complete alternative respectively, with corresponding hand labor values of 198, 197 and 235 hours/ha. In view of its economic unattractiveness the complete alternative was not included in further economic analysis.

The farmer's practice had a more favorable value of cash costs/yield than the weed control technology (.749 vs .917), while the weed control was superior for labor/yield ratio (.064 vs .076), return to labor (24.91 vs 23.46 ¢/day), and cash income (3604.83 vs 3258.01 ¢/ha). Nevertheless, the rate of return to cash costs was higher for the farmer's practice (256.33% vs 217.87%).

The same analysis were performed using the lower confidence limits of

Table 1. YIELDS AND F TEST FOR CRITERIA OF SELECTION: TYPE OF WEED, SOIL PREPARATION METHOD, SOIL ORDER AND GEOGRAPHIC LOCATION FOR FIRST SEMESTER, 1981.

Criteria for Comparison	All cases Yield kg/ha	F	Weed Management kg/ha	Farmer's Technology kg/ha
Weed Type		0.33		
Annuals	3464		3318	2835
Perennials	3356		2827	2389
Soil Preparation		0.02		
Mechanized	3415		3207	2790
No-till	3405		3052	2604
Soil Order		4.83*		
Inceptisol	3503		3233	2705
Ultisol	2458		2700	2264
Geographic Location		14.44**		
Guácimo	3104		3293	2505
Cariari	2856		2939	2710

*Significant at $\alpha = .03$

**Significant at $\alpha = .0003$

yield distribution (95%), to estimate the stability of each alternative assuming reduced yields (the yields in the first semester of 1981 were unusually high for the area). The comparative position of the weed control technology improved for all five above mentioned parameters, implying that this technology may be more attractive under less favorable conditions. If variations in yields are less over time with the improved technology, it presents the potential of reducing risks.

These results suggest that in this zone of limited hand labor (caused by extensive banana export operations) and available credit for small farmers, the weed control alternative could be attractive to certain producers, and would permit them to allocate their resources according to individual economic

conditions.

With farmers practice cash costs/ha were greater in Inceptisols than in Ultisols (¢2354.68 vs ¢1562.82), but so was cash income (¢3904.61 vs ¢2611.42). Meanwhile, hand labor was greater on Ultisols, (214 hours vs 182 hours) suggesting that the farmers recognize the reduced potential of Ultisols, and thus minimize risks by substituting labor for capital. With the weed control alternative cash income was also greater in Inceptisols than in Ultisols (¢5083.61 vs ¢2451.93) despite greater cash costs (¢3291.8 vs ¢2346.56). Labor was less with Inceptisols. In Ultisols, the farmer's practice showed slightly higher cash income (2611.42 vs 2451.92 ¢/ha) and less cash expenses (1562.92 vs 2346.56 ¢/ha) than the weed control alternative, suggesting that farmers are making better decisions under these risky conditions.

On farms with a predominance of annual weeds, cash income/ha was significantly higher for the weed control alternative (¢4584.08 vs ¢3537.51) with only slightly higher cash costs than the farmer practice (¢2350.37 vs ¢2025.45).

Where perennial weeds predominated, cash income/ha was greater for the farmer practice (¢3139.15 vs ¢2625.59), with cash costs of only ¢1883.71 compared with ¢3287.99 for the weed control alternative. The farmer practice utilized 242.11 hours of hand labor vs 214 hours with the weed control alternative, in the more difficult-to-control perennial weeds. In contrast the respective labor use in annual weeds was 154 and 179 hours, suggesting a dramatic substitution of labor for capital practiced by farmers under high risk conditions.

Conclusions

1. Yield were superior with the complete package and the weed control alternative than with the farmer practice.

2. The complete package was unattractive to the farmers when evaluated for cash income and return to factors of production. An overall comparison shows that despite higher cash costs, the weed control alternative was superior

to the farmer practice in cash income and return to labor.

3. The farmer practice permits a wider range of substitution between labor and capital when conditions are unfavorable (perennial weeds or infertile soils), than the weed control technology.

4. Despite lower yields, the farmer practice appears to offer greater economic incentives with perennial weeds due to the greater cash costs for the weed technology.

INTRODUCCION

En la región norte del Atlántico de Costa Rica, los pequeños agricultores practican un sistema de cultivo de maíz que consiste en dos períodos de siembra al año que pueden o no realizarse en el mismo terreno. Las épocas de siembra (diciembre a marzo y julio a septiembre) están condicionadas por la variación en el régimen de precipitación, y la preparación del terreno puede o no ser mecanizada 1/. Los arreglos espaciales y el uso de químicos para fertilizar y proteger el cultivo varían ampliamente, y estos últimos son de uso relativamente frecuente (1, 2).

Siendo esta región considerada ecológicamente como trópico húmedo bajo, uno de los problemas que afectan la producción del maíz es la presencia de malezas que compiten con el cultivo. Para controlarlas, los agricultores asignan entre el 42% y el 54% del total de la mano de obra y aproximadamente el 40% de los gastos en efectivo de la producción (2).

El equipo técnico del Centro Internacional para la Protección de Plantas (IIPC) de la Universidad Estatal de Oregon, como parte del cuerpo técnico del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ha centrado su trabajo en el desarrollo de opciones tecnológicas para el manejo de malezas en esta zona. Con este afán se ha seguido un proceso metodológico para el desarrollo de opciones en áreas específicas que incluye: selección del área, caracterización de la misma, identificación y ordenamiento de las limitaciones que enfrenta el pequeño productor, modelación de soluciones técnico-económicas viables, experimentación para prueba y evaluación de las soluciones propuestas y validación de las alternativas más promisorias, antes de implementar el proceso de transferencia (3).

Este trabajo tiene como objetivo presentar algunos de los resultados obtenidos durante el primer semestre de 1981 como parte del proceso de validación de dos opciones tecnológicas para el sistema de producción maíz-maíz. El contenido de esta presentación incluye una breve discusión del concepto mismo de validación, descripción de las alternativas, los criterios utilizados para seleccionar las fincas en las que se realiza la validación y el análisis agronómico y económico de los resultados.

1/ La mecanización del terreno consiste en pasar una o dos veces una rastra de disco y en eliminar troncos, si fuese necesario.

METODO DE TRABAJO

Bajo la denominación general de método de trabajo se presentan los criterios utilizados para la conceptualización del proceso de validación y la selección de fincas. También se incluye una sinopsis de las alternativas que se validaron y algunos aspectos relevantes sobre el control y toma de información.

El Concepto de Validación

Por validación se entiende la prueba y evaluación de una alternativa tecnológica bajo las condiciones de manejo de producción de los agricultores que son los usuarios potenciales de dicha alternativa. Consiste en incluir las prácticas específicas que conforman la alternativa como parte de las actividades tradicionales de producción del agricultor, de forma tal que sea el productor quien asuma el manejo y control del proceso de producción.

La validación -como última etapa del proceso de generación de tecnología mejorada- está condicionada por las siguientes características: a) no es una parcela experimental y por lo tanto, el proceso no está sujeto al rigor en el control de las variables que caracteriza a un experimento; b) la prueba de las prácticas de la opción tecnológica debe permitir un cierto grado de flexibilidad, a fin de dar lugar a compatibilizar la alternativa con el sistema de manejo del agricultor; c) la evaluación es un proceso continuo mientras dure la etapa de validación. Esta evaluación debe ser preferiblemente sistemática y cubrir los aspectos agronómicos, económicos y operativos, y deberá realizarse conjuntamente por parte del investigador y del agricultor.

Alternativas Tecnológicas

Las dos alternativas tecnológicas al proceso de producción para el sistema maíz-maíz han sido desarrolladas en la zona del Atlántico a nivel experimental que ha tenido lugar principalmente en fincas de agricultores. Estas alternativas son:

- a) La alternativa de manejo de malezas que consiste en introducir algunos cambios en el control de malezas al sistema más común de la zona.
- b) La alternativa compuesta que consiste en introducir, además del control de malezas, control de insectos del suelo y un régimen de fertilización.

Detalles de las prácticas que conforman estas alternativas se presentan en el apéndice.

Debido a diferencias en las características de las fincas y en algunas prácticas de los agricultores, las alternativas tecnológicas han sido sujetas a modificaciones a fin de adaptarlas a las condiciones más comunes de la región (4). Esto origina varias situaciones a las que se aplican tales modificaciones, como se representa a continuación de manera general:



Específicamente, el tipo de malezas predominante en una finca y la forma de preparación del terreno representan condiciones técnicas que implican modificaciones en la alternativa de manejo de malezas y en la compuesta, que incluye la de manejo. (Estas modificaciones se consignan en el apéndice). El orden de suelo de los terrenos de producción afecta las prácticas de fertilización que forman parte de la alternativa compuesta.

Fincas de Validación

La selección de fincas en las que se realizan las pruebas de validación está determinada por las condiciones que afectan las alternativas tecnológicas. Se consideran, además dos criterios para la selección final: el tamaño de la finca y la ubicación geográfica de la misma.

Las fincas se seleccionaron entre las pequeñas explotaciones, que para la zona son las de 35 has o menos. Concretamente, fincas con cerca de 20 has fueron preferidas por ser el tamaño común de las unidades entregadas por el ITCO en la zona (2).

Por otra parte, debido a la concentración de los pequeños cultivadores de maíz y a las diferencias pluviométricas entre estas áreas, los distritos de Guácimo y Cariari se tomaron como unidades geográficas de selección de las fincas; estos distritos a su vez, se utilizan como centro de organización logística para la implementación de la etapa de validación.

Los factores que intervienen en la selección de las fincas fueron ponderados de acuerdo a su frecuencia relativa en la zona (2). Una vez descontadas las deserciones de agricultores y las pérdidas de casos debido a imponderables, el número final de fincas en cada categoría aparece en el Cuadro 1.

En cada una de las fincas se validaron las dos alternativas tecnológicas, y se mantuvo el cultivo propio del agricultor contra el cual se evalúan las opciones técnicas. La única excepción es una finca en Guácimo en la que solamente se cosechó la producción del agricultor.

Control y Toma de Información

La información recolectada a lo largo del semestre es de carácter agronómico, económico y evaluativo respecto a la operatividad y adaptabilidad de las prácticas al manejo del agricultor. La información agronómica se limita al uso de insumos, la oportunidad de su uso y a los rendimientos obtenidos.

La información económica comprende los costos de producción pagados por los

Cuadro 1. NUMERO DE FINCAS CON PRUEBAS DE VALIDACION, SEGUN CRITERIOS DE SELECCION

Preparación y ubicación Tipo de Malezas	MECANIZADO		NO MECANIZADO	
	Guácimo	Cariari	Guácimo	Cariari
ANUAL	1		1	6 ^{1/}
PERENNE		1	5	3

^{1/} Tres de estas fincas están situadas en suelos de orden Ultisol; todas las otras fincas están en suelos de orden Inceptisol.

agricultores y los precios recibidos. Los datos sobre la operatividad de las alternativas provienen principalmente de evaluaciones del propio agricultor y sus reacciones frente a algunas prácticas específicas.

La toma de información se realizó mediante registros diarios de fincas por cada actividad. Aunque se pretendió que fuera el mismo agricultor el encargado de recolectar la información, se realizaron visitas semanales para revisar el estado de los registros y efectuar recordatorios con el agricultor, si fuese necesario. La información así generada estuvo sometida a lo largo del semestre a verificaciones internas y de comparación entre agricultores a fin de detectar inconsistencias y regresar a la fuente en los casos requeridos. La información sobre los aspectos de la operatividad de las alternativas no fue recolectada sistemáticamente debido a la inconstancia de las respuestas, y a la necesidad de desarrollar cierto grado de convivencia con el productor para obtener dicha información.

Para precisar las medidas del agricultor, los datos de producción se obtuvieron mediante un muestreo realizado al momento de la cosecha. Se tomaron dos muestras al azar de 120 m² cada una en los lotes de validación de las alternativas y en el cultivo propio del agricultor. En cada lote muestreado se realizó un conteo detallado de la población de plantas, número de mazorcas, rendimiento

de maíz en mazorca y el porcentaje de humedad del grano.

ANALISIS AGRONOMICO DE LOS RESULTADOS

La discusión de los resultados agronómicos de las pruebas de validación se enfoca principalmente a la comparación de rendimientos entre las alternativas y la tecnología propia del agricultor. Esta comparación se desagrega según las condicionantes de las alternativas tecnológicas y los otros criterios que se utilizaron para seleccionar las fincas de validación.

Comparación entre Alternativas y la Tecnología del Agricultor

Las variables medidas en los lotes de validación reflejan cierta heterogeneidad en algunos factores que afectan el rendimiento del cultivo. Específicamente, el número de plantas de maíz por hectárea varía ampliamente entre fincas y unidades de comparación. Esta variación se traduce en una amplia desigualdad en el número de mazorcas por hectárea, lo cual se relaciona directamente con el rendimiento por unidad de superficie. La cuantificación correspondiente se detalla en el Cuadro 2.

El resultado de mayor importancia es la diferencia entre los promedios de rendimientos de cualquiera de las dos alternativas tecnológicas y el sistema tradicional del agricultor (testigo), y la no diferencia entre las dos alternativas que se validaron. El mismo tipo de relación se da entre los promedios de mazorcas/ha a pesar de utilizar la misma variedad de maíz, y que los promedios de plantas/ha no muestran diferencias significativas entre alternativas y testigo, ni entre las propias alternativas.

La ausencia de diferenciación entre los promedios de plantas podría explicarse por las desviaciones altas que caracterizan las distribuciones. De hecho, el coeficiente de correlación de Pearson entre el número de plantas/ha y el número de mazorcas/ha es 0.919, significativo a una probabilidad de 0.999%. Según este indicador, se podría afirmar que es indiferente relacionar el rendimiento/ha con el número de plantas/ha o el número de mazorcas/ha. Por otra parte, la medida modal de la densidad de plantas/ha de cada distribución que conforman las

Cuadro 2. POBLACION DE PLANTAS COSECHADAS, NUMERO DE MAZORCAS Y RENDIMIENTO DE MAIZ EN GRANO POR HECTAREA AL 12% DE HUMEDAD, SEGUN ALTERNATIVAS. SEMESTRE I. 1981 (Desviación estandar en paréntesis).

ALTERNATIVAS	N	PLANTAS/HA promedio	MAZORCAS/HA promedio	KG/HA promedio
1. Control de malezas	32	30325 ^c (6241)	28696 ^a (4895)	3075 ^d (764)
2. Control de malezas + insectos del suelo + fertilización	32	30120 ^c (6545)	28032 ^a (5954)	3272 ^d (909)
3. Testigo del agricultor	34	28740 ^c (6952)	25802 ^b (6532)	2617 ^e (770)

a, c y d = promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes
 b = significativamente diferente a $\alpha = .025$
 e = significativamente diferente a $\alpha = .001$

alternativas y el testigo del agricultor está cerca de las 33000 plantas/ha, que supera con cierta amplitud los promedios del Cuadro 2.

Las relaciones entre plantas y mazorcas permiten pensar que los rendimientos pudieron estar influenciados por factores de manejo del agricultor, representados por la densidad de siembra/ha. La población/ha se encontró significativa como un factor de covariancia $\frac{1}{}$. Por esta razón, los análisis de prueba de la hipótesis de igualdad de los promedios se realizan con la información original y ajustándola por el valor de la densidad de siembra/ha, tal como se presenta en el Cuadro 3.

$\frac{1}{}$ Utilizando la densidad de plantas/ha para ajustar las fuentes de variación con un grado de libertad (GL) y un error con 78 GL, el valor de F estimado es 11.10 que es significativo a $\alpha = .0013$

Cuadro 3. DIFERENCIAS EN PROMEDIOS DE PRODUCCION ENTRE FINCAS Y SEGUN TECNOLOGIAS DE PRODUCCION (Tratamientos), CON Y SIN AJUSTE POR DENSIDAD DE SIEMBRA. SEMESTRE I. 1981

Fuentes de Validación	SIN AJUSTE			AJUSTADO		
	GL	F	Kg/ha	GL	F	Kg/ha
Fincas	16	6.40*		16	12.77*	
Tratamientos	2	14.25*		2	10.74*	
Error	79			79		
Rendimiento (Promedio)			2980			3410

* Significativamente diferente a $\alpha = .0001$

Los valores de F del Cuadro 3 deben complementarse con los resultados de la prueba de Duncan que aparecen en el Cuadro 2 para precisar las diferencias de los rendimientos, según las tecnologías de producción. El nivel de significación de las diferencias entre los rendimientos indica consistencia de la diferenciación, ya que persiste a pesar de la presencia del efecto significativo del covariante. De igual manera, las diferencias en los rendimientos entre fincas parecieran acentuarse cuando se remueve la variación de la densidad de siembra, como lo insinúan los datos ajustados.

Comparación según las Características de Selección de las Fincas

Las condiciones utilizadas para seleccionar las fincas de validación representan variaciones dentro del análisis general que pueden ser muy significativas, ya que las alternativas sufren cambios y adaptaciones según esas condiciones. Para este análisis debe tenerse en cuenta que las alternativas se modificaron sobre la hipótesis que tanto el tipo de malezas predominante, la forma de preparación del terreno, el orden de suelo como la ubicación geográfica de las fincas harían diferencia en el comportamiento de tales alternativas tecnológicas. En consecuencia, se espera que los cambios introducidos a las opciones para cada caso específico permitan eliminar las diferencias debido a esos factores.

Los resultados de estas pruebas con la información sin ajustar y removiendo el efecto del covariante a fin de proporcionar más elementos de comparación, aparecen en el Cuadro 4. Las pruebas de diferenciación corresponden a comparaciones ortogonales basadas en los resultados del Cuadro 3.

Cuadro 4. **PROMEDIOS DE PRODUCCION Y SUS DIFERENCIAS SEGUN COMPARACIONES ENTRE TIPO DE MALEZAS, FORMAS DE PREPARACION DEL TERRENO, ORDEN DE SUELO Y UBICACION CON Y SIN AJUSTE POR DENSIDAD DE SIEMBRA. SEMESTRE I. 1981.**

CRITERIOS DE COMPARACION	SIN AJUSTE POR DENSIDAD			AJUSTADO POR DENSIDAD		
	Kg/ha (promedio)	GL	F	Kg/ha (promedio)	GL	F
Tipo de malezas		1	0.07		1	0.33
Anual	3181			3464		
Perenne	2779			3356		
Preparación del terreno		1	4.81*		1	0.02
Mecanizado	3038			3415		
No mecanizado	2923			3405		
Orden de suelo		1	5.69***		1	4.83*
Inceptisol	3503			4108		
Ultisol	2458			2713		
Ubicación geográfica		1	8.38**		1	14.44****
Guácimo	3104			3698		
Cariari	2856			3122		

*Significativo a $\alpha = .03$

**Significativo a $\alpha = .06$

***Significativo a $\alpha = .01$

****Significativo a $\alpha = .0003$

De acuerdo a las cifras del Cuadro 4, el tipo de malezas predominante en las fincas no es un factor de diferenciación de los rendimientos. Este es un resultado esperado como lo sugieren las hipótesis que originaron los cambios en las alternativas. Consecuentemente, este resultado podría interpretarse como indicador que las modificaciones introducidas a la alternativa de manejo de

malezas cumplen el objetivo de remover los efectos del tipo de maleza predominante sobre los rendimientos. Esta relación se mantiene con y sin la producción ajustada por la densidad de siembra.

Los rendimientos promedios según la forma de preparación del terreno no presentan relaciones tan claras: existe diferencia significativa cuando los datos incluyen el efecto del covariante, pero al remover este efecto la diferencia desaparece. La interpretación de estos resultados debe buscarse en las etapas previas de la investigación que dieron origen a las alternativas que se han validado: se trata de una posible interacción entre la forma de preparación del terreno y el ataque de insectos del suelo que estaría afectando la densidad de población de plantas. Resultados experimentales reportan casos con mayor pérdida de plantas en parcelas aradas sin control de insectos, y otros casos con menor ataque de insectos en terrenos con preparación no mecánica (4). Bajo estas condiciones, no hay evidencia que permita afirmar que los cambios introducidos a las alternativas tecnológicas remueven el efecto de la forma de preparación del terreno como un factor de diferenciación de los rendimientos de maíz.

El orden de suelo en que se localizan las fincas de validación parece mantenerse como un factor que hace diferentes los rendimientos promedios con y sin la influencia del número de plantas por unidad de superficie. Estos resultados podrían interpretarse como una indicación que las modificaciones introducidas al régimen de fertilización de la alternativa compuesta no logran corregir las diferencias en la capacidad productiva de las fincas, ya que son mayores los promedios de producción de fincas cuyos suelos son de orden Inceptisol.

El criterio de ubicación geográfica de la finca es también un factor que diferencia los rendimientos promedios. Esta diferenciación estaría ligada al régimen pluviométrico de las áreas específicas, porque se dan desigualdades no solo en las épocas de intensidad, sino en la cantidad de lluvia durante el semestre (2). A pesar de la evidencia estadística del Cuadro 4, debido a la ausencia de registros pluviométricos para períodos cortos, tal como días o semanas, parecería prematuro afirmar que la localización geográfica constituye un factor determinante de los rendimientos de maíz, dado que solo se tiene una observación en el tiempo.

ANALISIS ECONOMICO DE LOS RESULTADOS

La evaluación que distingue a la validación de las alternativas incluye la comparación y el análisis de las relaciones económicas de la producción. Específicamente, estimaciones de rentabilidad y retorno a factores de producción se utilizan como indicadores del comportamiento económico de las alternativas frente a la tecnología tradicional del agricultor.

Debe aclararse que este tipo de análisis requiere reagrupar la información disponible. Dado que los registros de uso de insumos y de precios se tomaron para cada proceso tecnológico utilizado en la producción de maíz, el muestreo realizado para medir los rendimientos no puede aplicarse a los datos económicos. Esto implica perder un grado de libertad por cada alternativa (incluyendo el testigo) en cada finca. Adicionalmente, se perdió una observación completa al negarse un agricultor a mantener los registros de costos.

Indicadores Económicos según las Alternativas

Para establecer las relaciones de rentabilidad, se entiende por ingreso en efectivo el valor de mercado obtenido por la producción menos los costos variables en efectivo y el valor de mercado de la mano de obra utilizada. Al agrupar los insumos en gastos en efectivo (capital de trabajo) y mano de obra, se introduce un nuevo factor de variación: la substitución de un insumo por otro dentro del proceso de producción de cada finca y según la tecnología empleada. Tratando de minimizar esa variación, el Cuadro 5 presenta los promedios de uso de cada insumo en sus unidades originales, y los resultados de las pruebas de diferenciación se refieren a la razón capital de trabajo/mano de obra, según los coeficientes de cada observación y tecnología de producción.

El resultado más sobresaliente consignado en el Cuadro 5 es la diferencia altamente significativa de la razón de insumos entre alternativas. Esto significa que el monto de gastos en efectivo por cada hora trabajada varía según la tecnología de producción. La dirección de tal variación puede deducirse al observar las diferencias de los promedios de capital de trabajo entre las alternativas y entre éstos y el testigo del agricultor, y la diferencia en uso de mano de obra de la alternativa compuesta en relación con la de manejo de malezas y la

Cuadro 5. DIFERENCIAS DE LA RELACION GASTOS EN EFECTIVO/MANO DE OBRA Y PROMEDIOS DE USO SEGUN ALTERNATIVAS, A PRECIOS PAGADOS POR LOS AGRICULTORES. SEMESTRE I. 1981. (Desviación estandard en paréntesis).

FUENTES DE VARIACION	GL	F	GASTO EN EFECTIVO/HA (¢)	MANO DE OBRA (Horas trabajadas/ha)
Fincas	15	7.61*		
Tratamientos	2	17.76*		
1. Manejo de malezas			2819 ^a (1283)	197 ^d (51)
2. Manejo de malezas + insectos + fertilización			4085 ^b (710)	235 ^e (70)
3. Testigo del agricultor			1959 ^c (1001)	198 ^d (81)

*Significativo a $\alpha = .001$

a y b significativamente diferentes a $\alpha = .01$

a,b y c significativamente diferentes a $\alpha = .005$

d y e significativamente diferentes a $\alpha = .05$

propia tecnología del agricultor. Es importante anotar que la mayor variabilidad parece concentrarse en los gastos en efectivo, ya que la cantidad de mano de obra utilizada es muy semejante en dos de las tres tecnologías comparadas, y tiene una desviación estandard relativamente menor.

De la comparación de los resultados de los Cuadros 2 y 5 se encuentran relaciones importantes en la evaluación de las alternativas tecnológicas. Tal es el caso de la diferencia significativa en los costos en efectivo/ha entre las dos opciones y el testigo del agricultor que hace la alternativa compuesta más costosa, en tanto que no se dan diferencias en rendimientos entre las alternativas. Igualmente, existe diferencia entre los promedios de mano de obra utilizada, siendo la alternativa compuesta la que más horas/ha de trabajo consume.

De igual modo los Cuadros 2 y 5 permiten comparar la alternativa de manejo

de malezas y la tecnología de producción del agricultor. En este caso, el promedio de los gastos en efectivo de la alternativa es mayor, pero no existe diferencia en el uso de mano de obra. Por otra parte, la alternativa de manejo de malezas tiene un rendimiento/ha significativamente mayor que el testigo del agricultor.

Según estas relaciones, las comparaciones de tipo económico deberían concentrarse entre la alternativa de manejo de malezas y la tecnología del agricultor, como quiera que la alternativa compuesta carece de atractivo económico para los agricultores que eventualmente estarían dispuestos a introducir cambios tecnológicos en sus sistemas de producción. Algunas comparaciones se presentan en el Cuadro 6 en el que se incluyen variaciones en los rendimientos físicos que afectan las relaciones económicas.

Las dos primeras columnas del Cuadro 6 muestran las relaciones de capital de trabajo y mano de obra por unidad de producto. La cantidad del gasto en efectivo por unidad es menor según el patrón tecnológico del agricultor, pero la cantidad de horas trabajadas por unidad de producto es menor si se utiliza la alternativa de manejo de malezas. Estas relaciones pueden ser importantes frente a la disponibilidad de recursos del agricultor y a los precios relativos que existan entre los insumos.

En las columnas (3) y (4) se estima el ingreso en efectivo/ha, y la diferencia entre alternativas. Esta medida de ingreso es una buena aproximación al ingreso neto/ha, ya que los costos fijos no deberían variar significativamente entre tecnologías. Debe notarse que la alternativa de manejo de malezas tiene un ingreso en efectivo mayor, y que la diferencia con el ingreso de la tecnología del agricultor representa aproximadamente el 11% del ingreso que obtiene el productor cuando se evalúa con los rendimientos promedios/ha.

Los retornos a los factores de producción -estimados según se ha definido el ingreso en efectivo- aparecen en las columnas (5) y (7), y las diferencias entre tecnologías en las columnas (6) y (8). Los retornos a gastos en efectivo se expresan en tasas de retorno que relacionan el valor absoluto del retorno con el gasto ocasionado. La tecnología del agricultor genera una tasa de retorno

Cuadro 6. COMPARACIONES DE INGRESO EN EFECTIVO Y RETORNO A FACTORES DE LA PRODUCCION DE MAIZ/HA, ENTRE LA ALTERNATIVA DE MANEJO DE MALEZAS Y LA TECNOLOGIA DEL AGRICULTOR. (Precios Promedios Pagados y Recibidos por los Agricultores). SEMESTRE I. 1981

ALTERNATIVA	LIMITE INFERIOR DEL INTERVALO DE CONFIANZA (95%)													
	(1) \bar{G}/\bar{L}	(2) \bar{L}/\bar{Y}	(3) $\bar{I}\bar{E}$	(4) A	(5) Tasa retorno a gastos	(6) A	(7) Retorno a trabajo/día	(8) A	(9) $\bar{I}\bar{E}$	(10) A	(11) Tasa retorno a gastos	(12) A	(13) Retorno a trabajo/hora	(14) A
Manejo de Malezas	.917	.064	3604.83		217.87		24.91		2994.04		196.20		21.80	
Testigo del agricultor	.749	.076	3258.01	346.82	256.33	38.46%	23.46	1.45	2552.92	441.12	220.33	24.13	19.90	1.90

\bar{G} = Gasto promedio en efectivo/ha

\bar{Y} = Rendimiento promedio/ha

\bar{L} = Horas trabajadas en promedio/ha

$\bar{I}\bar{E}$ = Valor de la producción - (gasto en efectivo + valor de las horas trabajadas), promedio/ha

A = Diferencia entre patrones tecnológicos

mayor (nótese en el Cuadro 5 que los gastos en efectivo promedios del agricultor son bastante menores que los de la alternativa). Por otra parte, el retorno a cada hora trabajada es mayor según la alternativa de manejo de malezas.

Las columnas (9) y (14) son comparables con las columnas (3) a (8), respectivamente, ya que aquellas repiten los cálculos de éstas, pero evaluando los rendimientos al límite inferior del intervalo de confianza de su distribución. En general, las relaciones mencionadas se mantienen; sin embargo, el hecho importante es la tendencia a aumentar la diferencia entre los retornos a mano de obra y a disminuir entre las tasas de retorno a gastos en efectivo, a medida que la producción/ha es menor en términos absolutos. Específicamente, la diferencia en el ingreso en efectivo es de aproximadamente 17% del ingreso que obtiene el agricultor, y la diferencia entre retornos a capital de trabajo disminuye en más de 14%, con respecto a lo obtenido bajo los rendimientos promedios. Estas tendencias parecieran que en condiciones menos favorables, la alternativa de manejo de malezas sería más atractiva al agricultor que su propio patrón tecnológico. Esta es una consecuencia de la menor variabilidad en rendimientos de la alternativa. Si esta menor variación fuera una característica permanente del manejo de malezas, se estaría frente a otra ventaja que consistiría en disminuir el riesgo en el tiempo representado en la variación de los ingresos con respecto al promedio.

Los retornos a los factores no son de fácil interpretación, no solo por el sentido contrario del cambio entre las tecnologías que se comparan en el Cuadro 6, sino por la oportunidad y disponibilidad de los factores. Se sostiene de varias fuentes que la región del Atlántico norte de Costa Rica presenta una fuerte escasez de mano de obra debido a distorsiones en el mercado causadas por las plantaciones de banano (1). Por otra parte, la disponibilidad de crédito es limitada, lo mismo que el capital de trabajo de los pequeños agricultores. En estas circunstancias, es el mismo agricultor quien mejor podría decidir si su función de utilidad se inclinaría por mayores retornos a su capital de trabajo, o a su mano de obra propia y familiar. Desde un punto de vista general, parecería más favorable un patrón tecnológico que si bien no incrementa substancialmente el ingreso familiar en efectivo, sí aumenta significativamente la producción de maíz.

Comparación según las Características de Selección de las Fincas

Sobre la base del análisis agronómico, el Cuadro 7 compara las relaciones económicas según el tipo de malezas y el orden de suelo en la alternativa de manejo de malezas y el testigo del agricultor. El criterio de ubicación geográfica se excluye debido a las limitaciones que se señalaron anteriormente. La forma de preparación del terreno tampoco se incluye porque debido a la reducción de observaciones su análisis pierde significado.

Las diferencias en uso de insumos e ingreso en efectivo entre las fincas situadas en suelos de distinto orden son muy marcadas, independientemente del patrón tecnológico: el ingreso en efectivo en fincas con suelos Inceptisoles, es substancialmente mayor. Comparando este criterio entre las tecnologías de producción se nota la superioridad de la alternativa de manejo de malezas en suelos de orden Inceptisol, así como en la diferencia de ingreso entre las dos órdenes de suelo. Sin embargo, el ingreso en efectivo en fincas con Ultisoles es ligeramente mayor con el patrón tecnológico del agricultor.

Los retornos a los factores parecen seguir una tendencia diferente. La tasa de retorno a gastos en efectivo y el retorno a mano de obra son mayores cuando el manejo de malezas se aplica en Inceptisoles. Con el sistema del agricultor, la tasa de retorno a capital de trabajo es casi igual en ambos suelos, pero el retorno a mano de obra es superior en suelos Inceptisoles. Comparando entre las posibilidades tecnológicas se encuentra que según el orden de suelos, la tasa de retorno a capital es mayor con la tecnología del agricultor, pero el retorno a mano de obra con esta tecnología es más alto únicamente en suelos Ultisoles. Este fenómeno podría generarse de la substitución de gastos en efectivo por mano de obra que aparentemente se realiza para producir en suelos menos favorables, independientemente del patrón tecnológico. Esta es, quizás, una estrategia del agricultor para minimizar el riesgo de pérdida de capital de trabajo.

Las comparaciones según el tipo de malezas muestran resultados diferentes. El ingreso en efectivo cuando predominan malezas anuales es mayor que en fincas con malezas perennes bajo las condiciones de la alternativa de manejo de malezas, pero esa diferencia se reduce drásticamente bajo el sistema del agricultor. Más

Cuadro 7. DIFERENCIAS EN USO DE INSUMOS, INGRESO EN EFECTIVO Y RETORNO A FACTORES/HA SEGUN ALGUNOS CRITERIOS DE SELECCION DE FIERCAS.
(Precios pagados y recibidos por los agricultores). SEMESTRE I. 1981.

CRITERIOS	MANEJO MALEZAS				TESTIGO AGRICULTOR					
	GASTO EFECTIVO	HORAS TRABAJO	IE	TASA RETORNO A GASTO (X)	RETORNO A TRABAJO/HORA	GASTO EFECTIVO	HORAS TRABAJO	IE	TASA RETORNO A GASTO (X)	RETORNO A TRABAJO/HORA
<u>SUELOS</u>										
Inceptisoles	3291.80	151.67	5083.61	154.43	39.34	2354.68	182.14	3904.61	165.82	28.14
Ultimosoles	2346.56	241.33	2273.79	104.49	15.84	1562.82	213.90	2611.42	167.10	19.48
<u>MALEZAS</u>										
Anuales	2350.37	179.31	4584.08	195.04	32.25	2025.45	153.84	3537.51	174.65	32.93
Perennes	3287.99	213.69	2625.59	79.85	18.75	1883.71	242.11	3139.16	166.65	17.50

aún, la tecnología del agricultor implica un menor gasto en efectivo cuando hay malezas perennes, con relación a la alternativa. En este caso también el agricultor substituye los insumos cuando enfrenta malezas más difíciles de tratar; sin embargo, la diferencia de gastos en efectivo podría atribuirse principalmente a fuertes alzas en el precio de algunos insumos durante 1981.

Los retornos a gastos en efectivo tienen una tasa mayor para la alternativa en presencia de malezas anuales, pero es mucho menor que la que obtiene el agricultor si existe predominancia de malezas perennes. Los retornos a mano de obra son muy similares para ambos sistemas de producción, pero superiores si la maleza predominante es anual, en relación con la maleza perenne.

En general podría afirmarse que si bien el efecto del tipo de maleza en los rendimientos se corrige agronómicamente (Cuadro 3), no sucede lo mismo con las relaciones económicas. Más aún, se podría pensar que con el precio actual del insumo básico recomendado por la alternativa para manejar malezas perennes (Glifosato), la tecnología tradicional del agricultor ofrece mayor atractivo económico, dada la superioridad del ingreso en efectivo. Del mismo modo, frente a malezas anuales, hay amplia superioridad de los rendimientos económicos de la alternativa de manejo de malezas frente al sistema del agricultor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las alternativas compuesta y de manejo de malezas aumentan los rendimientos/ha en relación a la tecnología del agricultor. Al mismo tiempo no hay evidencia que permita diferenciar los rendimientos entre las dos alterantivas.

2. Los cambios que se introducen en las opciones compuesta y de manejo de malezas para equilibrar la heterogeneidad en algunos factores (tipo de maleza, orden de suelos y forma de preparación del terreno), parecieran operar mejor con la alterantiva de manejo de malezas, que con la alterantiva compuesta. Sin embargo, debido a posibles efectos de otros factores que afectan la densidad de plantas, no es posible llegar a una conclusión clara respecto a la forma de preparación del terreno.

3. Según el análisis de ingreso en efectivo y retorno a factores, se encuentran indicaciones que la alternativa compuesta no es atractiva al agricultor. Concentrando el análisis comparativo entre la alternativa de manejo de malezas y el sistema del agricultor, la opción de manejo resulta superior al evaluar el ingreso en efectivo y retorno a mano de obra con rendimientos promedios, aumentando esta superioridad cuando los rendimientos/ha son menores. Debe anotarse que la alternativa de manejo requiere más gasto en efectivo y menos mano de obra que la tecnología del agricultor.

4. El patrón tecnológico del agricultor permite una amplia substitución entre mano de obra y capital en efectivo cuando las condiciones naturales no son favorables (malezas perennes, suelos más pobres). La alternativa de manejo de malezas también incluyó este tipo de substitución -dado que estaba bajo el manejo del agricultor- pero pareciera que no admite el mismo rango de substitución que la tecnología del agricultor.

5. A pesar de obtenerse mayores rendimientos con la alternativa de manejo de malezas, dados los actuales precios de los insumos pareciera ser que la tecnología del agricultor ofrece un mayor incentivo económico que la alternativa de control de malezas, para fincas en que predominan las malezas perennes.

Los puntos precedentes indican que siguiendo este tipo de análisis sencillo se pueden obtener resultados y hacer comparaciones que son justamente, los logros esperados del proceso de validación. Existen, sin embargo, otros tipos de análisis y algunas dudas de tipo metodológico (i.e. período de observación, complejidad al validar varias alternativas simultáneamente, rigurosidad del seguimiento y toma de información, representatividad del período de producción y otros) que sugieren recolectar más experiencias antes de determinar la aplicabilidad del análisis y el diseño mismo del proceso de validación de alternativas técnicas.

Para el caso específico de la Zona del Atlántico de Costa Rica, teniendo en cuenta el enorme aumento en los precios de algunos insumos, la necesidad de eliminar una de las alternativas que se validaron, y un semestre con altos rendimientos sería recomendable:

1. Continuar por otro semestre con las fincas de validación en la zona para contrastar la alternativa de manejo de malezas y la tecnología del agricultor, durante el ciclo completo del sistema de producción maíz-maíz.
2. Revisar los resultados anteriores de experimentación a fin de introducir modificaciones a la alternativa de manejo de malezas para fincas con malezas perennes. Estos cambios deberán reducir los costos significativamente sin sacrificar en lo posible los rendimientos.
3. En general los agricultores participantes, especialmente los que colaboran por primera vez, deben ser previamente motivados para llevar los registros de costos. Pareciera recomendable que los agricultores empiecen a conformar los registros antes de la siembra de maíz, y que se les demuestre el beneficio que se obtiene con ellos. Es igualmente recomendable disponer de recursos para atender algunos agricultores con mayor frecuencia que otros.

BIBLIOGRAFIA

1. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE. "Descripción de una Alternativa para el Sistema de Cultivo Maíz-Maíz Practicado por los Agricultores de Pococí y Guácimo, Costa Rica". Turrialba, Costa Rica 1979.
2. ESCOBAR, G. "Delimitación y Cuantificación del Area de Trabajo en el Atlántico Norte de Costa Rica". Memorando interno de trabajo - IPPC/CA-333. CATIE. Programa de Cultivos Anuales. Abril 8, 1981.
3. NAVARRO, L. A. "Una Metodología General de Investigación Agrícola Aplicada Basada en el Enfoque de Sistemas". Turrialba, Costa Rica. CATIE, 1979.
4. SHENK, M. D. and J. L. SAUNDERS. "Insect Population Responses to Vegetation Management Systems in Tropical Maize Production". Paper presented at West African Weed Science Society/International Weed Science Society Symposium - No-Tillage Crop Production in the Tropics. Monrovia, Liberia. August 7-8, 1981.
5. _____ . "Vegetation Management Systems for Crop Production in Tropical Regions of Central America: the Case of Costa Rica". Paper presented at West African Weed Science Society/international Weed Science Society. Symposium on No-Tillage Crop Production in the Tropics WARDA, Monrovia. Liberia. August 6-7, 1981.

A P E N D I C E

Cuadro 1. ALTERNATIVA DE MANEJO DE MALEZAS PARA EL SISTEMA DE PRODUCCION MAIZ-MAIZ EN EL ATLANTICO DE COSTA RICA (Prácticas Introducidas al Sistema de Producción Tradicional de la Zona)*

TIPO MALEZA PREDOMINANTE	PREPARACION TERRENO	ACTIVIDAD	PRODUCTO	CANTIDAD	FECHA	CARACTERISTICAS
Anual	Mecánica	Apli. herbicida	Paraquat	.2 kg/ha	22-25 DDS**	Pantalla de aplicación
	No mecánica	Apli. herbicida	Paraquat	.4 kg/ha	2 DAS***	
		Apli. herbicida	Paraquat	.2 kg/ha	22-25 DDS	Pantalla de aplicación

Perenne	Mecánica	Apli. herbicida	Glifosato	1.5 kg/ha	22-25 DDS	Pantalla de aplicación
		Apli. herbicida	Paraquat	.2 kg/ha	35-40 DDS	Si es necesario
	No mecánica	Apli. herbicida	Glifosato	1.5 kg/ha	8-10 DAS	
		Apli. herbicida	Paraquat	.2 kg/ha	40-60 DDS	Si es necesario

* Las prácticas que se explican en este cuadro son únicamente las que cambian con respecto a las que son más comunmente realizadas por los agricultores de la zona. Para mayores detalles sobre la tecnología tradicional de la zona, véase (1).

** DDS = Días después de la siembra

*** DAS = Días antes de la siembra

Cuadro 2. ALTERNATIVA COMPUESTA PARA EL SISTEMA DE PRODUCCION MAIZ-MAIZ EN EL ATLANTICO DE COSTA RICA (Prácticas Introducidas al Sistema de Producción Tradicional de la Zona)

TIPO MALEZA PREDOMINANTE	PREPARACION TERRENO	ORIGEN DE SUELO	ACTIVIDAD	PRODUCTO	CANTIDAD	FECHA	CARACTERISTICAS
Anual	Mecánica	Inceptisol	Apli. insecticida	Carbofuran	1.0 kg/ha	Siembra	Aplicado al fondo de cada sitio Pantalla de aplicación
			Apli. fertilizante	Urea 46Z	92.0 kg/ha	8-10 DDS	
			Apli. herbicida	Paraquat	.2 kg/ha	22-25 DDS	
			Apli. fertilizante	Urea 46Z	21.0 kg/ha	40 DDS	
No mecánica	Ultisol y Inceptisol	Ultisol	Apli. fertilizante	Urea 46Z	46.0 kg/ha	8-10 DDS	Los únicos cambios con respecto a la recomendación con preparación mecánica son la dosis de Carbofuran de 1.0 kg/ha a .5 kg/ha, y los cambios en el control de malezas que aparecen en el cuadro 1 del apéndice.
			Apli. fertilizante	Urea 46Z	92.0 kg/ha	8-10 DDS	
			Apli. fertilizante	Urea 46Z	92.0 kg/ha	40 DDS	
Perenne	Mecánica	Inceptisol	Apli. insecticida	Carbofuran	1.0 kg/ha	Siembra	Aplicado al fondo de cada sitio Pantalla de aplicación
			Apli. fertilizante	Urea 46Z	92.0 kg/ha	8-10 DDS	
			Apli. herbicida	Paraquat	.2 kg/ha	22-25 DDS	
			Apli. fertilizante	Urea 46Z	21.0 kg/ha	35-40 DDS	
No mecánica	Ultisol* y Inceptisol	Ultisol	Apli. fertilizante	Urea 46Z	46.0 kg/ha	8-10 DDS	Los únicos cambios con respecto a la recomendación con preparación mecánica son la dosis de Carbofuran de 1.0 kg/ha a .5 kg/ha, y los cambios en el control de malezas que aparecen en el cuadro 1 del apéndice.
			Apli. fertilizante	Urea 46Z	92.0 kg/ha	8-10 DDS	
			Apli. fertilizante	Urea 46Z	92.0 kg/ha	40 DDS	

* Para suelos Ultisoles las prácticas de la alternativa son las mismas que las recomendadas para suelos Inceptisoles a excepción del régimen de fertilización.