

COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE CULTIVO ARROZ-SORGO BAJO EL CONTROL DE MALEZAS, INSECTOS, FERTILIZACION Y VARIEDADES, EN PROGRESO, PANAMA (BOSQUE HUMEDO TROPICAL)*

Washington Bejarano**

Marco Navarro***

Ricardo Carmona****

INTRODUCCION

Mediante un estudio de diagnóstico del componente agropecuario del Distrito de Barú - Panamá, realizado en 1977 (7) se ha determinado que el principal sistema de cultivo utilizado por los agricultores del área de Progreso, es el de arroz en primera siembra, seguido de sorgo en segunda época. A la vez, se ha definido (3), que los factores de producción que mas limitan los rendimientos de estos cultivos son las malezas, los insectos, la fertilidad del suelo y las variedades que se usan, este último especialmente en sorgo.

La cantidad de semilla de arroz cultivado en tierras bajas, es un factor de importancia por el efecto que tiene sobre la planta cuando compete por la luz, el agua, los nutrimentos y el espacio (6). En América Latina, Brazil, en arroz de secano, se han obtenido los mejores rendimientos con 90-50-25 kg/ha de NPK (10). El control manual de malezas en arroz requiere alrededor de 300 horas-hombre/ha, por esta razón el mejor medio de control es el uso de herbicidas en cultivo no inundado. Dependiendo de la especie de maleza predominante puede variar el producto químico a usarse (4). Estudios sobre la depresión de la cosecha de arroz en fincas de agricultores, han demonstrado que la aplicación de insecticidas aumentan significativamente los rendimientos cuando la población de insectos es alta (2).

En una rotación, en donde el sorgo se siembra después de una gramínea, la rotación reduce la cantidad de nitrógeno necesaria para el sorgo, especialmente en suelos francos, debido a un mejor aprovechamiento de la humedad residual. En cambio los cultivos (5) sembrados después del sorgo, pueden sufrir una depresión en el rendimiento porque el nitrógeno disponible es consumido en la desintegración de los residuos de sorgo, cuya relación carbono: nitrógeno es alta. Muchos experimentos (8) realizados para estudiar el control de malezas en sorgo, han demostrado que el uso de atrazinas es apropiado para eliminar las malezas que crecen entre los surcos.

* Presentado en la XXVIII Reunión Anual del PCCMCA, San José, Costa Rica, 22 al 26 de marzo de 1982".

Trabajo realizado bajo el Acuerdo IDIAP-CATIE y el Proyecto No. 596-0083 CATIE/ROCAP.

** Técnico Residente de CATIE, Panamá

*** Investigador Agrícola, IDIAP - David, Panamá

**** Investigador Agrícola, MIDA - David, Panamá

En este caso, se planificó un estudio para determinar el orden de importancia de los factores limitantes y de las interacciones de primer orden que incidían en los rendimientos y otras características del sistema de cultivo arroz-sorgo. Para el efecto, se realizaron dos experimentos uno con el subsistema arroz en el que se midió el efecto de dos densidades de siembra y de dos niveles de herbicidas, fertilizantes e insecticidas. Seguido de otro experimento con el subsistema sorgo, sembrado en el mismo sitio, en el que observó el efecto de dos variedades y dos niveles de herbicidas, fertilizantes e insecticidas.

Estos experimentos se ejecutaron en la localidad de Progreso, corregimiento del mismo nombre, distrito de Barú, Panamá en 1980.

Los resultados de estos trabajos exploratorios, constituyeron la base para el diseño de estudios subsiguientes tendientes a generar una nueva alternativa tecnológica de producción, del sistema arroz-sorgo en el área de Progreso.

MATERIALES Y METODOS

Los experimentos se efectuaron en la finca de Florencio González, localizada en Progreso, Barú, Panamá (8° 26' de latitud norte y 82° 50' de longitud oeste) a una a.s.n.m. del 25 m, con una precipitación y temperatura medias anuales de 2,600 mm y 27°C respectivamente. Ecológicamente la zona de vida corresponde a bosque húmedo tropical, Haldrige (9).

Los suelos (1), donde se instalaron los experimentos provienen de formaciones de origen aluvial, clasificados como inceptisoles, de textura franco arenosa, con buen drenaje y fertilidad de moderada a alta.

El experimento del subsistema arroz se realiza de junio a septiembre y el de sorgo de noviembre a marzo de 1980. En arroz se estudiaron dos densidades de siembra, dos niveles de fertilizantes, dos de herbicidas y dos de insecticidas (con y sin aplicación en cada caso). En sorgo, sembrado en el mismo lugar en donde se cosechó el arroz, se estudiaron dos variedades, e igualmente dos niveles de fertilización, dos de herbicidas y dos de insecticida (con y sin aplicación en cada caso). En ambos subsistemas, se utilizó un diseño factorial de tratamientos 2^4 , un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. El tamaño de parcela para los dos subsistemas fue el mismo, de 6 m. de longitud por 3 m de ancho. En arroz se usó la variedad Cica 7, con 136 kg/ha de semilla y en

sorgo el híbrido E-57 y la variedad Topaz, a razón de 25 kg/ha de semilla, ambos sembrados a chorro continuo, el primero a 20 cm entre hileras y el segundo a 50 cm entre hileras.

Durante el ciclo de cultivo, se tomaron datos de las siguientes variables de respuesta, en el subsistema arroz: Porcentaje de malezas a los 40 días después de la siembra, altura de planta en centímetros, población de plantas por metro lineal y rendimiento en kg/ha al 14% de humedad. En el subsistema de sorgo: Población de plantas a los 20 días después de la siembra, porcentaje de malezas a los 40 días después de la siembra, días a floración, población de plantas a la cosecha, número de panojas totales, número de panojas navas, largo de la panoja, altura de planta y rendimiento en kg/ha al 14% de humedad.

Para el análisis de los datos, se efectuaron análisis de varianza de cada una de las variables de respuesta, con el fin de conocer los efectos principales e interacciones principales de los factores sobre cada uno de los componentes del sistema.

Además, se hizo un análisis de correlación para determinar cual variable estaba mas relacionada con el rendimiento y cuales las relaciones entre las diferentes variables dentro de cada subsistema.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. RENDIMIENTO DE ARROZ Y SORGO AL 14% DE HUMEDAD.

El sistema arroz-sorgo es practicado por los agricultores de Panamá, no solamente en el área de Progreso, sino en otras zonas arroceras, en donde las condiciones de clima así lo permiten. Desde luego el arroz es el principal cultivo, éste es sembrado en los meses de mayo y junio y el sorgo en diciembre, como alterno del primero.

Los rendimientos de arroz obtenidos como resultado de controlar la maleza, aplicar fertilizante e insecticida y de aumentar la densidad de siembra, se presentan en el cuadro 1.

Los rendimientos de sorgo influenciados por la aplicación de fertilizante, el control de malezas e insectos y por el cambio de variedad, se pueden observar en el cuadro 2.

En forma preliminar es posible observar que el arroz:

1. No produce nada cuando no se controla las malezas.
2. Aumenta su rendimiento al máximo cuando se usa herbi-

Cuadro 1. Rendimientos de arroz en kg/ha, bajo dos densidades de plantas, dos niveles de: Herbicida, fertilizante e insecticida.

Sin herbicida (H1)				Con herbicida (H2)			
0				2856			
							
Sin fertil. (F1)		Con fertil. (2)		Sin Fertil.		Con fertil.	
0		0		2217		3488	
							
Sin Insect (I1)	Con Insect (I2)	Sin Insect	Con Insect	Sin Insect	Con Insect	Sin Insect	Con Insect
0	0	0	0	2109	2325	3177	3801

D1 = 2992
 Densidades:
 D2 = 2715

(H1): Sin herbicida (H2): Prowl 1 kg i.a./ha a la siembra Propanil 2.5 kg i.a./ha a los 35 DDS	(I1): Sin insecticida (I2): Furadan 1.75 kg i.a./ha a la siembra
(F1): Sin fertilizante (F2): 100 kg/ha de N 40 kg/ha de P ₂ O ₅	(D1): 113 kg de semilla/ha (D2): 136 kg de semilla/ha

Cuadro 2. Rendimientos de sorgo en kg/ha, obtenidos bajo el efecto de dos niveles de fertilizante, herbicida, insecticida y dos variedades.

Sin fertilizante (F1)				Con fertilizante (F2)			
978				2230			
△				△			
Sin herb (H1)		Con herb (H2)		Sin herb		Con herb	
472		1454		1810		2650	
△		△		△		△	
Sin Insect (I1)	Con Insect (I2)	Sin Insect	Con Insect	Sin Insect	Con Insect	Sin Insect	Con Insect
361	584	1041	1866	1128	2492	2737	2563

Variedades: V1 = 1355
V2 = 1853

(F1): Sin fertilizante
(F2): 85 kg/ha de N
36 kg/ha de P₂O₅

(I1): Sin insecticida
(I2): Furadan 1.5 kg i.a./
ha a la siembra
Diazimon 1.5 l/ha a
la floración

(H1): Sin herbicida
(H2): 2.5 kg/ha de Gesaprim
80% a la siembra
2.0 l/ha de Gramoxone
a los 30 DDS

(V1): E-57, 255 kg/ha
(V2): Topaz, 255 kg/ha

cidas, fertilizantes e insecticida, por su efecto aditivo.

3. El incremento producido por el herbicida no se intensifica cuando se usa insecticida, pero no se aplica fertilizante.

En el sorgo:

1. Se incrementa cuando se aplica fertilizante y herbicida.
2. Este incremento no se intensifica cuando se aplica insecticida.
3. Cuando no se aplica fertilizante, el rendimiento es menor pero se incrementa con el uso de herbicida y también de insecticida.
4. La variedad aumenta el rendimiento.

2. EFECTOS SIGNIFICATIVOS

Para definir en orden de importancia, los efectos individuales de los factores estudiados y de sus interacciones de primer orden, en cada una de las variables de respuesta medidas en los dos cultivos, se presentan el análisis de varianza respectivos. En el arroz se encontró (cuadro 3) que en el rendimiento, los efectos individuales significativos en orden de importancia se debieron al control de malezas (H), a la aplicación de fertilizante (F), al control de insectos (I) y a las interacciones herbicida por fertilizante (HF) e insecticida por herbicida (IH), (Fig. 1). Para el porcentaje de malezas a los 40 días después de la siembra, obviamente hubo un efecto del herbicida. La altura de planta estuvo influenciada significativamente por el herbicida y el fertilizante. La población de plantas a la cosecha, también tuvo efecto del herbicida y de la densidad, como era de esperarse.

En el sorgo, prácticamente los cuatro factores estudiados tuvieron efectos significativos individuales (Cuadro 4) en el rendimiento, siendo los mas importantes el fertilizante y el herbicida.

Lo curioso fue que no hubo interacciones de factores, lo cual indica de modo general que los factores actúan independientemente, esto facilita las investigaciones posteriores dirigidas a la generación de una alternativa tecnológica para el sorgo.

El fertilizante además influyó significativamente en la población de plantas, en la altura de planta y en el largo de la panoja. La variedad alterna utilizada, tuvo efecto en el rendimiento y en el largo de la panoja.

Cuadro 3. Análisis de varianza para las variables de respuesta que tuvieron efecto significativos en el cultivo de arroz.

Fuente de variación	G.L.	F calculada			
		Rendim. kg/ha	% malezas 40 DDS	Altura plan_ ta cm	Población plantas por m.l.
Insecticida (I)	1	6.84*	---	---	---
Herbicidas (H)	1	1262.18**	46.225.00**	48.82**	58.26**
I H	1	6.84*	---	---	---
Fertiliz. (F)	1	62.69**	---	24.47**	---
I F	1	---	---	---	---
H F	1	62.69**	---	---	---
Densidades (D)	1	---	---	---	9.35*
I D	1	---	---	---	---
H D	1	---	---	---	---
F D	1	---	---	---	---
Coef. de var. %		17.64	2.73	12.53	20.20

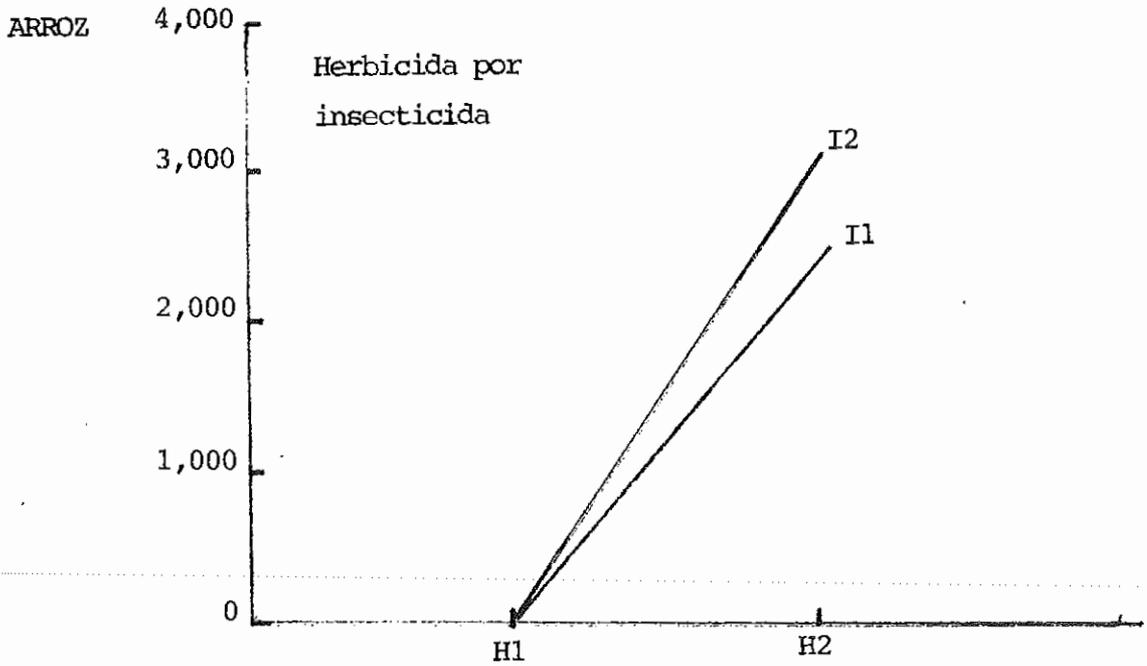
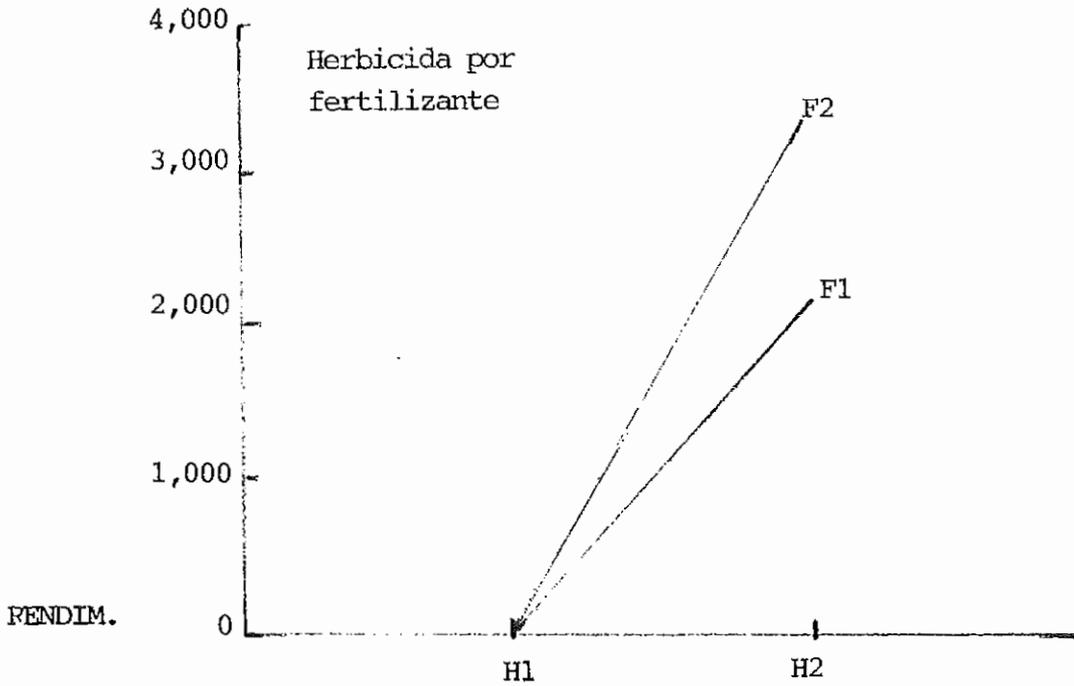


Fig. 1 Interacciones de herbicida por fertilizante y herbicida por insecticida en el rendimiento del arroz.

Cuadro 4. Análisis de varianza para las variables de respuesta que tuvieron efectos significativos en el cultivo de sorgo (a).

Fuente de variación	G.L.	F Calculada				
		Rendim. kg/ha	Malezas 40 DDS	Población cosecha	Altura planta cm	Largo Panoja cm
Insecticida (I)	1	12.02*				
Herbicida (H)	1	31.20**	8.60*			
I M	1					
Fertilizante (F)	1	57.20**		5.24*	76.49**	18.94**
I F	1					
M F	1					
Variedad (V)	1	9.05*				8.06*
I V	1					
H V	1					
F V	1					
Coef. de var. %		21.85	78.78	18.96	17.42	10.90

(a) En las variables: Población de plantas a los 20 DDS, No. de panojas totales, No. de panojas vanas y días a la floración, no hubieron efectos significativos.

3. MAGNITUD DE LOS EFECTOS SIGNIFICATIVOS

En la Figura 2, se ha tratado de graficar la magnitud de los efectos significativos. En arroz, se puede decir que prácticamente el incremento debido al uso de herbicida fué de 2,854 kg/ha. La aplicación de fertilizante produjo un aumento en el rendimiento de 1272 kg/ha y el control de insectos dió lugar un incremento de 421 kg/ha, mayor que cuando no se controló las plagas.

La magnitud de los incrementos debidos a herbicidas y fertilizante, los ubica a estos factores en el primero y segundo lugar de importancia.

En la misma Figura 2, se puede observar como el fertilizante, el herbicida, el insecticida y la variedad, incrementaron el rendimiento en 1252, 926, 574 y 498 kg/ha de sorgo respectivamente. Aquí se deduce la mayor importancia del fertilizante y del herbicida en este cultivo.

4. RELACIONES ENTRE VARIABLES

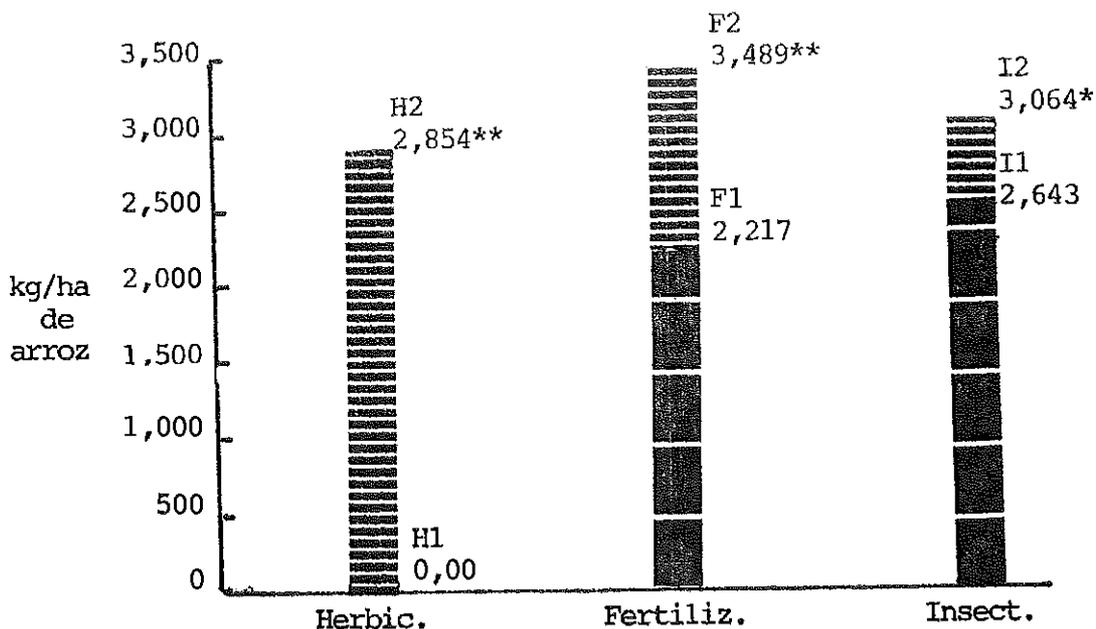
En la Figura 3, se trata de representar las relaciones de causa a efecto de las variables estudiadas, con las variables de respuesta y entre éstas. Usando un análisis de regresión múltiple, se calcularon los coeficientes de correlación, cuya magnitud y signo indica la importancia y el tipo de relación de una variable sobre la otra.

En el subsistema arroz, la relación de las variables herbicida y fertilizante con el rendimiento indican que el uso de estos agroquímicos influyeron directamente, pues la magnitud y signo de los coeficientes, 0.99 y 0.92 respectivamente, así lo confirman. El herbicida además afectó positivamente a la altura y población de plantas, no así al porcentaje de malezas, que como era de esperarse lo redujo. Por otra parte el fertilizante fue beneficioso para el rendimiento (0.92), el crecimiento de las malezas y para la altura de planta. La población de plantas no tuvo relación con el fertilizante aplicado (0.05).

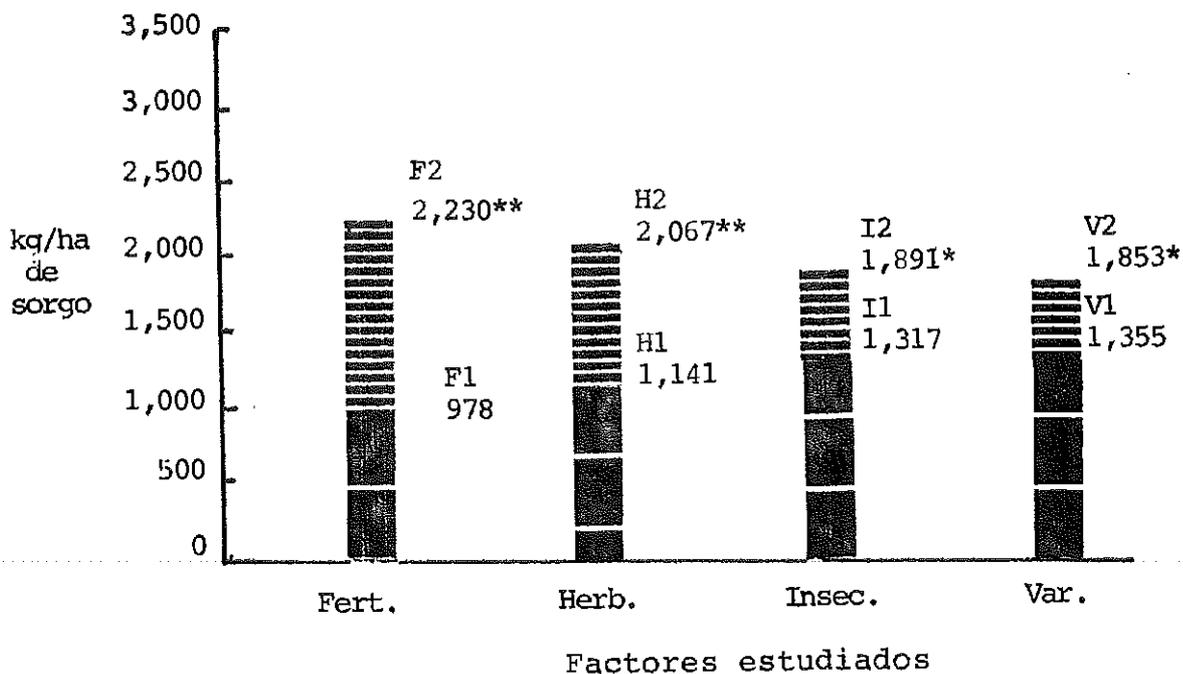
Continuando con este breve análisis de la Figura 3, se observa que las variables componentes del rendimiento, altura y población de plantas, favorecieron la producción de arroz, pero las malezas afectaron negativamente en alto grado la cosecha de grano.

En el subsistema sorgo (Figura 3), las variables independientes fertilizante y herbicida, afectaron en alguna

ARROZ



SORGO



Factores estudiados

Fig. 2. Efectos significativos (0.05 y 0.01) de herbicida, fertilizante, insecticida y variedad en los cultivos de arroz y sorgo.

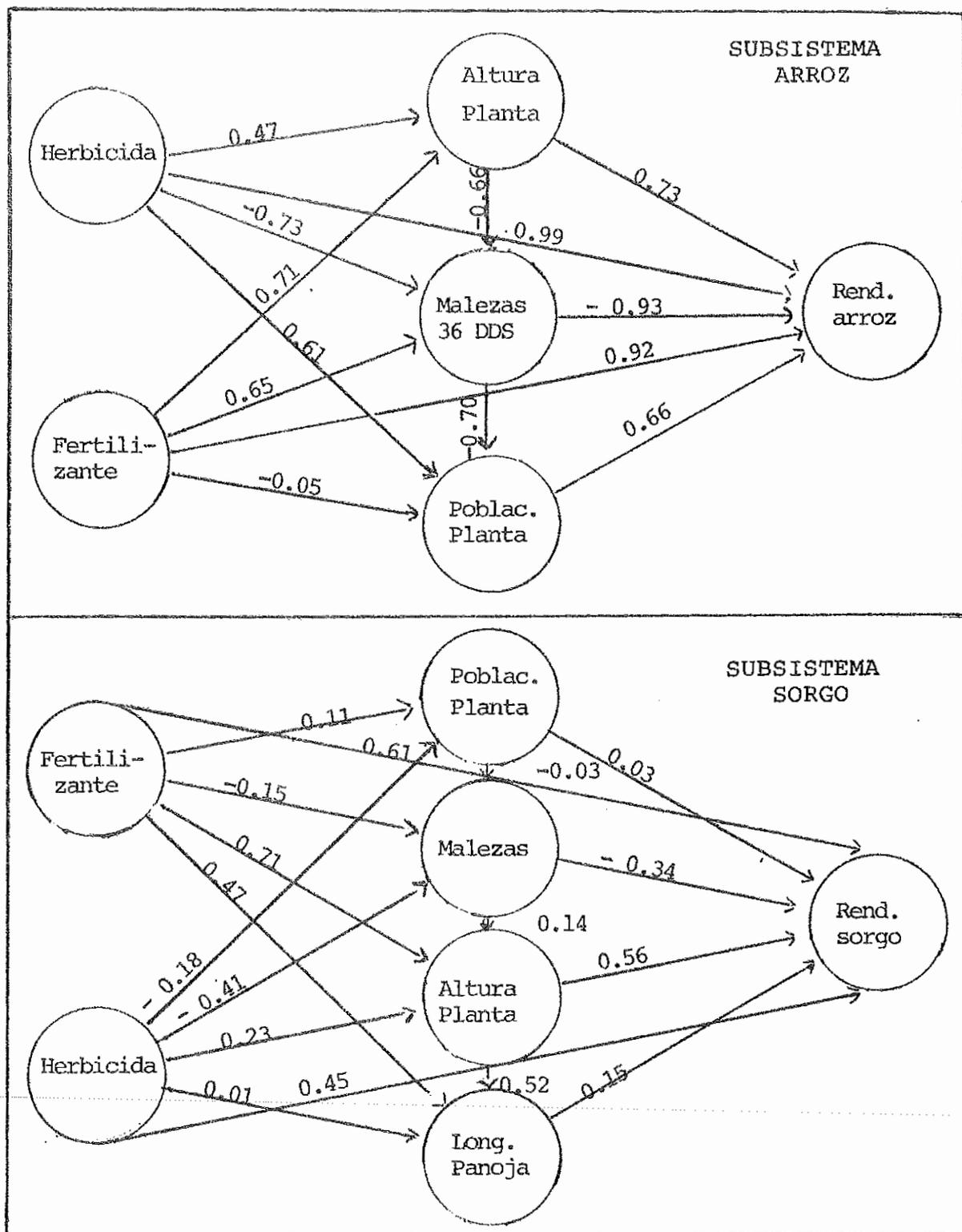


Fig. 3. Relaciones entre las variables independientes herbicida y fertilizante, con las variables de respuesta en el arroz y sorgo.

medida en ciertos casos en forma positiva y en otros negativa a las variables de respuesta incluido el rendimiento. En general la magnitud de los coeficientes fue menor a la encontrada en arroz, sin embargo, el fertilizante y el herbicida incrementaron significativamente el rendimiento (0.61 y 0.45 de coeficiente). El comportamiento y relaciones de las variables estudiadas como factores de producción, versus, las variables de respuesta fue similar al de arroz, pero con menor intensidad.

Esto da a entender que puede existir un grado de dependencia del segundo cultivo, en este caso el sorgo, cuando es sembrado en condiciones de terreno en el cual se hicieron controles de malezas y de insectos al realizar el primer cultivo, pues los factores siguen influyendo pero con menor intensidad ya que el efecto fue mitigado por el manejo del primer cultivo. En el caso del fertilizante, prácticamente no hubo un efecto residual por cuanto esta aplicación fue decisiva en el aumento del rendimiento de sorgo.

5. TRATAMIENTOS PROMISORIOS

La prueba de Duncan, (Cuadro 5) indica que de acuerdo a los resultados obtenidos con los diferentes tratamientos, los promedios de éstos, ubican a los tratamientos 8 y 16 en primer y segundo lugar en arroz y al 15 y 16 en sorgo. Prácticamente, se observa que el tratamiento 16 se puede aplicar al sistema de producción arroz-sorgo, pues el uso de fertilizante, herbicida e insecticida es necesario en los dos cultivos para obtener rendimientos adecuados, o cualquiera de estos tres factores puede afectar negativamente la producción, cuando no son controlados.

6. CONSIDERACIONES ECONOMICAS

El análisis económico de los resultados obtenidos se hizo por el método de análisis parciales (Tasa de retorno marginal). En el cuadro 6 se indica que en el subsistema arroz, el combate de malezas tuvo la mayor tasa de retorno marginal, seguido de la interacción combate de malezas por fertilización y del combate de malezas por combate de insectos.

Es curioso observar que cuando se aplica fertilizantes o se controla insectos individualmente, la tasa de retorno marginal es negativa aunque se obtiene un incremento significativo en el rendimiento. Esto se podría explicar porque cuando no se combaten las malezas en este cultivo

Cuadro 5. Prueba de Duncan para promedio de rendimiento de arroz y sorgo.

Orden	Tratamiento	Rendimiento	Diferencia
-------	-------------	-------------	------------

Arroz kg/ha

8	D1-F2-H2-I2	3,979	a
16	D2-F2-H2-I2	3,625	ab
17	D3-F2-H2-I2	3,550	b
7	D1-F2-H2-I1	3,420	b
15	D2-F2-H2-I1	2,934	c
18	Agricultor	2,407	d
12	D2-F1-H2-I2	2,350	d
4	D1-F1-H2-I2	2,301	d
3	D1-F1-H2-I1	2,268	d
11	D2-F1-H2-I1	1,952	d

Sorgo kg/ha

15	V2-F2-H2-I1	3,239	a
16	V2-F2-H2-I2	3,022	a
14	V2-F2-H1-I2	2,731	a
6	V1-F2-H1-I2	2,253	b
7	V1-F2-H2-I1	2,236	b
12	V2-F1-H2-I2	2,186	b
8	V1-F2-H2-I2	2,104	b
4	V1-F1-H2-I2	1,550	c
13	V2-F2-H1-I1	1,345	c
11	V2-F1-H2-I1	1,214	cd
5	V1-F2-H1-I1	911	d
3	V1-F1-H2-I1	866	d
10	V2-F1-H1-I2	660	de
2	V1-F1-H1-I2	508	e
9	V2-F1-H1-I1	430	e
1	V1-F1-H1-I1	292	e

Cuadro 6. Incremento en el rendimiento, costos variables y tasas de retorno marginal para los efectos significativos de los factores en arroz y sorgo.

Tratamiento	Incremento en rendimiento kg/ha	Base del análisis	Incremento costos variables \$	Tasa retorno marginal %
-------------	---------------------------------	-------------------	--------------------------------	-------------------------

ARROZ

H2	2854	H2-H1	91.50	649
I2	210	I2-I1	74.00	- 31
F2	639	F2-F1	179.00	- 14
D2	- 33	D2-D1	14.00	-336
H2-I2	3064	H2I2-H1I1	165.50	344
H2-F2	3490	H2F2-H1F1	260.50	222

SORGO

H2	926	H2-H1	69.00	127
I2	574	I2-I1	61.00	59
F2	1252	F2-F1	130.00	46
V2	498	V2-V1	0.00	--

en el área de Progreso, prácticamente se anula el efecto del control de cualesquiera de los otros factores.

En relación con el subsistema sorgo, en el cuadro 6, se puede observar que todos los factores estudiados presentan una tasa de retorno marginal positiva, siendo en orden de importancia la de la variedad, combate de malezas, combate de insectos y aplicación de fertilizantes, respectivamente.

En base de este análisis y considerando el manejo total del sistema de cultivo arroz-sorgo, se puede concluir que la mejor oportunidad para generar una alternativa de producción tecnológicamente factible para los agricultores de Progreso, debe estar enfocada en la investigación sobre el componente de malezas y sus interacciones con la fertilización y el combate de insectos en arroz y en sorgo se debe poner mayor énfasis en el uso de mejores variedades con combate de insectos, pensando siempre en la aplicación de cantidades rentables de fertilizantes.

CONCLUSIONES

1. En arroz, el uso de herbicidas y su interacción con la aplicación de fertilizantes y con el combate de insectos, son los efectos que producen los mayores incrementos en el rendimiento.
2. De igual manera, los mismos efectos presentan las tasas de retorno marginal mas altas.
3. En sorgo, el uso de herbicidas, de insecticidas y el cambio de variedad ocasionaron aumentos en el rendimiento.
4. Obviamente, estos factores permitieron la obtención de las tasas de beneficio marginal mas provechosas.
5. En ambos cultivos los factores herbicidas y fertilizantes tuvieron el grado de asociación más alto con el rendimiento.
6. Existe en un grado no bien definido una relación de dependencia del manejo del sorgo con respecto al manejo del arroz.

BIBLIOGRAFIA

1. CATAPAN, Final Report on the Catastro Rural de Tierras y aguas de Panamá. Volumen II. Comisión de Reforma Agraria/AID. Panamá, 1970.
2. CHANDLER JR., R.F. Rice in the Tropics: A guide to the Development of National Programs. Boulder, Colorado, Westview Press. 1979. 256 p.
3. CUELLAR, M., SARMIENTO, M., BEJARANO, W., LI PUN, H. y otros. Diagnóstico de Pequeñas y Medianas Explotaciones Agropecuarias en tres áreas de Panamá. (Aserrío de Gariché, Progreso y Guarumal). Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria. 1980. 115 p.
4. DE DATTA, S.K. Chemical Weed control in tropical rice in Asia. PANS. 18(4):433-440. 1972.
5. DI NAVER, R.C., Changing Patterns in Fertilizer Use. Madison Wisc. U.S.A. SSSA Inc. 1968. 466 p.
6. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Major Research in Upland Rice. Los Baños, Philippines. 1975. 255 p.
7. MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO. Desarrollo Rural Integrado del Distrito de Barú, Santiago de Veraguas. Panamá, 1977. 169 p.
8. PLACKNETT, D.L., YOUNGE, O.R., IZUNO, Y.N. y otros. Sorghun Production in Hawaii. U.S.A. University of Hawaii. Research Bulletin 143. 1971. 33p.
9. REPUBLICA DE PANAMA/FAO. Mapa Ecológico de Panamá. Proyecto de inventario y demostraciones forestales. Panamá 1970. Proyecto AID 596-0083.
10. SOUZA, D.M. DE. Lowland rice program in Brazil. Paper presented at the International rice research conference, April, 1973. IRRI. Los Baños, Philippines.. 1973. 32 p.