

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA PROBADOS EN EL CATIE,

TURRIALBA. ASPECTOS AGRONOMICOS Y ECONOMICOS

Turrialba, Costa Rica  
1976

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA PROBADOS EN EL CATIE\*,

TURRIALBA. ASPECTOS AGRONOMICOS Y ECONOMICOS\*\*

INTRODUCCION

En América Central, la mayor parte de la investigación agrícola en cultivos alimenticios ha seguido normas tradicionales. Se dedican grandes esfuerzos a la solución de problemas individuales de cada cultivo, sin considerarlos como integrantes de un todo más complejo cuyo resultado final no corresponde necesariamente a la suma de sus componentes. El enfoque de investigación en forma de sistemas de producción proporciona una alternativa a esta fragmentación artificial de la investigación.

Desde 1973, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, ha venido realizando investigación en Sistemas de Producción y sus resultados han sido expuestos en reuniones previas del PCCMCA (1). Bajo este concepto se considera el año agrícola como la unidad de evaluación de un sistema de producción y se da especial importancia a las relaciones entre cultivos y su ambiente bajo un enfoque multidisciplinario de investigación.

La notable contribución de los pequeños agricultores de América Central a la producción de alimentos en el área ya ha sido reconocida (2). Por lo tanto, la mayoría de los sistemas que se incluyen en este estudio se han diseñado considerando prácticas comunes de los pequeños agricultores como cultivos asociados, intercalados, rotaciones y otros.

Este trabajo es un resumen de los resultados que se observaron en el período entre noviembre de 1974 y octubre de 1975 en el cual se evaluaron 24 sistemas de producción que comprenden el cultivo de frijol, maíz, yuca y camote en dife-

---

\* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

\*\* Trabajo presentado en la Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA), 22., San José, Costa Rica, 22-29 de julio de 1976. Memoria. San José, MAG/IICA, 1976. v.3. pp. K-1-K-11.

rentes arreglos espaciales y cronológicos.

### MATERIALES Y METODOS

Las especies y variedades usadas en el diseño de los sistemas de producción, así como las distancias y densidades de siembra empleadas, se resumen en el Cuadro 1. El diseño de cada uno de los sistemas en el año agrícola, se deduce de la 3a. columna del Cuadro 3. En todos ellos, la densidad de siembra se mantuvo constante para el mismo cultivo, cualquiera que fuese la asociación establecida. Algunos sistemas se probaron en grados alto (A) y bajo (B) de manejo constituyendo subtratamientos. En otros sistemas, los subtratamientos se establecieron por diferente ordenamiento espacial y cronológico de los cultivos empleados. Los grados A y B de manejo difieren principalmente en cantidad de fertilizante aplicado. Se usaron los fertilizantes comerciales de fórmula 15-30-8 (con 10% de  $SO_4$ ) y 20-10-6-5 (con 21% de  $SO_4$ ) complementados, según el caso, con nitrato de  $NH_4$ , superfosfato triple o cloruro de K.

Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones.

Durante la permanencia de los sistemas en el campo. Se efectuó un mínimo de aplicaciones de insecticidas comerciales, para el control de crisomélidas en frijol y maíz y gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en maíz. Se controlaron insectos del suelo con aldrín 2.5% antes del establecimiento de cada sistema.

Todas las labores culturales de siembra, limpieza de malas hierbas y cosecha, se efectuaron manualmente. Sólo la preparación inicial del terreno se efectuó con un "rotavator" manual.

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### Aspectos Agronómicos

De acuerdo con los datos climáticos del Cuadro 2, durante cuatro meses del año el balance hídrico fue negativo, lo cual condujo a una competencia por agua entre los cultivos afectándose negativamente los cultivos que crecieron o se sembraron durante esos meses.

El Cuadro 3 muestra las producciones totales por cultivo dentro de cada sistema. Las producciones de frijol oscilaron entre 0,009 y 1,3 TM/Ha/año. Los valores más altos, e iguales entre sí, estuvieron entre 1,0 y 1,3 TM. Los sistemas que produjeron más frijol se caracterizaron porque este cultivo estuvo solo, con yuca o en asociación con maíz o camote cuando estos últimos se intercalaron entre el frijol aproximadamente un mes después de la siembra.

En todos los sistemas con frijol, este cultivo se sembró una sola vez al año.

Las producciones de maíz fluctuaron entre 1,2 y 5,0 TM/Ha/año. Los valores más elevados, e iguales entre sí, estuvieron entre 4,3 y 5,0 TM.

Todos los sistemas que produjeron más maíz incluyeron dos siembras de este cultivo en el año, ya se encontrara asociado con frijol, con camote o con yuca.

Los valores correspondientes a las producciones de camote oscilaron entre 0,2 y 22,6 TM/Ha/año. Los valores más altos de producción y estadísticamente iguales entre sí variaron entre 10,9 y 22,6 TM.

De este cultivo, igual que en el caso del maíz, las mayores producciones se obtuvieron de sistemas que incluyeron dos cosechas en el año.

En el caso de la yuca, los rendimientos variaron de 6,3 a 23,6 TM/Ha/año. Los mayores rendimientos estuvieron entre 17,8 y 23,6 TM. En estos casos el cultivo de la yuca se realizó sin asociar, en asociación con frijol o con camote, cuando éste se plantó con un retraso de un mes a la siembra de la yuca.

En el Cuadro 3 puede verse también la producción de proteínas, carbohidratos y grasas expresada en energía (M cal/Ha/año) y el porcentaje de dicha energía corresponde a las proteínas. Los sistemas que produjeron más energía se caracterizan por tener la yuca (ocho de nueve casos) y el camote (seis de nueve casos) en su composición. Por esta razón el aporte energético de la proteína fue bajo en todos ellos.

Los sistemas cuya producción de alimentos tuvo su porcentaje relativamente alto de energía proteica (9,5 a 12,7 por ciento) se caracterizaron por tener frijol y maíz en su composición.

#### Aspectos Económicos

En el Cuadro 4 se presentan tabulados los parámetros económicos de mayor relevancia para cada sistema.

Desde el punto de vista económico el análisis debería estar basado en la columna Ingreso neto ( $IN = IB - CT$ ). Sin embargo, más de acuerdo con el proceso de valuación usado por los pequeños agricultores, la columna Margen Bruto ( $MB = IB - CV$ ) es más relevante. Más aún, asumiendo que toda la mano de obra necesaria proviene de la familia o la comunidad, la comparación de los sistemas debería estar basada en el Ingreso Familiar (o Ingreso Comunal).

Considerando entonces, que el objetivo no es sólo maximizar el ingreso sino también proveer de trabajo a los miembros de la familia (o comunidad) remunerados de acuerdo a su costo de oportunidad, los 10 mejores sistemas son: 45, 32, 48, 25, 10, 30, 19, 26, 40 y 42. Estos sistemas contienen también aquellos de mayor ingreso neto, que son el 10 y el 32.

El frijol, que en general presenta volúmenes de producción inferiores a cualquiera de los otros cultivos, es uno de los principales contribuyentes al ingreso en los sistemas. Su precio garantizado en Costa Rica lo hace suficientemente atractivo a pesar de los riesgos de producción inherentes a este cultivo en las condiciones de Turrialba. El frijol está presente en los sistemas mencionados arriba con excepción del 25 y 26.

El otro mayor contribuyente al ingreso, en los sistemas seleccionados, es el camote. Con excepción de los sistemas 10 y 32, el camote es parte de los ocho restantes en la lista dada. Para contrarrestar el efecto de variabilidad en el precio del camote, los cálculos se hicieron utilizando un precio de  $\$0,30$  por libra que es  $\$0,15$  más bajo que el logrado al momento de venta. Sin embargo, la gran variabilidad en rendimiento de este cultivo es el mayor determinante del éxito o fracaso económico de los sistemas que lo contienen.

El maíz y la yuca, a pesar de su menor impacto en el éxito o fracaso de los sistemas presentan la ventaja de ser cultivos muy estables con respecto a comportamiento y producción. Son los cultivos de menor riesgo en los sistemas.

El uso de tecnología influye en forma clara en el ingreso, con excepción de los sistemas 25 y 45 todos los sistemas seleccionados arriba fueron de "alta tecnología", es decir, de mayor uso de insumos, especialmente fertilizantes.

Debe destacarse también que los mejores tratamientos fueron aquellos que tienen como mínimo dos cultivos en el año agrícola. Esto tiende a mostrar las ventajas de los sistemas policulturales no sólo en disminución de riesgo y aprovechamiento de recursos, sino también en cuanto a beneficio económico.

Finalmente, debe destacarse que la clasificación de los sistemas será diferente, de acuerdo al parámetro (columna) que se esté observando. El parámetro de evaluación se debe seleccionar de acuerdo a los objetivos y premisas establecidos.

#### LITERATURA CITADA

1. DEPARTAMENTO DE CULTIVOS Y SUELOS TROPICALES. Resultados preliminares de una investigación en sistemas de producción de cultivos alimenticios realizada en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. XXI Reunión Anual del PCCMCA. San Salvador, El Salvador, 7 - 11 abril, 1975 p.39, Vol.1.
2. WELLHAUSEN, E.J. y CARBALLO, A. Informe del Comité Ejecutivo a la Junta Directiva, CATIE. 38 p. 1976.  
(Mimeografiado).

Cuadro 1. Símbolos, especies y variedades, distanciamiento y densidad de siembra, usados en el diseño de 24 sistemas de producción, Turrialba 1974-1975.

Especies	Variedades	Distancia (m)		Densidad de siembra (plantas/ha)
		Entre hileras	Sobre hilera	
F Frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> )	CATIE-1	0.5	0.2	100.000
M Maíz ( <u>Zea mays</u> )	Tuxpeño planta baja	1.0	0.5 (2 pts/golpe)	40.000
C Canote ( <u>Ipomoea batatas</u> )	C-15	0.5	0.4	50.000
Y Yuca ( <u>Manihot esculenta</u> )	Valencia	1.0	0.5	20.000

Cuadro 2. Datos climáticos mensuales y balance hídrico correspondientes al período experimental 1974-1975  
 CATIE, Turrialba, 602 msnm

	M E S E S											
	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Radiación solar (cal/cm <sup>2</sup> )	10662	12323	11943	12888	15956	14026	14367	11325	12723	11640	12333	13242
Precipitación (mm)	175	403	131	20	28	33	112	227	327	330	418	527
Balance hídrico (mm)*	104	324	54	-75	-108	-85	-8	139	237	244	313	233
Temperatura máxima promedio (C)	25.6	25.5	24.8	25.2	26.8	26.6	27.8	26.7	26.2	26.5	27.4	27.2
Temperatura mínima promedio (C)	18.0	16.7	16.1	15.9	17.6	17.4	18.5	18.3	17.6	18.1	18.3	18.3
Humedad relativa promedio (%)	89.2	87.5	90.0	87.0	84.5	86.2	87.5	91.2	90.9	91.1	89.5	90.7

\* Precipitación menos evaporación de tanque

Cuadro 3. Rendimientos y energía total proveniente de las proteínas carbohidratos y grasas contenidos en la porción alimenticia de 24 sistemas de cultivo. Valores promedio de cuatro repeticiones.

Clave	Substratos	Arreglo de los cultivos*	Tecnología**	Rendimientos por cultivo(TM/ha/año)				Energía	
				F	M	C	Y	Total Mcal/ha/año	Aporte proteico % ***
1	01-1	Y	R				18.6 d	26377	2.6
2	01-2	Y	A				23.6 d	33502 e	2.6
3	02-1	F-M	A	1.2 a	2.3			11786	12.7
4	02-2	M+F°	A	0.3	3.4			12832	9.0
5	03-1	F-C°	A	1.1 a		9.0		13841	8.1
6	03-2	F+C	A	1.2 a		3.6		8044	12.6
7	04-1	M-C	A		2.4	10.9 c		20430	4.8
8	04-2	M+C°	A		2.5	0.2		8917	7.6
9	05-1	F-Y	A	1.1 a			8.6	16041	7.3
10	05-2	F+Y°	A	1.3 a			20.2 d	32764 e	5.1
11	06-1	M+Y°	A		2.6		10.3	23645	4.6
12	06-2	M+Y	A		2.2		11.6	23988	4.2
13	07-1	C+Y	A			4.9	14.7	26340	2.6
14	07-2	Y+C°	A			5.2	22.4 d	37549 e	2.6
15	08-1	C-C	B			21.2 c		23737	2.8
16	08-2	C-C	A			22.6 c		25274	2.8
17	09-1	F-M	A	1.2 a	2.4			12272	12.7
18	09-2	F+M-M	A	0.8	4.8 b			19127	9.8
19	10-1	F-C-C	A	1.2 a		15.0 c		20636	6.5
20	10-2	F+C°-C	A	1.1 a		12.3 c		17549	7.0
21	11-1	C-M+C°	A		2.2	10.0		18786	4.8
22	11-2	M+C°-C	A		2.1	11.3 c		20108	4.6
23	12-1	M-M+C°	A		4.3 b	3.5		19748	6.7
24	12-2	M+C°-M	A		4.6 b	0.2		16194	7.7
25	13-1	C+Y+C°	B			15.1 c	11.1	32747 e	2.7
26	13-2	C+Y+C°	A			14.1 c	12.3	33335 e	2.7
27	14-1	M+Y-Me	B		3.5		9.5	25606	5.1
28	14-2	M+Y-Me	A		4.3 b		8.9	27356	5.4

Continuación Cuadro 3.

29	15-1	F-C-Mc	A	1.3 a	2.0	5.6	17439	9.5
30	15-2	F+M-C	A	0.9	3.3	9.8	25334	7.3
31	16-1	F+Y-Mc	B	0.9	1.2		23219	6.2
32	16-2	F+Y-Mc	A	1.1 a	2.2	11.2	36525 e	5.7
33	17-1	M+C+Y	A		2.7	17.8 d	22149	4.7
34	17-2	M+Y+C°	A		2.4	8.4	34778 e	3.9
35	18-1	M-M	B		4.6 b	13.3	15736	7.8
36	18-2	M-M	A		5.3 b		18357	7.8
37	19-1	M+C°-M+C°	B		4.9 b	3.9	21113	6.8
38	19-2	M+C°-M+C°	A		4.5 b	3.3	19299	6.8
39	20-1	M+Y°-M+C°	B		4.7 b	4.3	21028	6.7
40	20-2	M+Y°-M+C°	A	0.009	4.7 b	3.8	20395	6.8
41	21-1	F+C°-M+C°	B	0.02	2.1	6.9	28226	8.4
42	21-2	F+C°-M+C°	A	1.0 a	2.3	6.8	19129	8.6
43	22-1	F+M+C°-M	B	1.1 a	4.1	0.2	16326	9.6
44	22-2	F+M+C°-M	A	0.6	5.0 b	0.3	20007	9.6
45	23-1	F+M+C°-C	B	0.7	2.1	19.7 c	31893 e	5.5
46	23-2	F+M+C°-C	A	0.8	2.4	13.8 c	26601	6.4
47	24-1	F+M+Y-C°	B	0.6	1.9	8.1	26892	5.6
48	24-2	F+M+Y-C°	A	0.7	2.6	7.2	33171 e	5.5

Dentro de cada cultivo los números con igual letra son estadísticamente iguales y superiores a los demás.

\* F = Frijol; M = Maíz; C = Camote; y Y = Yuca: (+) = Cultivo asociado; (-) = Cultivo en rotación; (°) = Siembra atrasada.

\*\* A = Alto; B = Baja

\*\*\* Porcentaje de la energía total que proviene de las proteínas.

Cuadro 4. Análisis económico\* de 24 sistemas de cultivo (Colones de Costa Rica\*\*/ha/año. Valores promedio de dos repeticiones.

Clave	Ingreso Bruto I R	Costos Totales CT***	Costo Mano de Obra CMO	Ingreso Neto I N	Margen Bruto M <sub>B</sub> ***	Ingreso Familiar IF***	Relación IF/CM***
1	9538	4231	2342	5307	6778	9121	21.8
2	11361	4903	2766	6458	7939	10705	16.3
3	9423	5464	3109	3960	5448	8557	9.8
4	6654	4446	2203	2208	3677	5885	7.6
5	12792	7558	5043	5234	6765	11809	12.0
6	9471	8192	5412	1280	2818	8230	6.6
7	11557	8010	5456	3547	5086	10542	10.3
8	5383	7703	4870	-2319	- 793	4077	3.1
9	10133	6309	4055	3823	5332	9388	12.5
10	16621	5367	3641	10755	12254	15896	21.9
11	9307	6691	4333	2616	4131	8465	10.0
12	6441	7131	4805	- 190	1335	6141	7.6
13	9680	7057	4724	2624	4147	8871	10.9
14	14356	8213	5680	6143	7697	13367	13.5
15	12397	3958	6655	3438	5004	11659	15.8
16	11821	9772	7048	2050	3524	10672	9.2
17	11396	6326	3983	5070	6577	10561	12.6
18	13833	7529	4990	6354	7884	12874	12.7
19	15670	12049	9437	3621	5247	14684	14.8
20	14471	12652	9437	1920	3445	12883	8.1
21	11126	9001	6435	2124	3685	10120	10.0
22	11545	11487	8157	59	1657	9814	5.6
23	10287	3757	6136	1529	3083	9220	8.6
24	3248	9891	6715	-1642	- 76	6639	4.1
25	16773	10229	7877	6543	8135	16013	21.0
26	15574	11110	8375	4464	6067	14442	12.7
27	9569	7334	5293	2185	3721	9014	16.2
28	11096	7907	5335	3188	4725	10061	9.7
29	14172	10339	7780	3833	5423	13203	13.6
30	16119	9095	6340	7024	8583	14923	12.4
31	12465	7231	5201	5235	6768	11970	24.1
32	17994	7982	5435	10913	11551	16987	16.8
33	8171	8781	6291	- 610	947	7239	7.7
34	14759	10021	7303	4738	6317	13621	11.9
35	7841	5838	3773	2003	3536	7279	12.9
36	8776	6647	4127	2129	3640	7767	7.6
37	10790	11606	8719	- 816	794	9514	7.4
38	10395	12201	8965	-1807	- 191	8774	5.4
39	10864	9570	7238	1294	2872	10110	13.4
40	10359	9773	7074	585	2160	9234	8.2

## Continuación Cuadro 4.

41	14974	11528	8710	3447	5057	13767	11.4
42	15706	12853	9608	2853	4482	14091	8.7
43	11282	10435	7629	846	2433	10063	8.2
44	13296	11333	8233	1963	3563	11797	7.8
45	20070	12039	9013	8031	9648	18662	13.2
46	16209	13175	9629	3034	4664	14294	7.4
47	14722	10758	8085	3964	5560	13646	12.6
48	17402	11347	8509	6054	7660	16169	13.1

\* Precios de los cultivos en colones de Costa Rica por kilogramo:  
Frijol = 4.89; Maíz = 1,63; Camote = 0,65; Yuca = 0,43; Elote = 1,63

\*\* US\$ dólar = 8.54 colones de Costa Rica

\*\*\* CT= Costos de mano de obra + Costos de materiales + Costos fijos;  
CM = Costos de materiales; MR = IR - Costos de mano de obra - Costos  
de materiales; IF = IB - CM.