

BALANCE ENERGETICO DE SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTIVOS

BASADOS EN LA YUCA (Manihot esculenta Crantz)\*

INFORMACION DE DOCUMENTACION  
SERVICIOS Y COMUNICACION AGRICOLA

2 - OCT 1981

HA -- TURRIALBA COSTA RICA

Raúl. A Moreno\*\*

RESUMEN

La yuca se menciona a menudo como una fuente de carbohidratos transformables en combustible. Bajo este punto de vista, el balance energético (energía de salida/energía de entrada) del sistema de producción que se practique, es extremadamente importante.

En Turrialba, se calculó el balance energético de 10 sistemas de producción experimentales basados en yuca. Estos sistemas, además de su monocultivo, incluyen asociaciones de ésta con frijol común, con maíz y con camote en diversas combinaciones. Como entrada, se consideró la energía cultural compuesta por agroquímicos y mano de obra principalmente y como salida, la energía contenida en la parte alimenticia de los cultivos. El uso de mano de obra se ajustó, de acuerdo con datos reales.

El balance energético cultural disminuyó a medida que aumentaba el número de especies en el sistema, debido principalmente al incremento en el uso de fertilizantes aplicados. Aquellos sistemas cuya fertilización nitrogenada fue mayor, resultaron con menor balance.

En general, se registraron balances cuyo valor fluctuaba entre 4,0 y 8,6 GJ/ha/año. El menor balance corresponde a un sistema de producción integrado por yuca, frijol común, maíz y camote creciendo en asociación y el mayor a un sistema compuesto solo por yuca y frijol creciendo en asocio durante la fase de establecimiento de ésta.

\*Presentado en la XXVI Reunión Anual del PCCMCA, del 24 al 28 de marzo de 1980 en Guatemala, Guatemala.

\*\*CATIE, Turrialba, Costa Rica.



## INTRODUCCION

La yuca es un cultivo de importancia actual en regiones tropicales de América, pues integra la dieta de diversos grupos humanos. Sin embargo, su importancia potencial es mayor aún, al mencionársele frecuentemente como productora de carbohidratos transformables en combustible, a través de procedimientos industriales.

A pesar de que fotosintéticamente es una planta C-3, su crecimiento típicamente indeterminado, su habilidad para prosperar en suelos relativamente pobres y su tolerancia a la sequía, le permiten ser una planta muy eficiente transformando energía radiante en carbohidratos.

En América Central la yuca se cultiva en unidades pequeñas y medianas de producción, pues sus técnicas de cultivo son relativamente simples. Problemas de comercialización de las raíces frescas impiden por el momento que el cultivo se extienda e intensifique en el área centroamericana. Debido principalmente a esta inestabilidad del mercado, los agricultores localizados fuera de los centros de alto consumo, tienden a intercultivar la yuca para disminuir el riesgo económico involucrado en su producción.

El balance energético cultural (energía de entrada/energía de salida) resultante de la producción de un cultivo es un factor de suma importancia cuando, en último término, se pretende obtener energía a partir de sus productos.

Este trabajo se realizó con el propósito de cuantificar el balance energético de varios sistemas de producción basados en yuca que se cultivaron por cuatro años en condiciones experimentales en Turrialba, Costa Rica.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en Turrialba, Costa Rica. Según Budowsky y Schreuder (2) y Hardy (3) el clima de Turrialba es cálido y excesivamente lluvioso y húmedo.

La temperatura media mensual es de 22,3°C, la temperatura media mensual máxima de 27,1°C y la media mensual mínima de 16,9°C. La precipitación media anual es de 2682,5 mm y la media mensual es de 223,5 mm. La media mensual diaria de humedad relativa es de 87,7%. La precipitación media mensual está en relación directa con la humedad relativa e inversamente con la temperatura.

La evapotranspiración media anual (evaporígrafo de plato) es de 1392,6 mm. El promedio mensual de brillo solar es de 137,6 horas de sol y la media diaria de 4,5 horas de sol.

La estación seca comprende los meses de febrero, marzo y abril y en ella la evaporación excede la precipitación en 28,7 mm a razón de 9,6 mm por mes. En el resto del año (9 meses), las lluvias sobrepasan a la evaporación en 1318,6 mm., a un rango de 146,5 mm. por mes.

Los suelos del área corresponden a la serie instituto arcilloso fase normal. Son suelos aluviales de topografía plana o ligeramente ondulada, de drenaje pobre a imperfecto. Su textura es franco-arcillosa, ligeramente compactada y susceptible a encharcamiento. Químicamente son de fertilidad mediana a baja, con un pH igual a 5.2, bastante ácidos con alto contenido de materia orgánica y nitrógeno y un bajo contenido nutricional.

Los sistemas de producción probados se representan en la figura 1. Las especies, variedades, distancias y densidades de siembra de los cultivares usados, se resumen en el cuadro 1.

Estos sistemas de producción se probaron siempre en el mismo terreno, es decir, cualquiera sea el arreglo de los cultivos, el conjunto de componentes (plantas de una especie) del sistema siempre es, a su vez, componente de un sistema jerárquicamente superior (rotación).

Todas las labores necesarias se realizaron a mano, a fin de calcular la demanda de mano de obra. Se usaron agroquímicos solamente en forma de fertilizantes e insecticidas.

Para calcular la eficiencia en el uso de la energía proveniente de la mano de obra, los fertilizantes y los insecticidas, se usó como unidad el Joule (J), el Megajoule (MJ) y el Gigajoule (GJ) (100 Kcal = 4,187 MJ) 1 MJ =  $10^6$ J; 1 GJ =  $10^9$ J. Se ha tomado como promedio de que existen 80 MJ de energía  $\text{Kg}^{-1}$  de N; 14 MJ de energía por  $\text{P}_2\text{O}_5$   $\text{Kg}^{-1}$  y 9 MJ de energía por  $\text{K}_2\text{O}$   $\text{Kg}^{-1}$ . También se seleccionó en promedio la cantidad de 100 MJ de energía por Kg de insecticida clorado y se usó esta misma cantidad para cualquier tipo de

insecticida. Se seleccionó el factor 0,8 MJ de energía hora<sup>-1</sup> de trabajo manual, lo que corresponde a país templado, pues no se dispuso de datos para el trópico (5).

Para la energía de salida, solo se considera la parte alimenticia de cada especie cultivada aunque la yuca debería reducirse en un 15% que es lo que se deshecha antes de cocción. Se supone en este experimento que se deshecha un 9% de camote. Para el cálculo de la energía usada en la mano de obra, se ha usado la mano de obra experimental, es decir, incluyendo algunas labores que pueden no ser necesarias en la realidad. Además, se han agregado algunas funciones que no se consideran comúnmente a nivel experimental, tales como trilla de frijol, desgrane de maíz, ensacado de yuca y limpieza y ensacado de camote. Para estos últimos valores, se usaron datos reales.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En general, los valores de eficiencia energética de los sistemas probados, superan a la eficiencia de sistemas practicados en sociedades industrializadas (4) aunque son inferiores a ciertos sistemas que se practican en la India y China (5).

Los sistemas de producción probados en CATIE, son en términos de eficiencia, similares a los que practican agricultores de Guatemala, Nigeria y Filipinas. En el cuadro 2 se detallan algunos de los caracteres energéticos de los sistemas probados, que se pueden comparar con los sistemas que se incluyen en el cuadro 3 a manera de comparador.

A medida que aumenta el número de cultivos en el sistema, aparentemente se reduce la eficiencia energética cultural, tal como se representa en la figura 2. También a medida que aumenta la energía aplicada en forma de N, disminuye la eficiencia cultural energética de los sistemas. Es aparente que el uso de este elemento en sistemas policulturales basados en yuca, debe ajustarse de tal forma de no afectar el balance energético. En la figura 3 se observa la relación entre energía aplicada en forma de N y el balance energético.

## LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación - IICA-CTEI. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 138 p.

2. BUDOWSKY, G. y SCHREUDER, G.F. The climate of Turrialba. Interamerican Institute of Agricultural Sciences. Communications from Turrialba N° 68, 1961. 10 p.
3. HARDY, F. The soils of the IAIAS area. Turrialba. Interamerican Institute of Agricultural Sciences, 1961. 76 p. (mimeo).
4. HEICHEL, G.H. Comparative efficiency of energy use in crop production. Connecticut Agricultural Experiment Station. Bulletin N° 739. 1973. 25 p.
5. LEACH, G. Energy and food production. International Institute for Environment and Development. Londres. 137 p.

Cuadro 1. Especies, variedades, distancia y densidad de siembra de diferentes sistemas de cultivo probados en Turrialba, Costa Rica, desde 1974 hasta 1978.

Especies	Variedades	Distancia de siembra (m) Sobre la hilera	Entre hileras	Densidad plantas/ha
Frijoles ( <u>Phaseolus vulgaris</u> )	CATIE-1	0.5	x 0.2	100.000
Maíz ( <u>Zea mays</u> )	Tuxpeño	1.0	x 0.5	40.000
Camotes ( <u>Ipomoea batatas</u> )	C-15	0.5	x 0.4	50.000
Yuca ( <u>Manihot esculenta</u> )	Valencia	1.0	x 0.5	20.000

Cuadro 2.

SISTEMA 01

YUCA		YUCA												
		S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	
<b>ENTRADAS</b>		<b>HORAS/HOMBRE</b>											<b>CANTIDAD</b>	<b>GJ/ha-año</b>
Trabajo (0.8)		1,602.40											(kg)	1.28
Fertilizantes														
N (80)													112.5	9.00
P (14)													97.0	1.35
K (9)													173.0	1.55
Insecticidas														
Aldrin (100)													0.45	0.045
Otros (100)														
<b>TOTAL Entradas</b>														<u>13.23</u>
<b>SALIDAS</b>													16,829 (kg Y)	
<b>TOTAL Salidas</b>														<u>107.09</u>
<b>Balance Energético General</b>														8.09
(Parte alimenticia)														

Continúa.....

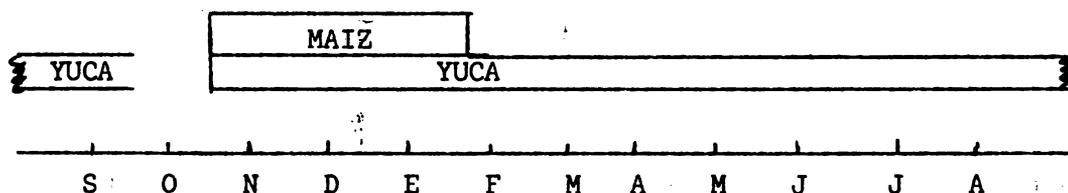
Continuación...

SISTEMA 02

		FRIJOL												
YUCA		YUCA												
		S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	
<b>ENTRADAS</b>		<b>HORAS/HOMBRE</b>											<b>CANTIDAD</b>	<b>GJ/ha-año</b>
													(kg)	
	Trabajo (0.8)	2,119.16												1.69
	<b>Fertilizante</b>													
	N (80)												124	9.52
	P (14)												97	1.35
	K (9)												57	0.51
	<b>Insecticidas</b>													
	Aldrin (100)												0.45	0.045
	Otros (100)												0.89	0.089
	<b>TOTAL Entradas</b>													<u>13.60</u>
	<b>SALIDAS</b>												15,230 (kg Y)	96.92
													1,448 (kg Y)	21.09
	<b>TOTAL Salidas</b>													<u>118.01</u>
	<b>Balance Energético General</b>													8.68
	(Parte alimenticia)													

Continuación....

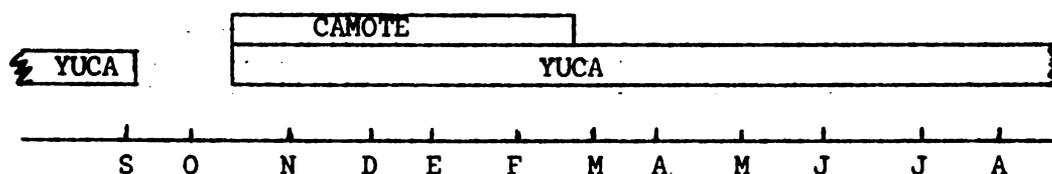
SISTEMA 03



ENTRADAS	HORAS/HOMBRE	CANTIDAD (kg)	GJ/ha-año
Trabajo	1,892.40		1.51
Fertilizantes			
N (80)		137	10.9
P (14)		97	1.3
K (9 )		57	0.51
Insecticidas			
Aldrin (100)		0.45	0.045
Otros (100)		1.32	0.13
<b>TOTAL Entradas</b>			<b>14.40</b>
SALIDAS		7,801 (kg Y)	49.64
		2,766 (kg Y)	
<b>TOTAL Salidas</b>			<b>89.47</b>
<b>Balance Energético General</b> (Parte alimenticia)			<b>6.21</b>

Continuación...

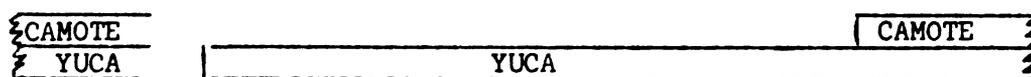
SISTEMA 04



ENTRADAS	HORAS/HOMBRE	CANTIDAD (kg)	GJ/ha-año
Trabajo (0.8)	2,098.06		1.6
Fertilizantes			
N (80)		135	10.8
P (14)		97	1.3
k ( 9)		173	1.5
Insecticidas			
Aldrin		0.45	0.045
Otros		1.66	0.166
<b>TOTAL Entradas</b>			<b><u>15.41</u></b>
SALIDAS			
		9,719 (kg Y)	61.85
		6,282 (kg C)	30.51
<b>TOTAL Salidas</b>			<b><u>92.36</u></b>
<b>Balance Energético General (Parte alimenticia)</b>			<b>5.99</b>

Continuación...

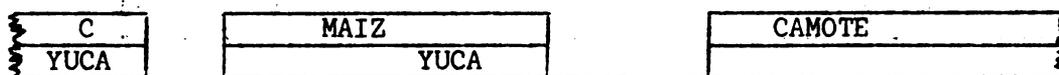
## SISTEMA 05



ENTRADAS	HORAS/HOMBRE	CANTIDAD (kg)	GJ/ha-año
Trabajo (0.8)	2289		1.8
Fertilizantes			
N (80)		131	10.4
P (14)		93	1.3
K ( 9)		174.2	1.5
Insecticidas			
Aldrin (100)		0.90	0.09
Otros (100)		1.00	0.1
TOTAL Entradas			15.19
SALIDAS			
		18.671 (kg Y)	118.82
		4.171 (kg C)	20.25
TOTAL Salidas			<u>139.07</u>
Balance Energético General (Parte alimenticia)			9.16

Continuación...

## SISTEMA 06

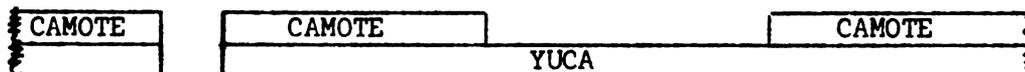


S O N D E F M A M J J A

ENTRADAS	HORAS/HOMBRE	CANTIDAD (kg)	GJ/ha-año
Trabajo (0.8)	2.948.00		2.3
Fertilizantes			
N (80)		224.4	17.9
P (14)		1102.0	1.4
K ( 9)		174.4	1.1
Insecticidas			
Aldrin (100)		0.95	0.09
Otros (100)		2.55	0.25
TOTAL Entradas			<u>23.04</u>
SALIDAS		11.497	73.16
		5.560	27.00
		3.496	16.97
TOTAL Salidas			<u>117.13</u>
Balance Energético General (Parte alimenticia)			5.08

Continuación...

SISTEMA 07



S O N D E F M A M J J A			
ENTRADAS	HORAS/HOMBRE	CANTIDAD (kg)	GJ/ha-año
Trabajo (0.8)	2.191.46		1.75
<b>Fertilizantes</b>			
N (80)		280	16.6
P (14)		124	1.73
K (9)		216	1.94
<b>Insecticidas</b>			
Aldrin (100)		0.9	0.09
Otros (100)		2.33	0.23
<b>TOTAL Entradas</b>			<b>22.34</b>
<b>SALIDAS</b>			
		8.648 (kg Y)	55.26
		3.475 (kg M)	50.05
		3.595 (kg C)	17.46
<b>TOTAL Salidas</b>			<b>122.77</b>
<b>Balance Energético General (Parte alimenticia)</b>			<b>5.50</b>

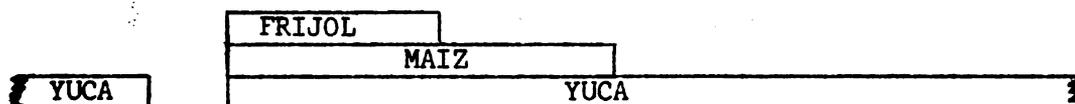
Continuación...

SISTEMA 08

		S O N D E F M A M J J A											
C		FRIJOL						CAMOTE					
YUCA		YUCA											
ENTRADAS		HORAS/HOMBRE				CANTIDAD				GJ/ha-año			
Trabajo (0.8)		2.87470				(kg)				2.2			
Fertilizantes													
N (80)						228				23.04			
P (14)						103				1.4			
K (9)						102				0.91			
Insecticidas													
Aldrin (100)						0.90				0.09			
Otros (100)						1.90				0.19			
TOTAL Entradas										<u>27.83</u>			
SALIDAS						18.570 (kg Y)				118.18			
						1.259 (kg F)				18.34			
						1.194 (kg C)				<u>9.29</u>			
TOTAL Salidas										<u>145.81</u>			
Balance Energético General										5.24			
(Parte alimenticia)													

Continuación...

## SISTEMA 09



S O N D E F M A M J J A			
ENTRADAS	HORAS/HOMBRE	CANTIDAD (kg)	GJ/ha-año
Trabajo (0.8)	1.973.5		1.5
Fertilizantes			
N (80)		228	18.24
P (14)		105	1.4
K ( 9)		84	0.75
Insecticidas			
Aldrin (100)		0.45	0.045
Otros (100)		1.89	0.18
<b>TOTAL Entradas</b>			<b>22.12</b>
SALIDAS			
		1.108 (kg Y)	70.56
		775 (kg F)	11.29
		2.911 (kg M)	41.92
<b>TOTAL Salidas</b>			<b>123.77</b>
<b>Balance Energético General</b> (Parte alimenticia)			<b>5.60</b>



Cuadro 3. Sistemas de producción de diferentes tipos y su eficiencia energética.

Sistema	Eficiencia Energética (GJ/ha-año)
Tribu Dodo, Uganda (granos, leche, carne)	5.0
Agricultura migratoria, Congo (yuca, arroz, banano)	65.0
Agricultura de subsistencia, India (arroz, leche, carne)	14.8
Maíz con bueyes y azada, Guatemala	13.6
Maíz con bueyes y algo de maquinaria, Guatemala	3.95
Maíz con bueyes y azada y fertilizantes, Nigeria	10.5
Arroz tecnificado en Filipinas <sup>a/</sup>	5.51
Arroz tecnificado en Surinam	1.21
Arroz tecnificado intenso USA <sup>b/</sup>	1.29
Maíz tecnificado USA	2.02
Arroz + hortalizas intenso Hong Kong	0.825
Yuca y yuca en asocio CATIE	9.16 - 4.00 <sup>c/</sup>

a/ Tecnificado = trabajo + combustible + maquinaria + fertilizantes + herbicidas + insecticidas, etc.

b/ Tecnificado intenso = anterior pero mayor cantidad por insumo

c/ Rango

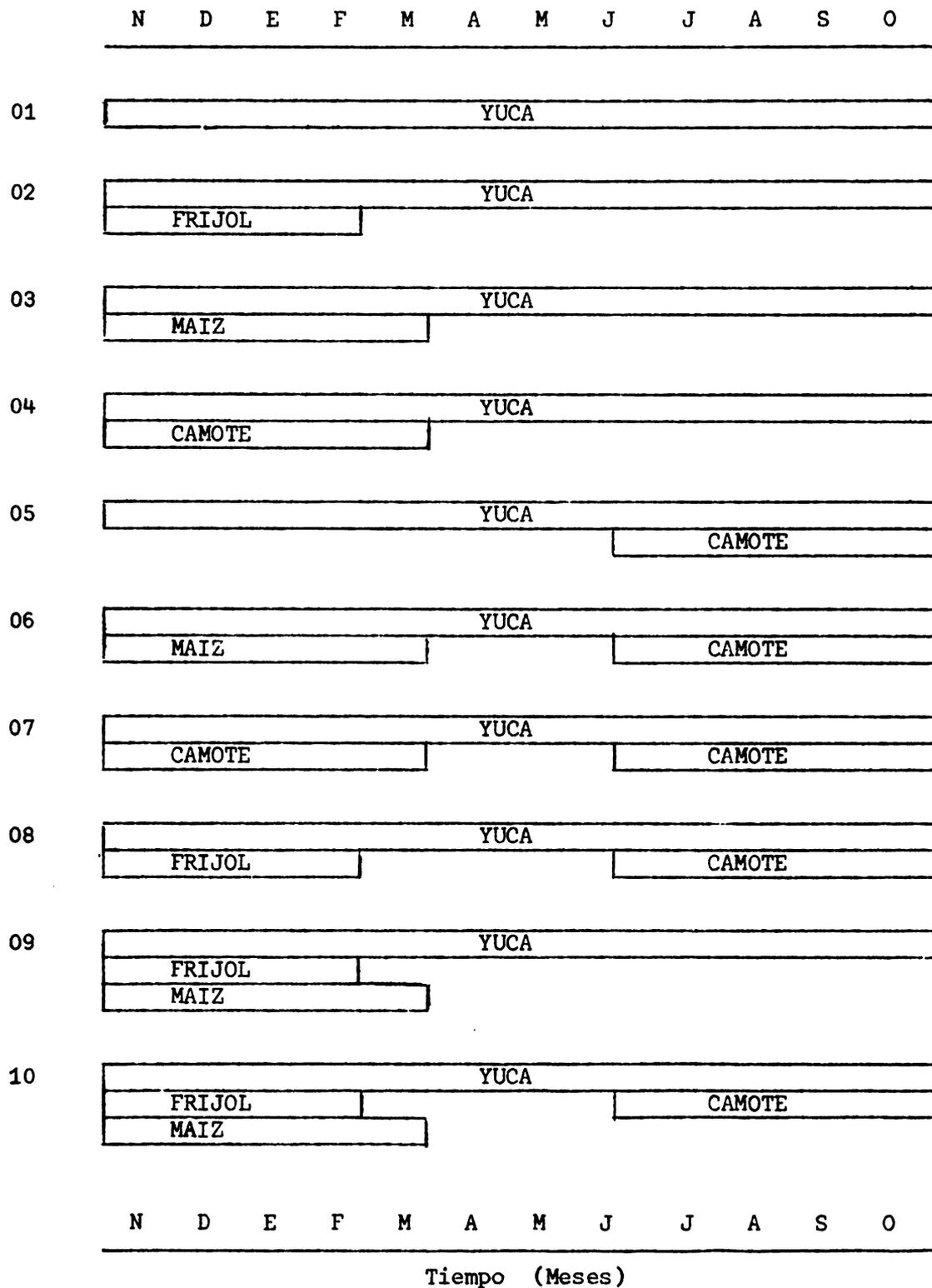


Fig. 1. Arreglo de cultivos probados en Turrialba 1974-1978