

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACION AGROECONOMICA DE DOS SISTEMAS DE
CULTIVOS ESTABLECIDOS CON CERO LABRANZA EN
TURRIALBA, COSTA RICA

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiarum

HUMBERTO TIRADO SANCHEZ

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Turrialba, Costa Rica

1979

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE,
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

JURADO:

Profesor Consejero

Gustavo Enríquez, Ph.D.

Miembro del Comité

Gerardo Budowski, Ph.D.

Miembro del Comité

Carlos Burgos, Ph.D.

Miembro del Comité

Myron Shenk, Mag. Sc.

Miembro del Comité

José Fargas, Ph.D.

Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales

Coordinador del Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

Humberto Tirado Sánchez
Candidato

DEDICATORIA

A mis queridos padres

A Xiomara Elena, mi esposa

A Javier Arturo, mi hijo

A mis hermanos

A Marielena

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar sus agradecimientos al Dr. Gustavo A. Enríquez, Consejero Principal y a los miembros de su Comité Consejero, Doctores José Fargas, Carlos Burgos, Myron Shenk y Gerardo Budowski, por el asesoramiento, estímulo y amistad que le brindaron.

A los Doctores Marcelino Avila y Luis Navarro por sus acertadas sugerencias.

Al Dr. Luis Carlos González, por su valiosa gestión al frente de la Coordinación del Programa de Posgrado.

A la Licenciada María José Galrao, por su amistad y por la revisión de las referencias bibliográficas.

A la señorita Flor Bastos, a la señora Carmen Martín de Acuña y demás secretarías del IICA y del CATIE, por la colaboración que gentilmente me prestaron.

A los señores James French y Gustavo López, por su colaboración y ayuda en el procesamiento de los datos.

Al Perito Agrónomo Arnoldo Barrantes y a los señores Luis Guillermo Salazar, Luis Torres, José Mata, Martín Mata y el personal obrero del campo experimental "La Montaña", por la oportuna colaboración prestada.

A los compañeros de la promoción 77-79, 78-80 y 79-81, por la amistad que me brindaron.

A mi esposa Xiomara, por su comprensión, paciencia y estímulo durante mis estudios.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Venezuela, a la Universidad de Costa Rica y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), porque me dieron la oportunidad de efectuar mis estudios de posgrado.

BIOGRAFIA

El autor nació en Caripito, Estado Monagas, Venezuela, en el año 1950.

Egresó como Bachiller en Ciencias del Liceo "Miguel José Sanz" de la ciudad de Maturín, Venezuela, en el año 1967.

Sus estudios universitarios los efectuó en la Universidad de Oriente en Venezuela, graduándose de Ingeniero Agrónomo, en 1973.

En 1974 se desempeñó durante tres meses como Coordinador de Desarrollo Agrícola en el Instituto Agrario Nacional, en la ciudad de Maturín. Posteriormente, hasta febrero de 1975, se dedicó a la siembra de sorgo y maní, como productor independiente.

Desde febrero de 1975 hasta julio de 1977, trabajó como Jefe del campo experimental y Profesor a dedicación exclusiva de la cátedra de Cereales y Leguminosas en el Instituto Universitario Pedagógico Experimental de Maturín.

En julio de 1977, ingresó al Programa de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), mediante una beca del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (COMICIT) de Venezuela, graduándose de Magister Scientiae en agosto de 1979.

CONTENIDO

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| RESUMEN | viii |
| SUMMARY | ix |
| LISTA DE CUADROS | x |
| LISTA DE FIGURAS | xy |
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. REVISION DE LITERATURA | 4 |
| 2.1 La técnica de cero labranza | 4 |
| 2.1.1 Efecto de la cero labranza en el rendimiento de los cultivos | 4 |
| 2.1.2 Efecto de la cero labranza sobre las características físicas del suelo | 5 |
| 2.1.3 Efecto de la cero labranza sobre las características químicas del suelo | 10 |
| 2.2 Los cultivos frijol, maíz y camote como componentes de sistemas de cultivos múltiples | 12 |
| 2.3 Consideraciones económicas de sistemas de producción de cultivos | 17 |
| 3. MATERIALES Y METODOS | 21 |
| 3.1 Localización del área experimental | 21 |
| 3.2 Condiciones del trabajo | 21 |
| 3.2.1 Antecedentes del área experimental | 21 |
| 3.2.2 Especies y cultivares utilizados | 21 |
| 3.3 Tratamientos | 23 |
| 3.3.1 Sistemas de cultivos | 23 |
| 3.3.2 Manejo del suelo | 24 |
| 3.3.3 Niveles de fertilización | 26 |
| 3.4 Establecimiento de los cultivos | 27 |
| 3.5 Medidas fitosanitarias | 30 |
| 3.6 Condiciones bajo las cuales se desarrollaron los cultivos | 30 |
| 3.7 Aplicación de herbicidas | 33 |
| 3.8 Prácticas culturales | 34 |
| 3.9 Recolección de información | 35 |
| 3.9.1 Rendimiento | 35 |
| 3.9.2 Producción de biomasa aérea por cultivo | 36 |
| 3.9.3 Características químicas del suelo | 37 |
| 3.9.4 Características físicas del suelo | 38 |
| 3.9.5 Producción de proteínas, carbohidratos y energía alimenticia por sistema de producción | 40 |
| 3.9.6 Composición final de la población de malezas | 41 |
| 3.9.7 Evaluación de daños ocasionados por la pudrición de la mazorca en el maíz causada por <u>Diplodia</u> sp. | 42 |
| 3.9.8 Consideraciones económicas | 43 |
| 3.10 Diseño experimental y análisis de la información | 48 |
| 3.10.1 Análisis de la variancia de los rendimientos de los cultivos asociados | 48 |
| 3.10.2 Análisis de la variancia de las mediciones tomadas en el maíz en monocultivo y de los datos diferentes a los rendimientos tomados en el frijol asociado | 51 |
| 3.10.3 Análisis de la variancia de las variables biológicas medidas en el maíz y el camote sembrados en asociación | 51 |
| 3.10.4 Análisis económico | 51 |
| 4. RESULTADOS | 52 |
| 4.1 Rendimiento de los cultivos | 52 |
| 4.1.1 Primera época de siembra. Cultivos asociados | 52 |
| 4.1.2 Segunda época de siembra. Maíz en monocultivo | 54 |

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 4.1.3 Tercera época de siembra. Cultivos asociados | 57 |
| 4.2 Variables biológicas medidas por cultivo | 60 |
| 4.2.1 Maíz en monocultivo. Segunda época de siembra | 60 |
| 4.2.2 Maíz en asociación. Primera y tercera época de siembra | 64 |
| 4.2.3 Frijol. Primera y tercera época de siembra | 67 |
| 4.2.4 Camote. Primera y tercera época de siembra | 68 |
| 4.3 Producción de proteínas, carbohidratos, energía alimenticia y biomasa aérea por sistema de producción | 69 |
| 4.3.1 Proteínas | 70 |
| 4.3.2 Carbohidratos | 71 |
| 4.3.3 Energía alimenticia | 71 |
| 4.3.4 Biomasa aérea | 71 |
| 4.4 Características físicas del suelo | 72 |
| 4.4.1 Densidad aparente | 72 |
| 4.4.2 Resistencia a la penetración | 74 |
| 4.5 Cambios en las características químicas del suelo | 75 |
| 4.5.1 Reacción del suelo (pH) | 76 |
| 4.5.2 Acidez extraíble | 76 |
| 4.5.3 Materia orgánica | 76 |
| 4.5.4 Calcio | 76 |
| 4.5.5 Magnesio | 78 |
| 4.5.6 Potasio | 78 |
| 4.5.7 Fósforo | 78 |
| 4.5.8 Nitrógeno | 78 |
| 4.5.9 Carbono | 79 |
| 4.5.10 Relación carbono-nitrógeno (C/N) | 79 |
| 4.6 Cobertura y composición de las malezas predominantes luego de tres siembras consecutivas | 79 |
| 4.7 Consideraciones económicas | 81 |
| 4.7.1 Eficiencia económica de los sistemas de producción | 81 |
| 4.7.2 Comparación de los niveles de fertilización utilizados | 83 |
| 4.7.3 Impacto de los sistemas de cultivos y los métodos de manejo del suelo sobre la demanda de mano de obra | 85 |
| 4.7.4 Impacto de los sistemas de producción económicamente superiores sobre el flujo de ingresos y gastos en efectivo durante el período de permanencia de los sistemas de cultivos en el campo .. | 85 |
| 5. DISCUSION | 90 |
| 5.1 Rendimientos | 90 |
| 5.1.1 Maíz en monocultivo. Segunda época de siembra | 90 |
| 5.1.2 Asociación frijol más maíz. Primera y tercera época | 91 |
| 5.1.3 Asociación frijol más camote. Primera y tercera época | 94 |
| 5.2 Producción de proteínas, carbohidratos, energía asimilable y biomasa aérea por sistema de producción | 99 |
| 5.2.1 Proteínas | 99 |
| 5.2.2 Carbohidratos | 100 |
| 5.2.3 Energía alimenticia | 100 |
| 5.2.4 Biomasa aérea | 101 |
| 5.3 Características físicas del suelo | 102 |
| 5.3.1 Densidad aparente | 102 |
| 5.3.2 Resistencia a la penetración del suelo | 103 |
| 5.4 Características químicas del suelo | 104 |
| 5.5 Cobertura y tipo de malezas al final del ensayo | 106 |
| 5.6 Consideraciones económicas | 110 |
| 5.6.1 Eficiencia económica de los sistemas de producción | 110 |
| 5.6.2 Demanda de mano de obra | 113 |
| 5.6.3 Ingresos y gastos en efectivo | 114 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 115 |
| 7. LITERATURA CITADA | 119 |
| 8. APENDICE | 126 |

RESUMEN

Debido a la serie de ventajas que se le han atribuido a la cero labranza como método de manejo del suelo antes de la siembra, se realizó el presente trabajo con el objetivo general siguiente: Evaluar el efecto de la cero labranza sobre el rendimiento, la rentabilidad y la demanda de mano de obra de los sistemas de cultivos maíz seguido de la asociación frijol más maíz y maíz seguido de la asociación frijol más camote, establecidos bajo dos niveles de fertilización; así mismo, como su efecto sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

Se utilizaron dos métodos de manejo del suelo: cero labranza y labranza. Los niveles de fertilización empleados fueron: a) Para el sistema maíz-frijol más maíz: 125 - 75 - 50 kg/ha ($N - P_{2O_5} - K_2O$) como nivel bajo, y 250 - 120 - 100 kg/ha como nivel alto. b) Para el sistema maíz-frijol más camote: 125 - 75 - 75 kg/ha ($N - P_{2O_5} - K_2O$) como nivel bajo, y 250 - 120 - 150 kg/ha como nivel alto.

Con cero labranza se obtuvieron mayores o iguales rendimientos que con labranza en los dos sistemas de cultivos. La presencia de residuos de vegetación sobre la superficie del suelo es indispensable para asegurar el éxito de esta práctica. Con el uso de niveles bajos de fertilización con cero labranza se obtuvieron los rendimientos más bajos. Con el nivel alto de fertilización se obtuvieron producciones más altas que con el bajo en el sistema maíz-frijol más maíz, pero cuando se utilizó en el sistema maíz-frijol más camote, tanto el maíz como el frijol respondieron con mayor producción; sin embargo, el camote produjo menores rendimientos que cuando se usó el nivel bajo de fertilización. Aparentemente las dosis altas utilizadas afectaron al camote.

La densidad aparente del suelo fue menos o igualmente afectada con cero labranza en relación a la labranza. La resistencia a la penetración del suelo fue afectada por igual con los dos métodos de manejo utilizados.

Cero labranza con alta o baja fertilización aparentemente permite incrementar la materia orgánica a corto plazo en mayor grado que con el uso de labranza. Las cantidades de fósforo, calcio y magnesio residual, a la profundidad de 0 a 10 cm no fueron afectadas por los métodos de manejo del suelo. Por el contrario, las cantidades de potasio residual fueron más altas cuando se utilizó cero labranza. El pH y la acidez extraíble del suelo fueron similares con ambos tipos de manejo.

El sistema de producción que resultó económicamente más conveniente fue el que tuvo como componentes al sistema de cultivos maíz-frijol+camote, nivel alto de fertilización y cero labranza.

El sistema de cultivos maíz-frijol más camote resultó ser más exigente en mano de obra en comparación con el sistema maíz-frijol más maíz. Lo mismo sucedió con cero labranza en relación con la labranza.

SUMMARY

In view of the advantages that have been attributed to zero tillage as a method of soil management before planting, the present work was carried out with the following general objectives: a) to evaluate the effect of zero tillage on yield, income and labor demand for the cropping system corn followed by the association beans and corn and for corn followed by the association beans and sweet potatoes, both established under two levels of fertilization; b) to evaluate the effect of zero tillage on some physical and chemical properties of the soil.

Two methods of soil management were used: zero tillage and tillage. The two levels of fertilization employed were: a) for the system corn-beans plus corn, 125 - 75 - 50 kg/ha (N - P_2O_5 - K_2O) as low level and 250 - 120 - 100 kg/ha as high level; b) for the system corn-beans plus sweet potatoes, 125 - 75 - 75 kg/ha as high level.

Higher or equal yields were obtained with zero tillage than with tillage in both cropping systems. The presence of residual vegetation over the surface of the soil seems indispensable to assure the success of this practice, with the use of low level fertilization, lower yields were obtained with zero tillage than with tillage. In the system corn-beans plus corn, higher yields were obtained with the high level of fertilization than with a low level. When a high level of fertilization was used in the system corn-beans plus sweet potatoes, corn as well as beans responded with a higher production. However, sweet potato produced lower yields than when the low level of fertilization was used.

The apparent density of the soil was affected less or equally with zero tillage than with tillage. Soil penetration resistance was affected equally by the two methods of management used.

Zero tillage with high or low fertilization apparently permits increase in organic matter in the short-term, to a higher degree than does tillage. The quantities of residual phosphorus, calcium and magnesium at 0-10 cm depth were not affected by the method of soil management. Conversely, the quantity of residual potassium was higher when zero tillage was used. The soil pH and extractable acidity were similar with both types of management.

The production system which resulted economically more desirable was that which combined the cropping system, corn-beans plus sweet potatoes, with high fertilization and zero tillage.

The corn-beans plus sweet potatoes cropping system required more labor use than the corn-beans plus corn cropping system. The same occurred with zero tillage in relation to tillage.

LISTA DE CUADROS

TEXTO

| <u>Cuadro No.</u> | | <u>Página</u> |
|-------------------|--|---------------|
| 1 | Características de posición geográfica, clima y suelo de la zona de Turrialba, donde se realizó el experimento | 22 |
| 2 | Sistemas de cultivos, densidad y distancias de siembra | 24 |
| 3 | Información sobre aplicación de fertilizantes en los dos sistemas de cultivos | 28 |
| 4 | Contenido aproximado (%) de proteínas, carbohidratos, grasas y energía alimenticia (Mcal/Tm) de la materia seca en la porción alimenticia de los productos cosechados en el experimento | 41 |
| 5 | Rendimientos promedios (kg/ha) correspondiente a los cultivos maíz, frijol y camote, obtenidos durante las tres épocas de siembra | 53 |
| 6 | Promedio de los rendimientos (kg/ha) de maíz en monocultivo mostrando el efecto de los factores estudiados, segunda época de siembra | 54 |
| 7 | Promedio de los rendimientos (kg/ha) de los cultivos en asocio mostrando el efecto de los factores estudiados | 58 |
| 8 | Datos biológicos de los cultivos establecidos durante la segunda y tercera época de siembra | 63 |
| 9 | Datos biológicos de los cultivos establecidos durante la primera época de siembra | 65 |
| 10 | Efecto de los factores estudiados sobre la producción de proteínas, carbohidratos, energía alimenticia y biomasa total por sistema por período de permanencia de los sistemas de cultivos en el campo .. | 70 |
| 11 | Valores promedios (g/cm^3) de las diferencias de la densidad aparente del suelo medidas en la segunda y tercera época de siembra (segunda-tercera) a la profundidad de 0 a 5 cm, mostrando el efecto de los factores estudiados | 73 |

| <u>Cuadro No.</u> (continuación) | <u>Página</u> | |
|----------------------------------|---|-----|
| 12 | Valores promedios (Bares) de las diferencias de la resistencia a la penetración del suelo medida en la segunda y tercera época de siembra (Tercera época-Segunda época) mostrando el efecto de los factores estudiados | 75 |
| 13 | Promedio de las diferencias entre los valores de las determinaciones químicas del suelo, realizadas al inicio y al final del ensayo | 77 |
| 14 | Cobertura (%) y composición de la vegetación predominante luego de tres siembras consecutivas de los cultivos maíz, frijol y camote incluidos como componentes de dos sistemas establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo y dos niveles de fertilización | 80 |
| 15 | Indicadores de la eficiencia económica de los ocho sistemas de producción | 82 |
| 16 | Comparación de dos niveles de fertilización utilizados en dos sistemas de cultivos establecidos con dos métodos de manejo de suelos | 84 |
| APENDICE | | |
| 1A | Condiciones climáticas que rigieron durante el período de investigación (diciembre 1977-mayo 1979). Datos tomados en la estación meteorológica del CATIE, Turrialba, Costa Rica | 127 |
| 2A | Resultados del análisis bivariado de los rendimientos correspondientes a los sistemas de cultivos asociados. Valores de F y significancia | 128 |
| 3A | Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficientes de variación de los rendimientos de granos y otras variables biológicas estudiadas durante la segunda época de siembra en el cultivo de maíz | 129 |
| 4A | Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficiente de variación de las variables biológicas estudiadas durante la primera y tercera época de siembra en el cultivo del frijol | 130 |
| 5A | Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficiente de variación de las variables biológicas, medidas durante la primera época de siembra en los cultivos de maíz y camote | 131 |

| <u>Cuadro No.</u> (Apéndice) | <u>Página</u> |
|------------------------------|---|
| 6A | Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficientes de variación de las variables biológicas estudiadas durante la tercera época de siembra en los cultivos maíz y camote 132 |
| 7A | Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficientes de variación de los rendimientos de proteína, carbohidratos, energía alimenticia y biomasa aérea obtenidos durante el período de permanencia de los sistemas de cultivos en el campo 133 |
| 8A | Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficientes de variación de los valores promedios de la densidad aparente del suelo 134 |
| 9A | Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficientes de variación de los valores promedios de la resistencia a la penetración del suelo 135 |
| 10A | Cuadrados medios, significancia y coeficientes de variación para las diferencias entre los resultados de los análisis químicos del suelo al inicio y al final del ensayo 136 |
| 11A | Pruebas de Duncan para comparación de promedios de rendimientos de maíz (kg/ha) afectados por el efecto combinado de sistemas de cultivos con métodos de manejo del suelo. Segunda época de siembra 137 |
| 12A | Prueba de Duncan para comparación de los promedios del número de mazorcas por planta de maíz afectadas por el efecto combinado de los niveles de fertilización y los métodos de manejo del suelo. Primera época de siembra 137 |
| 13A | Prueba de Duncan para comparación de los promedios de rendimiento de biomasa aérea (kg/ha) de camote afectados por el efecto combinado de los niveles de fertilización y los métodos de manejo del suelo. Tercera época de siembra 138 |
| 14A | Prueba de Duncan para comparación de medias de las diferencias de la densidad aparente (g/cm ³) mostrando el efecto combinado de niveles de fertilización y métodos de manejo del suelo, a la profundidad de 0 - 5 cm 138 |

| <u>Cuadro No.</u> (Apéndice) | <u>Página</u> |
|------------------------------|--|
| 15A | Prueba de Duncan para comparación de los promedios de las diferencias del nitrógeno residual (%) obtenido al inicio y al final del ensayo por efecto combinado de los métodos de manejo del suelo con sistemas de cultivos 139 |
| 16A | Producción promedio de proteína, carbohidratos, energía alimenticia y biomasa aérea de los ocho sistemas de producción 140 |
| 17A | Valores promedios de la densidad aparente (g/cm ³) del suelo y sus diferencias entre épocas medidas durante la segunda y tercera época de siembra 141 |
| 18A | Valores promedios de la resistencia a la penetración del suelo (Bares) y sus diferencias entre épocas medidas durante la segunda y tercera época de siembra 142 |
| 19A | Características químicas iniciales y finales del suelo de 0-10 cm de profundidad 143 |
| 20A | Sistema de cultivos maíz-frijol+maíz: descripción mensual de actividades, uso de mano de obra, alquiler de maquinaria e insumos comerciales utilizados (calculados para una hectárea) 144 |
| 21A | Sistema de cultivos maíz-frijol+camote: descripción mensual de actividades y uso de mano de obra, alquiler de maquinaria e insumos comerciales utilizados (calculados para una hectárea) 145 |
| 22A | Desglose de costos de los ocho sistemas de producción, Turrialba, 1979 (¢ C.R./ha) 146 |
| 23A | Distribución mensual de los ingresos y gastos para los sistemas de cultivos establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo, Turrialba, 1979 (¢ C.R./ha) 147 |
| 24A | Precios de factores de producción y de productos, utilizados en la evaluación económica de los sistemas de producción, mercado de Turrialba, 1979 (¢ C.R.) 148 |

| <u>Cuadro No.</u> (Apéndice) | <u>Página</u> |
|------------------------------|---|
| 25A | Distribución mensual del uso de la mano de obra (jornales) para los sistemas M-F+M y M-F+C establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo 149 |
| 26A | Promedio (\bar{X}) y desviación media (DM) de los valores de ingresos, gastos y jornales correspondientes a los sistemas de cultivos establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo 150 |
| 27A | Suma de los cuadrados y productos de los rendimientos obtenidos en la primera época de la siembra 151 |
| 28A | Sumas de cuadrados y productos de los rendimientos obtenidos durante la tercera época de siembra 152 |
| 29A | Sumas de cuadrados y productos de los valores de los rendimientos transformados, obtenidos en la primera época de siembra 153 |
| 30A | Sumas de cuadrados y productos de los valores de los rendimientos transformados, obtenidos en la tercera época de siembra 154 |
| 31A | Promedios de los datos de rendimientos transformados, correspondientes a los cultivos maíz, frijol y camote sembrados en asociación 155 |
| 32A | Promedios de los datos de rendimientos transformados, correspondientes a los cultivos maíz, frijol y camote. Se muestra el efecto de los métodos de manejo del suelo y niveles de fertilización 156 |

LISTA DE FIGURAS

| <u>Figura No.</u> | | <u>Página</u> |
|-------------------|--|---------------|
| 1 | Simbología y representación de los sistemas estudiados y arreglo en el tiempo y el espacio de los cultivos que los integran | 25 |
| 2 | Balance hídrico atmosférico del período durante el cual estuvieron establecidos los cultivos (diciembre 1977 - mayo 1979). Datos provenientes del Cuadro 1A | 31 |
| 3 | Efecto de los factores estudiados sobre los rendimientos de los cultivos frijol y maíz asociados. Primera época de siembra | 55 |
| 4 | Efecto de los niveles de fertilización y de los métodos de manejo del suelo sobre los rendimientos de los cultivos camote y frijol. Primera época de siembra | 56 |
| 5 | Efecto de los factores estudiados sobre los rendimientos de los cultivos maíz y frijol asociados. Tercera época de siembra | 59 |
| 6 | Efecto de los factores estudiados sobre los rendimientos de los cultivos camote y frijol asociados. Tercera época de siembra | 61 |
| 7 | Distribución mensual de la demanda de mano de obra para los sistemas de cultivos establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo | 86 |
| 8 | Distribución mensual de los ingresos y gastos en efectivo para los sistemas de cultivos establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo | 87 |

1. INTRODUCCION

Investigaciones realizadas bajo diferentes condiciones ecológicas, han demostrado que con el uso de la técnica de cero labranza es posible mantener producciones aceptables de cultivos anuales o perennes bajo monocultura a menor costo y, además, conservar las condiciones químicas, físicas y biológicas de los suelos. Cero labranza consiste en sembrar los cultivos directamente sobre el suelo cubierto de residuos de vegetación, que ha sido previamente tratada con herbicidas, sin utilizar la preparación mecánica. La cero labranza, para ciertas condiciones de suelo, puede ser el límite extremo de la mínima labranza, técnica basada en la menor manipulación posible del suelo para obtener una satisfactoria siembra, germinación, población, crecimiento y rendimiento de un cultivo.

La metodología de preparar el terreno para la siembra sin utilizar la preparación mecánica ha sido de uso común por los pequeños productores agrícolas en Latinoamérica. Estos agricultores, cuyas principales características son las de poseer un alto grado de restricción de recursos, un bajo nivel de rentabilidad y por consiguiente un bajo nivel de vida, trabajan aproximadamente el 80 por ciento de las fincas en Guatemala, el 85 por ciento en El Salvador, el 60 por ciento en Honduras, el 43 por ciento en Nicaragua y el 46 por ciento en Costa Rica; sin embargo, poco es lo que se ha investigado respecto a las ventajas o desventajas de la cero labranza cuando se incluye como componente de los diversos sistemas de producción de cultivos^{1/} practicados por

^{1/} Sistema de producción de cultivos: se define como el conjunto de acciones que se realizan, instrumentos y materiales que se emplean (manejo) con el propósito de que un cultivo o un conjunto de ellos (arreglo de los cultivos) transforme ciertos recursos, de un ambiente determinado, en productos para satisfacer una necesidad (15).

dichos agricultores.

La mayor parte de los resultados obtenidos con el uso de cero labranza provienen de ensayos realizados con maíz sembrado en monocultivo, como sistema indicador. Estos resultados no pueden ser extrapolados a los sistemas de cultivos múltiples comúnmente empleados por el pequeño productor, sin conocer de antemano los efectos de esta técnica sobre dichos sistemas.

De las investigaciones realizadas con el uso de la cero labranza han surgido opiniones contradictorias en cuanto al incremento de la compactación del suelo, es decir, disminución de la porosidad del suelo, así como también incógnitas referentes al desempeño bajo esta práctica, de los distintos sistemas de cultivos utilizados por el pequeño agricultor en distintos medios ambientes.

Basados en lo expuesto, se consideró de importancia práctica realizar el presente trabajo el cual se inició en diciembre de 1977 y se concluyó en mayo de 1979, en el campo experimental "La Montaña" del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Sus objetivos fueron:

1. Evaluar el efecto de la cero labranza sobre el rendimiento y otros parámetros agronómicos del maíz, frijol y camote, incluidos como componentes de dos sistemas de cultivos establecidos bajo dos niveles de fertilización.
2. Evaluar el efecto de la cero labranza sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo correspondiente al área donde se establecieron los cultivos.

3. Determinar a nivel de agroecosistema^{2/} el sistema de producción de cultivos más beneficioso en términos de:
- a. Beneficio y costo.
 - b. Demanda de mano de obra e ingresos y gastos en efectivo.
 - c. Producción de proteínas, carbohidratos y energía alimenticia.

^{2/} Agroecosistema: es un subsistema de un sistema de finca. Un agroecosistema es un ecosistema que cuenta por lo menos con una población con valor agrícola (35).

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 La técnica de cero labranza

Con el nombre de cero labranza se designa a un procedimiento por medio del cual el cultivo es sembrado directamente sobre el suelo cubierto de residuos de cultivos que han sido previamente tratados con herbicidas, sin utilizar la preparación mecánica. La alteración del suelo es limitada a la requerida por la siembra propiamente dicha (38). Se ha sugerido que esta definición debe tomarse como válida para agricultores que practican agricultura comercial pero no para el pequeño productor quien utiliza cero labranza sin aplicar herbicidas; en sustitución de éstos emplea el combate manual de las malezas con herramientas como el machete^{1/}.

2.1.1 Efecto de la cero labranza en el rendimiento de los cultivos

Se ha demostrado que los rendimientos de algunos cultivos como el maíz (38, 39, 41), la soya (10, 30, 54) y el frijol (19, 81) son generalmente iguales o superiores cuando se establecen usando la técnica de cero labranza que cuando se utiliza la preparación tradicional del suelo.

Por otro lado, Burity (19), trabajando en un suelo de textura arcillosa, encontró que los rendimientos de raíces de yuca fueron superiores cuando se usó la labranza mecanizada que cuando se usó la cero labranza. En cambio, con el rendimiento del frijol sembrado en asociación con la yuca sucedió lo contrario. Kupers y Ellen (40) encontraron,

^{1/} Myron Shenk. Comunicación personal. Turrialba, CATIE.

en ensayos realizados con remolacha azucarera, resultados similares a los encontrados por Burity (19) con la yuca. Burity (19) afirma que la labranza mecánica acondiciona un mejor ambiente para el desarrollo de las raíces de reserva de la yuca en la condición del suelo de textura arcillosa.,

Varios investigadores (41, 44, 79) han concluido que los mayores rendimientos obtenidos bajo el sistema de cero labranza se han debido a la mayor conservación de la humedad del suelo, sobre todo durante las épocas del año cuando la humedad se redujo a su nivel más crítico. Lal (41) afirma que la técnica de cero labranza, sin tener residuos de cultivos sobre la superficie del suelo, no es eficiente.

2.1.2 Efecto de la cero labranza sobre las características físicas del suelo

En general, la roturación inicial de los suelos tropicales que, en condiciones naturales, muestran cierta compactación, desarrolla la porosidad e incrementa la actividad biológica, con lo que en los primeros 2 a 3 años se obtienen a menudo buenos rendimientos. Sin embargo, en años subsiguientes el nivel de materia orgánica desciende drásticamente, con una baja en la relación C/N, en la estabilidad estructural, y en la misma actividad biológica del suelo superficial (65).

Por otra parte, Mohr, citado por Hardy (34), reporta que a temperaturas mayores de 25°C, y en presencia de suficiente humedad y aire en el suelo, la materia orgánica se descompone más rápido que la que se acumula. Por el contrario, con temperaturas más bajas que 25°C la tasa de acumulación es mayor que la tasa de descomposición. Un

suelo sin vegetación, por causa de la acción del labrado, se secará de la superficie hacia abajo rápidamente, debido a que la superficie, por ser oscura y tener una baja reflexión, se calienta por la radiación solar a temperaturas que pueden exceder los 55°C en el trópico (34).

Los residuos de cultivos sobre la superficie del suelo (mantillo o mulch) evitan que el suelo se seque tan rápido, en comparación con un suelo sin vegetación o sin residuos de ésta, porque dicho mantillo refleja una gran parte de la energía solar, debido a su color relativamente claro, por lo cual dicha superficie permanece bajo la influencia aislante del material suelto (34). La práctica continua de la cero labranza proporciona este mantillo, lo cual ayuda a explicar la mayor cantidad de materia orgánica residual en suelos bajo cultivo donde se ha utilizado dicha práctica, en comparación con la labranza mecánica. Estos resultados se han encontrado tanto en ensayos realizados en zonas templadas (12, 56) como en zonas tropicales (44).

Martin y Waksman (52) explican la relación de la materia orgánica con la estructura del suelo de la siguiente manera: cuando los residuos de cultivos o malezas son añadidos al suelo, la población microbiana se pone en acción, de lo cual resulta una destrucción rápida de los materiales orgánicos. Varios hongos y actinomicetos producen una red de micelio que penetra en la masa del suelo y tiende a mantener unidas las partículas que lo componen. Las bacterias producen mucílago y gomas que tienden a cementar dichas partículas. Una gran variedad de productos de la descomposición y componentes sintetizados, producidos por los microorganismos, interactúan química y físicamente con las partículas inorgánicas del suelo, de lo cual resulta un incremento

en la agregación de los mismos.

«El impacto de gotas de lluvias intensas sobre el suelo desnudo provoca una destrucción de los agregados, separación de material fino y formación de costras. Por este efecto, las tasas de infiltración pueden descender desde 5-10 cm/hora hasta valores inferiores de 2-5 mm/hora. Con ello aumenta la pérdida de agua por escorrentía y los peligros de erosión. Esto provoca el arrastre y pérdida de materiales finos (arcilla, limo, humus) de la superficie del suelo y descensos en la capacidad de retención de nutrimentos y agua útil (65). Ensayos realizados (11, 39) han demostrado que con la utilización de la técnica de cero labranza, y por la consiguiente presencia de mantillo, la humedad presente en el suelo y la tasa de infiltración fue más elevada que cuando se utilizó la labranza convencional.

Naturalmente pueden presentarse en el terreno capas compactadas no originadas por el manejo del suelo. El uso de prácticas de labranza pueden originar capas compactadas, principalmente en suelos francos o francoarenosos que han sido cultivados seguidamente. El uso impropio o excesivo de maquinaria, como por ejemplo la rastra de discos, puede reducir el tamaño de los agregados de la superficie del suelo excesivamente, incrementar la susceptibilidad a la presencia de costras y compactar el subsuelo inmediatamente debajo de la superficie labrada (68). La compactación reduce grandemente los espacios porosos y el tamaño de los poros o secciona el área de los poros. Esto ocurre en forma más tangible en suelos húmedos y en suelos con estructura quebradiza privados de materia orgánica. Los suelos compactados, con baja infiltración, permiten en mayor grado la escorrentía superficial del

agua y son muy susceptibles a la erosión (33).

Gavande (32) afirma que la compactación del suelo puede tener efectos adversos en las plantas que crecen en él, de estas dos maneras:

- Por aumentar el impedimento mecánico al crecimiento de las raíces.
- Por alterar la extensión y la configuración del espacio poroso.

La resistencia a la penetración de las raíces, la densidad aparente y la porosidad total del suelo son medidas utilizadas como indicadores del estado de compactación del suelo.

Si los suelos son muy compactos, las raíces no penetran en absoluto. Esto lo demostraron Veihmeyer y Hendrickson (80), quienes hallaron que existía una densidad aparente máxima del suelo, por encima de la cual las raíces no penetraban. No era la misma para todos los suelos estudiados por ellos, sino que variaba alrededor de $1,75 \text{ g/cm}^3$ en arenas, hasta aproximadamente $1,46 \text{ g/cm}^3$ en arcillas. Taylor y Gardner (77) evidenciaron que la densidad aparente crítica a la cual las raíces no penetran depende del contenido de humedad que exista en el suelo. Es decir, para cada contenido de humedad en el suelo correspondería una densidad aparente crítica. Estos autores encontraron que la resistencia a la penetración, medida con un penetrómetro estático, aumentó cuando se incrementó la densidad aparente o la succión de agua en el suelo.

Nortwood y Macartney (61) encontraron que la compactación fue la principal razón para inhibir el crecimiento del maíz en tres tipos de suelos cultivados bajo la técnica de cero labranza y a tres profundidades

de labranza. Estos suelos eran de diferente textura, pero los tres tenían densidad aparente alta. Se comprobó que ni la aireación ni el contenido de humedad fueron lo suficientemente limitantes para afectar seriamente el desarrollo radicular.

Otros investigadores reportan que el uso de la técnica de cero labranza ha dado lugar a incrementos de la densidad aparente y disminución de la porosidad total en suelos de origen aluvial (54, 61). Boone (14) afirma que en suelos arcillosos la cero labranza del suelo disminuye el volumen del espacio poroso total, especialmente en las áreas que antiguamente fueron labradas mecánicamente.

Contrario a lo descrito anteriormente, Lal (43) encontró que la densidad aparente en los primeros 10 cm de profundidad de un suelo de textura arenosa fue generalmente menor para las parcelas con cero labranza. Otro informe (12) no indicó diferencias en la densidad aparente durante 5 años de siembras continuas bajo las dos formas de preparación de la tierra en un suelo franco-arcilloso de origen aluvial.

Jones, Moody y Lillard (39) informaron que la resistencia a la penetración fue menor en parcelas cultivadas bajo labranza convencional que en las de cero labranza, con un suelo arcillo-limoso. Resultados diferentes encontró Tafur (76) en un suelo arcilloso de origen aluvial y Lal (43) en un suelo de textura arenosa.

Considerando los resultados publicados por los diferentes investigadores, Northwood y Macartney (61) afirman que la técnica de la cero labranza no tendrá éxito en suelos donde la resistencia a la penetración de raíces por efecto de compactación sea un factor limitante. Por esta razón es necesario desarrollar un sistema específico de labranza

mínima para estos casos, que redunde en beneficios para la conservación del agua y la tierra como también para reducir el deterioro de la estructura y los costos en relación al sistema convencional de labranza.

2.1.3 Efecto de la cero labranza sobre las características químicas del suelo

Resultados de numerosas investigaciones han demostrado que el contenido de materia orgánica tiende a aumentar con la utilización del sistema de cero labranza (12, 19, 42, 56, 59). Se ha encontrado que la capacidad de intercambio catiónico (12, 43), el nitrógeno total (12, 19, 43) y la conductividad eléctrica (12, 43) se incrementaron en parcelas bajo cero labranza en mayor grado que en las parcelas labradas en forma convencional, lo cual puede atribuirse al incremento de la materia orgánica.

Burgos y Meneses (17) encontraron que las propiedades químicas afectadas mayormente por los diferentes manejos dados al suelo fueron: acidez extraíble, contenido de fósforo, de potasio y de calcio. La acidez extraíble fue mayor en los tratamientos de cero labranza a profundidades entre 15 y 25 cm. Los contenidos de fósforo y potasio siguieron tendencias parecidas. Estos nutrimentos también presentaron niveles más altos en los primeros 10 cm de las parcelas manejadas con labranza mínima y cero labranza. El contenido de calcio a diferentes profundidades fue mayor en las parcelas labradas mecánicamente. El contenido de magnesio de las parcelas con labranza mínima y cero labranza fue ligeramente mayor al obtenido con las de labranza mecánica.

El aumento de la acidez del suelo debido al uso de la práctica de cero labranza también ha sido reportado por otros investigadores (19, 57, 70, 79). Este efecto se corrige con aplicaciones de cal (1, 27, 79). Aún más, se ha obtenido mejor respuesta a la aplicación de cal para corregir el pH en suelos bajo cero labranza que bajo labranza convencional (27). El desarrollo de problemas de acidez en los primeros centímetros de profundidad en el suelo se ha atribuido al efecto acidificante de fertilizantes nitrogenados (1, 79). Triplett y Van Doren (77) afirman que es necesario incrementar las aplicaciones de cal paralelamente al incremento de las dosis de nitrógeno.

Algunos investigadores (8, 64) han informado que la cero labranza propicia una acumulación progresiva de nitrógeno en el suelo; con la labranza se producen, por el contrario, pérdidas de este elemento. Phillips y Young (64) afirman que debido a este hecho solamente se necesita de 20 a 25 por ciento de la cantidad recomendada de este elemento para la labranza convencional. Sin embargo, otros investigadores (10) afirman por el contrario, que ocurren mayores pérdidas del nitrógeno con cero labranza porque hay mayor infiltración del agua que con labranza. Algunos autores (7, 58) mencionan que, por lo general, cuando los cultivos se establecen bajo la técnica de cero labranza se observa una baja eficiencia del nitrógeno cuando este elemento es aplicado en niveles bajos; por el contrario, cuando se aplica en niveles más altos hay una notable respuesta de los cultivos a este elemento. Esto puede estar relacionado con la adición de material vegetal con alta relación C/N, lo cual ocasiona la inmovilización del nitrógeno por la flora microbiana que se forma en el suelo. Al agregar nitrógeno inorgánico

en niveles que permitan mejorar dicha relación se puede lograr la respuesta a este nutrimento (3).

En relación a la colocación del fertilizante en el suelo, se afirma que cuando éste se aplica al voleo con el sistema de cero labranza (como comúnmente lo realiza el pequeño productor agrícola) no surgen problemas con el aprovechamiento del fósforo por la planta, como se podría esperar por la escasa movilidad de este elemento (79). Soza y colaboradores (73) sugieren que la eficiencia de utilización de fertilizantes aplicados superficialmente es alta, debido a que con la presencia de mantillo esta parte del suelo permanece más húmeda y hace posible que las raíces crezcan cercanas a la superficie, permitiendo la absorción adecuada de nutrimentos. Moshler y asociados (56) encontraron que cuando se practicó la cero labranza hubo una mayor absorción de nutrimentos en el maíz, debido a la humedad del suelo en el lugar donde se colocó el fertilizante, lo cual condujo lógicamente a incrementar la solubilidad y la mayor absorción. Ellos afirmaron que el reducido contacto entre el suelo y el fósforo del fertilizante pudo ser ventajoso para la disponibilidad de este nutrimento.

2.2 Los cultivos frijol, maíz y camote como componentes de sistemas de cultivos múltiples

El término cultivos múltiples describe formas de prácticas de cultivos donde la producción total de una unidad de área de tierra en un año agrícola es conseguida a través de cultivos sembrados simultáneamente, cultivos solos en secuencia o una combinación de cultivos mixtos y solos en secuencia (4). Esta modalidad de cultivo ofrece

muchos beneficios para los pequeños agricultores, los cuales integran la mayoría de la población rural de las naciones en vías de desarrollo. Este sector de la población rural se caracteriza porque, aunque desempeña un papel importante en la producción agrícola, realiza su trabajo con algún grado de restricción de recursos y un bajo nivel de rentabilidad en sus operaciones, de tal modo que está confinado a un bajo nivel de vida crónico o a un estancamiento económico (5).

Avila (5) describe varias de las ventajas que ofrecen los cultivos múltiples para los pequeños productores:

"1. Pueden contribuir a un incremento del ingreso de dinero en efectivo y en otros tipos de ingresos. Por ejemplo, en Centro América el consumo nutricional de la población rural, tan fuertemente dependiente de la producción de unos pocos renglones agrícolas, puede ser diversificado y nutricionalmente mejorado. Esto puede traducirse en una forma de incrementar el consumo de calorías, de mejorar la calidad de la dieta y/o reducir la fluctuación estacional del consumo de alimentos. Esto no solo beneficiaría a la población rural directamente, sino también a la creciente población urbana, a través del incremento de la magnitud de la producción, así como también a través de la disponibilidad de alimentos más nutritivos; ésto sobre una base más firme y continua.

2. El incremento y mejoramiento de sistemas de cultivos múltiples puede aumentar la productividad de los recursos del pequeño productor. Esto podría resultar de un manejo más eficiente de los recursos limitados del agricultor (tierra, mano de obra y capital). Además, los sistemas de cultivos múltiples pueden mejorar la eficiencia

en la utilización de la energía solar y del agua.

3. El potencial para reducir la tasa de desempleo o subempleo puede ser considerable usando cultivos múltiples. La adición de más cultivos dentro de un sistema crearía empleo para la familia del pequeño agricultor. Por otra parte, los sistemas de cultivos múltiples podrían ser diseñados para reducir las fluctuaciones de la demanda de mano de obra, con lo cual se nivelarían los "picos" y "vacíos" de la demanda de mano de obra. Dado el gran número de jornaleros o braceros existentes, así como la alta tasa de migración rural-urbana, este aspecto tan crítico debe ser tratado con primordial consideración.

4. Dado que los pequeños agricultores están sujetos al riesgo y a la incertidumbre tanto de la producción como del mercadeo, los cultivos múltiples, por medio de la diversificación de los productos, podrían ayudar en la reducción de los riesgos debido al clima, plagas, enfermedades y variaciones de precios asociados con determinados cultivos. Andrews y Kassam (4) opinan a este respecto: "una mezcla de cultivos es más dinámica biológicamente que un cultivo solo y es menos probable que sucumba ante las adversidades de la naturaleza". Los cultivos múltiples proporcionan el beneficio adicional de reducir la erosión y de mantener o mejorar la fertilidad del suelo, el cual representa el recurso natural más importante para el pequeño productor.

5. Finalmente, los pequeños productores están familiarizados con las prácticas inherentes a los cultivos múltiples, lo cual implica que esta tecnología, mejorada o modificada, puede ser más fácilmente difundida y puesta en práctica que los paquetes tecnológicos tipo "Revolución Verde". "

La principal consideración para escoger los componentes de un sistema de cultivos múltiples es el uso óptimo de los recursos de los cuales se dispone. El mayor recurso en el trópico es una época de crecimiento de 12 meses. El sistema de cultivo más apropiado sería aquel que provea crecimiento continuo durante el año; ello está acompañado de la manipulación de fechas de siembra de los cultivos componentes. Si se hace esto, se está logrando un uso máximo de la radiación solar y la humedad. La cubierta vegetal sirve también para proteger los suelos tropicales de efectos deletéreos provocados por la radiación solar y la erosión (18).

De los resultados obtenidos por el CATIE (72) durante la evaluación de 24 sistemas de producción que incluyeron a los cultivos frijol, maíz, camote y yuca, los sistemas que produjeron más energía se caracterizaron por tener incluidos al camote y a la yuca como componentes. Los que produjeron mayor volumen de proteínas incluían como componente al frijol. En cuanto al aspecto económico, el frijol, que en general presenta volúmenes de producción inferiores al de los otros cultivos, fue uno de los principales contribuyentes al ingreso de los sistemas. Su precio y mercado garantizado en Costa Rica lo hacen suficientemente atractivo, a pesar de los riesgos de producción inherentes a este cultivo bajo las condiciones de precipitaciones altas. El otro mayor contribuyente al ingreso, en los sistemas seleccionados como los mejores, fue el camote. Sin embargo, la gran variabilidad en rendimiento de este cultivo es la mayor determinante del éxito o fracaso económico de los sistemas que lo incluyen. El maíz, a pesar de su menor impacto en el éxito o fracaso de los sistemas, presenta la

ventaja de ser un cultivo muy estable con respecto a comportamiento y producción. En este trabajo se destacó que los mejores sistemas fueron aquellos que tuvieron como mínimo dos cultivos en el año agrícola, lo cual pone de manifiesto las ventajas de los sistemas policulturales, no solo en disminución de riesgos y aprovechamiento de recursos, sino también en cuanto a beneficio económico. Otros investigadores (22, 45, 51, 71) han demostrado la eficiencia del sistema de cultivo maíz más frijol en comparación con los monocultivos.

Resultados adicionales obtenidos en el CATIE (72) destacan que los sistemas que produjeron más frijol se caracterizaron porque este cultivo estuvo solo, con yuca o en asociación con maíz o camote. Además, en todos los sistemas que estuvo incluido, el frijol se sembró una sola vez en el año, durante la época seca, ya que las condiciones de alta precipitación reducen mucho los rendimientos durante la época lluviosa. Todos los sistemas que produjeron más maíz incluyeron dos siembras de este cultivo durante el año y estuvo asociado ya sea con frijol, camote o yuca. En el caso del camote, también las mayores producciones se obtuvieron de sistemas que incluyeron dos cosechas en el año. En cuanto a los grados de tecnología probados en este mismo ensayo, se observó que este factor influyó favorablemente en los ingresos. En la mayor parte de los sistemas seleccionados se hizo un mayor uso de insumos, especialmente fertilizantes.

Días (23) estudió el comportamiento agroeconómico de varias combinaciones de cultivos que incluían maíz, frijol y camote, establecidas bajo dos niveles de tecnología. De los resultados se desprende que las asociaciones más rentables fueron las de frijol+camote y

maíz+camote. El rendimiento y la utilidad de los cultivos frijol y maíz fueron más altos cuando los dos fueron asociados que cuando se establecieron como monocultivos. El camote aumentó el rendimiento y la utilidad al asociarse con frijol o maíz. Los grados de tecnologías aplicados no afectaron ni el rendimiento ni la utilidad de los tratamientos. Escobar (26) estudió también combinaciones de cultivos que incluían camote, frijol, maíz y la yuca. Al contrario de lo encontrado por Dias (23), él concluyó que la asociación del camote (cultivar C-15) con otras especies produce un retraso en su crecimiento y en la producción de biomasa radicular. El maíz ocasionó los efectos más perjudiciales en el desarrollo del camote, en comparación con el frijol y la yuca.

Una propiedad del camote incluido dentro de una rotación de cultivos es que permite, según se afirma (49), que al realizarse su cosecha, el suelo queda en buenas condiciones para la siembra del otro cultivo.

2.3 Consideraciones económicas de sistemas de producción de cultivos

Hay evidencias disponibles que indican que los pequeños agricultores responden a la nueva tecnología si, y solo si, la tecnología nueva o mejorada, además de proveerle beneficios técnicos y económicos, es congruente con las otras actividades de la finca, posee un nivel de complejidad que cae dentro de su capacidad de manejo, así como también que sea suficientemente compatible con el medio ambiente total y atractivo a la familia del agricultor (5).

Considerando lo anterior, la investigación en sistemas de cultivos

se está dirigiendo hacia la comparación de alternativas para encontrar una que proporcione los más altos ingresos netos o llene en el mayor grado posible las demás necesidades del agricultor (7). Así, desde el punto de vista de evaluación económica propiamente dicha, deben considerarse los retornos a cada uno de los recursos limitantes del agricultor (tierra, capital y mano de obra) (37) porque aún cuando tradicionalmente se ha considerado a los pequeños productores como un grupo homogéneo de agricultores, es evidente que éstos constituyen, por el contrario, un grupo heterogéneo (5) y como consecuencia, distintos grupos o tipos de agricultores en términos de la disponibilidad relativa de recursos productivos necesitan diferentes tipos de sistemas de fincas y sistemas de cultivos. Los sistemas que sean relativamente más eficaces en utilizar recursos existentes y en lograr las metas del agricultor serán escogidos para incluirlos en su sistema de finca (37). De acuerdo a estas últimas afirmaciones, algunos trabajos realizados incluyen dentro de análisis económicos de sistemas de producción un considerable número de parámetros con el fin de abarcar el mayor número de criterios posibles, en lugar de realizar evaluaciones de un solo tipo (por ejemplo: Ingreso Neto de los sistemas de cultivos) porque esto implicaría dar alternativas de elección a un solo tipo de cliente (agricultor).

Desde el punto de vista económico la evaluación de los sistemas debería estar basada en el Ingreso Neto (Ingreso Total - Costos totales), pero por estar más de acuerdo con el proceso de evaluación usado por los pequeños agricultores, el Margen Bruto (Ingreso total - Costos variables) sería un índice más práctico ya que el agricultor se conformaría

con aumentar sus ingresos sin tener que aumentar sensiblemente sus gastos, sus riesgos y el trabajo personal de su familia. Por otra parte, suponiendo que toda la mano de obra necesaria proviene de la familia o la comunidad. La evaluación de los sistemas que parece más apropiada es la basada en el Ingreso Familiar (Ingreso Total - Costos en Efectivo) ya que el objetivo de la investigación en agrosistemas no es solo maximizar el ingreso sino también proveer de trabajo a los miembros de la familia (o comunidad) remunerados de acuerdo a su costo de oportunidad (72). Otros parámetros recomendados para evaluar agrosistemas diseñados para pequeños productores son los índices de retorno Ingreso Neto/Costos Totales, Margen Bruto/Costos Variables, Ingreso Familiar/Costos Variables e Ingreso Familiar/Costos de Materiales (21). Para el análisis de estos parámetros es necesario tener presente que generalmente los agricultores no querrán hacer una inversión a menos que la tasa de retorno sea de por lo menos 40 por ciento por ciclo de cultivo (21).

Un patrón de evaluación de gran importancia para cualquier agricultor es el requerimiento de mano de obra del sistema de cultivos utilizado. Aunque la cantidad de mano de obra total puede ser idéntica para dos sistemas alternativos; sin embargo, puede haber una gran diferencia en la distribución de la labor a lo largo del período que dure el sistema en el campo. Los sistemas de cultivos que tengan un uso de la mano de obra más uniforme a través del tiempo (sin "picos" o altibajos pronunciados) tienen más ventajas sobre los que tienen más demanda ("picos") en algunos períodos dentro del ciclo del sistema, mientras que durante otros períodos no poseen ninguna (9). La razón es

que a pesar de que en los países en desarrollo se consigue mano de obra relativamente abundante y de bajo costo, ésta representa uno de los más altos costos de producción, y su demanda y oferta cambia a través del año, lo que crea períodos de relativa escasez y abundancia (66).

Otro factor que debe ser tomado en cuenta cuando se evalúa un sistema de cultivos es el flujo de caja (entrada y salida de dinero en efectivo a lo largo del período que dure éste en el campo). El sistema que produzca ingresos más temprano requerirá de créditos o de dinero del agricultor por menor cantidad de tiempo. Esto se traduce en un menor pago de intereses, cuando se trata de crédito o en una disponibilidad más temprana, para poder realizar nuevas inversiones o para usufructuarlos como le parezca, cuando se trata de capital del agricultor (9).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del área experimental

El experimento se realizó en el campo experimental "La Montaña", ubicada dentro de los límites del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

En el Cuadro 1 se muestran las características de posición geográfica, clima y suelo de esta área.

3.2 Condiciones del trabajo

3.2.1 Antecedentes del área experimental

Antes de iniciarse el presente ensayo al suelo se le había dado un pase de arado y dos de rastra para enterrar los residuos de cultivos anteriores. La mitad del área experimental estuvo sembrada con vainita (Phaseolus vulgaris L.) y la otra mitad estuvo sembrada con bananos (Musa sp.).

3.2.2 Especies y cultivares utilizados

Frijol (Phaseolus vulgaris L.) cv. "Turrialba 4", de crecimiento determinado bajo las condiciones que rigieron en el ensayo, color negro y ciclo de vida de aproximadamente 90 días.

Maíz (Zea mays L.) cv. "Tuxpeño 1", de grano blanco, crecimiento bajo, resistente al volcamiento y cuyo ciclo de vida es aproximadamente de 120 días.

Cuadro 1. Características de posición geográfica, clima y suelo de la zona de Turrialba donde se realizó el experimento.

Posición Geográfica

Altura sobre el nivel del mar: 602 m.

Longitud: 83° 39' Oeste

Latitud: 9° 53' Norte

Clima*

Temperatura media anual: 22,2°C

Precipitación media anual: 2.673 mm

Número promedio de días con lluvia: 251

Humedad relativa promedio: 87,4%

Radiación diaria promedio: 423,72 cal/cm²/día

Evaporación diaria promedio: 3,99 mm

Zona de vida: bosque muy húmedo premontano (36)

Suelo (1)

Origen: Aluvial fluvio-lacustre

Serie: Instituto arcilloso fase pedregosa

(Inceptisol, Typic Distropepts)

Drenaje: Moderado o imperfecto

Fertilidad natural: de mediana a baja

Textura: Franco-arcillosa

pH: fuertemente ácido (5,3 - 5,7)

* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Resumen de datos meteorológicos desde la iniciación hasta diciembre de 1977.

Camote (Ipomoea batatas (L.) (LAM) cv. "C-15", proveniente de una selección del cultivar Cuarenteno, de tallos color morado y tubérculos de color violeta. El ciclo vegetativo es de aproximadamente 150 días.

3.3 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en dos sistemas de cultivos^{1/} diseñados con los cultivares mencionados, establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo y dos niveles de fertilización.

3.3.1 Sistemas de cultivos

Los sistemas de cultivos estudiados fueron los siguientes:

a. Sistema 1

Comprende la siembra simultánea de frijol y maíz asociados seguida luego de maíz en monocultivo.

b. Sistema 2

Comprende la siembra inicial de frijol asociado con camote sembrado 15 días después, seguida luego de maíz en monocultivo.

Las distancias de siembra y la densidad de plantas utilizadas se muestran en el Cuadro 2. La disposición en el tiempo y el espacio de los cultivos integrantes de cada sistema se muestran en la Figura 1, así mismo como los símbolos que representarán a los dos sistemas a través del texto de este trabajo de investigación.

^{1/} Sistema de cultivos: arreglo espacial y cronológico de poblaciones de cultivos, con entradas de radiación solar, agua y nutrimentos y salidas de biomasa con valor agronómico (35).

Cuadro 2. Sistemas de cultivos, densidad y distancias de siembra.

| Sistemas | S i s t e m a s | | | | |
|--------------------------|-----------------|----------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | Frijol + Maíz - Maíz | S ₁ | Frijol + Camote - Maíz | S ₂ |
| Densidad (Plantas/ha) | Frijol | 200.000 | | Frijol | 200.000 |
| | Maíz | 40.000 | | Camote | 50.000 |
| | | | | Maíz | 40.000 |
| Distanciamiento (m) | Frijol | 0,50 x 0,20 | | Frijol | 0,50 x 0,20 |
| | | | | Maíz | 1,00 x 0,50 |
| | Maíz | 1,00 x 0,50 | | Camote | 0,50 x 0,40 |

3.3.2 Manejo del suelo

a. Labranza (L)

En la preparación de las parcelas que llevaban este tipo de manejo se realizaron las siguientes operaciones:

- (a) Dos pases de rotavator manual antes de cada siembra.

Se utilizó para ello un rotavator manual marca

"Agría", modelo El - 3000 de 7 H.P.

- (b) Antes de la segunda época de siembra y luego del rebrote de las malezas se aplicó herbicida de acción doble para gramíneas y malezas de hoja ancha. Esta

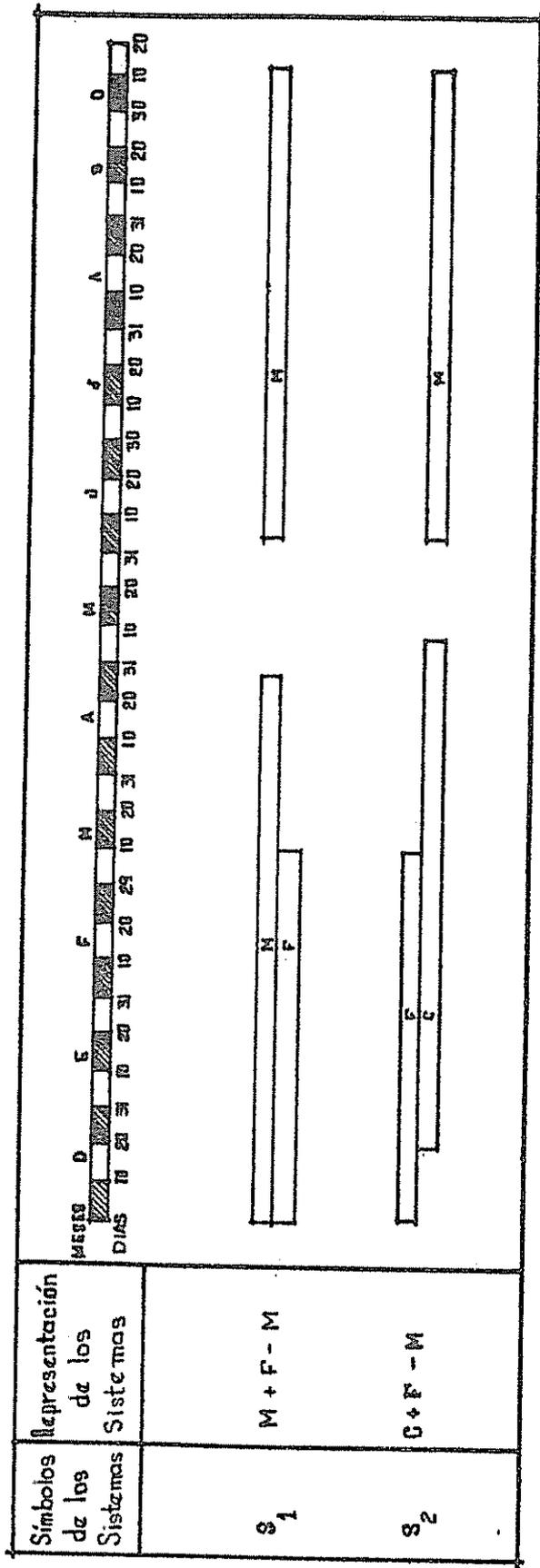


Fig. 1 Simbología y representación de los sistemas estudiados y arreglo en el tiempo y el espacio de los cultivos que los integran

M = maíz; F = frijol; C = camote; + siembra en asociación; - = siembra en sucesión

aplicación no se realizó para la primera época de siembra.

- (c) Se dejó un período corto de descanso previo a la siembra con el fin de evitar daños a los cultivos por acción del herbicida aplicado.

b. Cero labranza (N)

En este caso se realizaron las siguientes operaciones:

- (a) Para el caso de la primera siembra, ésta se efectuó sin realizar previamente ninguna labor.
- (b) Luego de la primera y segunda cosecha se realizó un arreglo manual de los desechos de los cultivos sobre la parcela. La maleza presente se cortó a ras del suelo con machete dejando tallos de alrededor de 10 cm de altura. Al cabo de dos semanas después se aplicó sobre el rebrote herbicidas de acción doble para gramíneas y malezas de hoja ancha.
- (c) Se dejó un período corto de descanso previo a la siembra con el fin de evitar daños a los cultivos por acción del herbicida aplicado. Durante la tercera época de siembra, el arrancado y regado de los tallos de maíz se realizó posteriormente a la segunda aplicación de herbicidas.

3.3.3 Niveles de fertilización

Esta variable estuvo representada en el empleo de dos niveles de fertilización llamados alta y baja fertilización. Estos niveles

se muestran en el Cuadro 3, al igual que los símbolos que los identifican. La fórmula y cantidad de fertilizante fue orientada por el edafólogo del Programa de Cultivos Anuales del CATIE.

La aplicación del fertilizante se realizó en dos partes. La primera simultánea con la siembra y la segunda 25 días después. Esta se realizó en bandas superficiales al lado de las hileras.

Resumiendo, se probaron 8 tratamientos que consistieron en arreglos factoriales de dos sistemas de cultivos: sistema maíz-frijol+maíz (S_1) y sistema maíz-frijol+camote (S_2); dos niveles de fertilización alta (A) y baja (B) y dos métodos de manejo del suelo: labranza (L) y cero labranza (N). A estos tratamientos se les asignó un número al azar por medio del cual se identificarán a lo largo del texto tal como se exponen a continuación:

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. S_2 - L - B | 5. S_1 - N - A |
| 2. S_1 - N - B | 6. S_1 - L - A |
| 3. S_1 - L - B | 7. S_2 - N - B |
| 4. S_2 - N - A | 8. S_2 - L - A |

Estos tratamientos se denominarán en el contenido del texto como sistemas de producción.

3.4 Establecimiento de los cultivos

El área experimental fue sembrada durante tres épocas en el tiempo que duró el ensayo. Durante la primera época con las asociaciones frijol + maíz y frijol + camote. Los cultivos maíz y frijol

Cuadro 3. Información sobre aplicación de fertilizantes en los dos sistemas de cultivos^{1/}.

| SISTEMA F + M - M | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| Primera época (F + M) | Primera aplicación (kg/ha NPK) | Fórmula | Cantidad (kg/ha) | Segunda aplicación (kg/ha NPK) | Fórmula | Cantidad (kg/ha) |
| Baja fertilización (B) | 22-66-22 | 10-30-10 | 220 | 53-0-8 | NH ₄ NO ₃ | 158 |
| | | | | | KCl | 16 |
| Alta fertilización (A) | 50-66-22 | 10-30-10 | 220 | 100-0-38 | NH ₄ NO ₃ | 299 |
| | | NH ₄ NO ₃ | 83 | | KCl | 74 |
| Segunda época (M) | | | | | | |
| Baja fertilización (B) | 3-9-3 | 10-30-10 | 220 | 47-0-17 | NH ₄ NO ₃ | 140 |
| | | | | | KCl | 33 |
| Alta fertilización (A) | 18-54-18 | 10-30-10 | 180 | 82-0-22 | NH ₄ NO ₃ | 249 |
| | | | | | KCl | 43 |
| SISTEMA F + C - M | | | | | | |
| Primera época (F + C) | | | | | | |
| Baja fertilización (B) | 22-66-22 | 10-30-10 | 220 | 53-0-18 | NH ₄ NO ₃ | 158 |
| | | | | | KCl | 35 |
| Alta fertilización (A) | 50-66-22 | 10-30-10 | 220 | 100-0-78 | NH ₄ NO ₃ | 299 |
| | | NH ₄ NO ₃ | 83 | | KCl | 153 |
| Segunda época (M) | | | | | | |
| Baja fertilización (B) | 3-9-3 | 10-30-10 | 30 | 47-0-32 | NH ₄ NO ₃ | 140 |
| | | | | | KCl | 35 |
| Alta fertilización (A) | 18-54-18 | 10-30-10 | 180 | 82-0-22 | NH ₄ NO ₃ | 245 |
| | | | | | KCl | 43 |

^{1/} Según recomendaciones del Dr. Rufo Bazán. Laboratorio de Suelos. Programa de Cultivos Anuales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

se sembraron simultaneamente durante los días 8, 9 y 10 de diciembre de 1977. El camote se sembró durante los días 23 y 24 de diciembre. El frijol fue cosechado durante los días 3 y 4 de marzo de 1978; el maíz el 22 de abril y el camote el 22 de mayo de 1978.

Durante la segunda época se sembró solamente maíz. La siembra se realizó el día 3 de junio de 1978 y la cosecha el 13 de octubre de 1978.

Para la tercera época de siembra se repitieron las asociaciones frijol + maíz y frijol + camote. Los cultivos maíz y frijol se sembraron simultaneamente durante los días 1, 2, 4 y 5 de diciembre y el camote el 18 de diciembre de 1978. El frijol fue cosechado durante los días 6 y 8 de marzo de 1979. El maíz el 26 de abril y el camote el 22 de mayo de 1979.

La siembra fue manual. Para el caso del maíz y el frijol se abrieron hoyos de aproximadamente 4,0 cm de diámetro con espeque* a una profundidad de 3 - 4 cm. Se sembraron dos semillas de frijol y tres semillas de maíz en cada hoyo hecho con el espeque; posteriormente se raleó el maíz dejando dos plantitas por hoyo.

El material de siembra para camote consistió en puntas de tallos de aproximadamente 30 cm de largo, desinfectadas con una solución de 250 gr de Aldrín al 2,5 por ciento en 200 lt de agua. Para realizar la siembra se abrieron hoyos por medio de palas hasta una profundidad de 10 cm aproximadamente.

* Espeque: trozo de madera cilíndrico, de aproximadamente 1,50 m de largo con extremo puntiagudo en forma de cono; algunas veces el extremo está protegido con una pieza cónica de metal.

3.5 Medidas fitosanitarias

Las semillas de maíz y frijol fueron previamente tratadas con Aldrín al 2,5 por ciento. Antes de la siembra de estos dos cultivos se trataron los hoyos con una mezcla de Aldrín más cal, especialmente para prevenir daños por gusanos cortadores, especialmente Phyllophaga spp. Durante la primera siembra se combatió un ataque de vaquitas (Diabrotica sp.) con una aplicación de 600 ml/ha de Diazinón. Posteriormente se utilizó Citrolane al 2 por ciento granulado para controlar un ataque del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el maíz.

Durante el tercer ciclo, inmediatamente después de terminar la siembra, se aplicó el insecticida en forma de cebo Ortho-B (Metaldehido más Dieldrín) a las parcelas con el tratamiento de cero labranza; el fin perseguido fue combatir a las babosas (Vaginullus spp.); la cantidad aplicada fue de 5 gramos aproximadamente, en un solo punto cada metro alrededor de las parcelas y en, al menos, dos puntos del centro de las mismas. Posteriormente, durante este mismo ciclo se combatió un ataque de vaquitas con una aplicación de DDTOX (1 lt/ha) y un ataque del gusano cogollero en el maíz mediante Volatón granulado.

Debido a la incidencia de un brote de roya (Uromyces phaseoli) en el frijol, durante la tercera época de siembra, se aplicó una mezcla de los fungicidas Plantvax (0,341 kg/ha) más Dithane M-45 (1,0 kg/ha) y un adherente, Extravón (0,250 lt/ha), todo diluido en agua.

3.6 Condiciones bajo las cuales se desarrollaron los cultivos

En el Cuadro 1A se resumen las condiciones macroclimáticas que

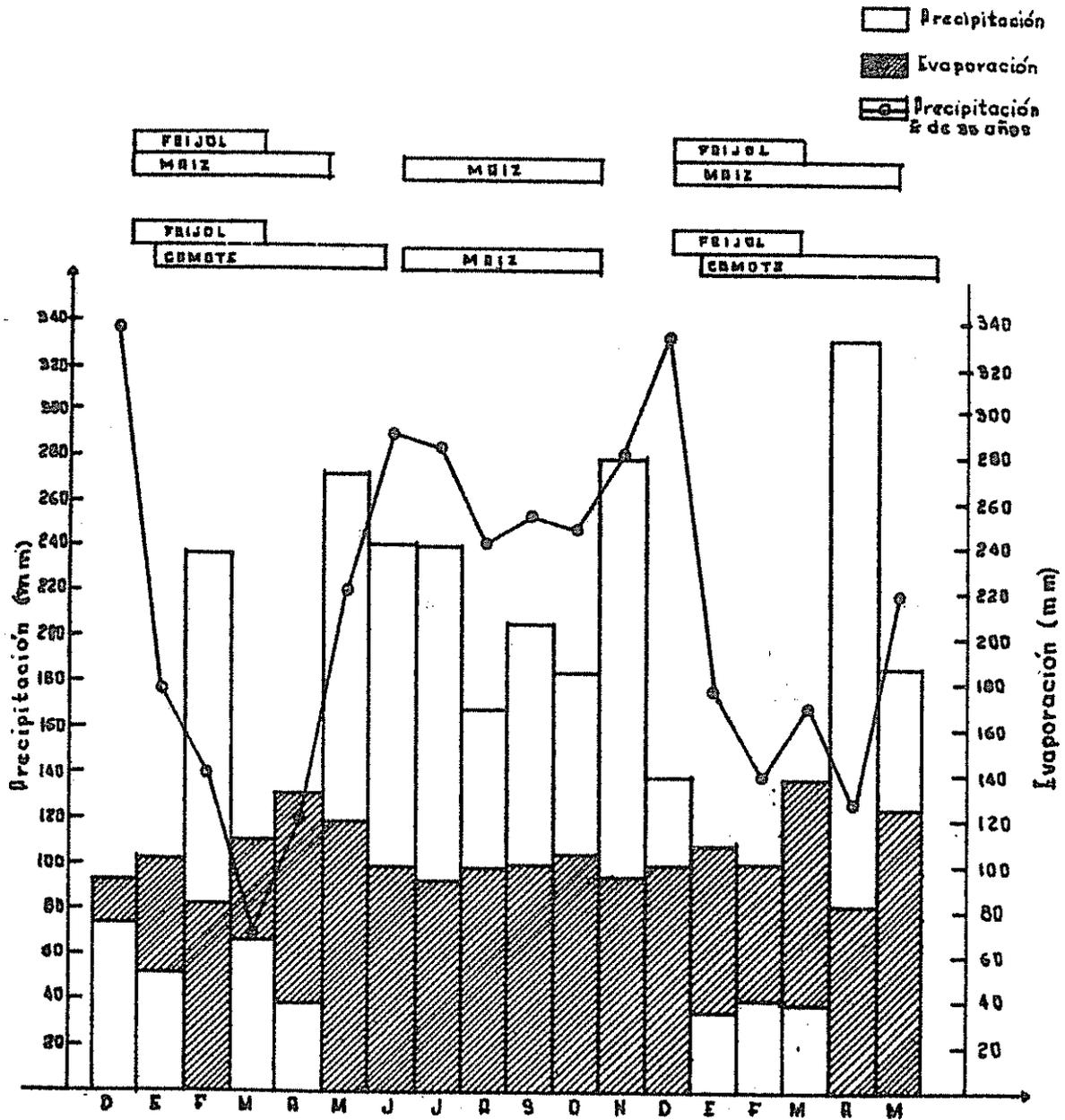


Fig. 2 Balance hídrico atmosférico del período durante el cual estuvieron establecidos los cultivos (diciembre 1977 - mayo 1979). Datos provenientes del cuadro 1A

prevalecieron durante el período experimental. En general, este período (18 meses) se caracterizó por una precipitación promedio mensual de 34 años correspondiente al mismo lapso de tiempo. La diferencia en el volumen de precipitación caído fue de 992 milímetros. Durante 7 de los 18 meses (diciembre de 1977; enero, marzo, abril de 1978 y enero, febrero, marzo de 1979) el balance hídrico atmosférico fue negativo, lo cual indica que se evaporó mayor volumen de agua que el que cayó con las lluvias.

Durante la primera y tercera época de siembra los cultivos fueron afectados notablemente por la sequía. El cultivo más afectado fue el camote. Su crecimiento fue muy lento lo cual permitió que el follaje del frijol lo cubriera y le proporcionara un excesivo sombreamiento durante los tres meses que duró el ciclo de vida del frijol.

Durante la tercera época de siembra también el maíz fue afectado severamente por la sequía. Muchas plantas no llegaron a producir mazorcas. El frijol fue el cultivo menos afectado pero aún así se observó un menor crecimiento de las plantas y muchos frutos vanos o semivanos.

Durante el desarrollo de los cultivos se requirieron varias aplicaciones de insecticidas y una de fungicida. Las causas y épocas de las aplicaciones, así como también los tipos y dosis de los pesticidas utilizados se describen en la sección anterior.

El maíz en monocultura sembrado durante el segundo ciclo fue el que sufrió mayores daños debido a la incidencia de plagas y enfermedades. También se presentó en el maíz ataques del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) y de vaquitas (Diabrotica sp.) aunque con muy baja intensidad.

En el frijol se presentaron ataques más fuertes de vaquitas. En general, este cultivo creció libre de enfermedades. Durante la tercera época de siembra se presentó un ataque de roya (Uromyces phaseoli) el cual estuvo localizado en una parcela y se controló antes de que se diseminara al resto del ensayo.

En el camote no se presentaron daños apreciables de enfermedades. En cuanto a plagas, el cultivo sufrió el ataque del gusano talarador del tallo (Polygrammodes elevata).

El daño por pájaros se constituyó en el principal problema en el maíz a partir de la formación de la mazorca; sin embargo, solo causaron daños parciales a ésta en forma directa, pero indirectamente ocasionaron mayores pérdidas al propiciar la entrada del hongo causante de la pudrición de la mazorca (Diplodia sp.).

3.7 Aplicación de herbicidas

Durante la segunda época de siembra se aplicó el herbicida de contacto Gramoxone (Paraquat) en las parcelas con el tratamiento de cero labranza. La dosis utilizada fue de 1,5 lt/ha. Esta labor se efectuó una semana después de haberse realizado la cosecha de la primera época. Posteriormente, antes de la siembra siguiente, se aplicó al rebrote de las malezas y al suelo una mezcla de los herbicidas de contacto Gramoxone y Herbón (Dinitro) en solución acuosa. La dosis utilizada fue de 1,5 lt y 5,0 lt por hectárea, respectivamente. Esta misma mezcla se aplicó durante la misma fecha a las parcelas con labranza luego de habersele dado a éstas los dos pases de rotavator y haber ocurrido el rebrote de las malezas.

Durante la tercera época se aplicó una solución del herbicida de acción sistémica Roundup (Glyphosate) más sulfato de amonio. La dosis utilizada fue de 3 lt/ha más 4 kg/ha de Roundup y sulfato de amonio, respectivamente. Esta aplicación se efectuó luego de habersele dado una chapia* a ras a las parcelas con cero labranza y dos pases de rotavator a las parcelas con labranza. La aspersión se realizó luego del rebrote de las malezas en ambos casos.

3.8 Prácticas culturales

Durante la primera época de siembra se realizaron dos deshierbes, uno a los 33 días después de la siembra en todos los tratamientos y el otro a los 89 días después del primer deshierbe solamente en las parcelas que incluían camote.

En la segunda época se efectuó un solo deshierbe; a los 26 días en las parcelas con tratamiento 2 y 5 y a los 34 días en las parcelas con tratamiento 4 y 7 (todas estas con tratamiento de cero labranza). Las parcelas con labranza se deshierbaron a los 48 días después de la siembra.

Durante el tercer ciclo de cultivo se llevó a cabo un deshierbe en las parcelas con los tratamientos 2 y 5 a los 25 días después de la siembra. Posteriormente se deshierbaron las parcelas con camote; esta labor se efectuó a los 98 días después de la siembra e inmediatamente después de cosechado el frijol.

* "Chapear": En Costa Rica, operación de cortar las malezas a unos pocos centímetros del suelo.

3.9 Recolección de información

3.9.1 Rendimiento

Con el fin de evaluar el rendimiento en peso de los cultivos se cosechó un área de $16,5 \text{ m}^2$ por parcela para el caso de la asociación maíz más frijol y del maíz en monocultivo. En las parcelas con la asociación frijol más camote se cosechó un área de $17,5 \text{ m}^2$.

Los datos de rendimiento del frijol y el maíz fueron corregidos al 14 por ciento de humedad según el siguiente procedimiento: se determinó la humedad de los granos (en porcentaje) por medio de un medidor de humedad marca Dickey - John. Con este dato se estandarizó el peso total del rendimiento según la fórmula:

$$Pf = \frac{Po (100 - Ho)}{100 - Hf}$$

donde:

Pf = peso de las semillas corregidas al 14 por ciento de humedad

Po = peso de las semillas en el momento de tomar las muestras

Ho = porcentaje de humedad de las semillas en el momento de tomar las muestras

Hf = porcentaje de humedad deseado (14% en nuestro caso)

Para el caso del camote se pesaron las raíces inmediatamente después de arrancadas; para su clasificación se siguió el criterio de considerar camote comercial a aquel que reunió las siguientes condiciones: diámetro mayor de 5,6 cm y 7,6 a 22,9 cm de largo. No comercial

se consideró a aquel camote cuyo tamaño no reunió estos requisitos.

3.9.2 Producción de biomasa aérea por cultivo

a. Frijol

Para obtener la información se tomaron al azar 4 plantas de las hileras centrales de cada parcela. La biomasa (peso seco) de la parte aérea de estas plantas se obtuvo de la suma de sus partes: hojas, tallos y vainas en formación las cuales, en forma conjunta, fueron puestas a secar en estufa a 70°C hasta peso constante. No se consideró el peso seco de las raíces por ser difícil su remoción completa del suelo. La época de muestreo fue a los 70 días y a los 52 días después de la siembra para la primera y tercera época respectivamente, es decir, al inicio de la floración.

b. Maíz

En el caso de este cultivo se tomaron al azar dos plantas de las hileras centrales al momento de la floración masculina. La biomasa o peso seco de la parte aérea de estas plantas se obtuvo de la suma de sus componentes. Todo el conjunto fue puesto a secar en estufa a 70°C hasta peso constante. La época de muestreo fue a los 92 días, 93 días y 98 días después de la siembra para la primera, segunda y tercera época respectivamente.

c. Camote

En este caso se tomaron al azar dos plantas de las hileras centrales. La biomasa o peso seco de la parte aérea se obtuvieron de la suma de sus componentes: hojas, tallos y flores. Todo el conjunto

fue puesto a secar en estufa a 70°C hasta peso constante. La época de muestreo fue a los 108 días y a los 136 días después de la siembra para la primera y tercera época respectivamente. La diferencia en el número de días se debió a que en la tercera época las plantas estaban muy poco desarrolladas a los 100 días después de la siembra (momento recomendado para realizar el muestreo) debido a la prolongada sequía que debieron soportar.

3.9.3 Características químicas del suelo

Con el objeto de detectar diferencias en los efectos de los tratamientos sobre la reacción del suelo (pH), acidez extraíble, la materia orgánica y sobre la disponibilidad de los nutrimentos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en el suelo, se escogieron 3 hileras del área experimental para realizar los muestreos correspondientes. En total sumaron 24 parcelas, en cada una de las cuales se obtuvieron muestras compuestas de 5 sub-muestras y a la profundidad de 0 - 10 cm al inicio del ensayo. Posteriormente, luego de la cosecha de la tercera época de siembra se tomaron muestras a la misma profundidad. Los métodos utilizados para las determinaciones correspondientes fueron:

a. Reacción del suelo

Para la determinación del pH se siguió la técnica descrita por Díaz-Romeu y Hunter (24), determinando el pH en el agua (relación suelo/agua 1: 2,5).

b. Acidez extractable (H, Al)

Para esta determinación se utilizó la técnica descrita por

Díaz-Romeu y Hunter (24) que implica la utilización de una solución extractora de cloruro de potasio y titular con Na OH 0,01 N en presencia de fenolftalina.

c. Materia orgánica

La determinación de la materia orgánica se hizo de acuerdo con la técnica propuesta por Saíz del Río y Bornemisza (70) basado en el método de Walkley y Blake.

d. Nitrógeno total

El nitrógeno total se determinó de acuerdo con la técnica propuesta por Díaz-Romeu y Hunter (24), basado en el método semi-micro-Kjeldahl.

e. Fósforo y potasio disponibles

La determinación del fósforo y del potasio se realizó mediante el método de Olsen modificado por Hunter, descrito por Díaz-Romeu y Hunter (24).

f. Cationes cambiabiles (Ca, Mg)

La determinación de calcio y magnesio se realizó mediante la metodología propuesta por Díaz-Romeu y Hunter (24), utilizando una solución extractora de KC1 1N.

3.9.4 Características físicas del suelo

Con el objeto de detectar diferencias en los efectos de los tratamientos sobre las condiciones físicas del suelo, específicamente sobre grado de compactación y capacidad de almacenamiento de humedad, se realizaron determinaciones de humedad gravimétrica, resistencia

a la penetración y de la densidad aparente. Todas estas se efectuaron con base en los métodos recomendados por Forsythe (29). Para ello se escogió un área de aproximadamente $0,25 \text{ m}^2$ dentro de cada parcela en la cual se realizaron los muestreos correspondientes hasta una profundidad de 0,20 m. Estos se realizaron al final de la cosecha de la segunda y tercera época de siembra.

a. Humedad gravimétrica

La humedad gravimétrica se determinó para las profundidades de 0 - 5 y 0 - 10 cm, según la ecuación siguiente:

$$H = \frac{M_o - M_s}{M_s} \times 100$$

donde:

H = Humedad gravimétrica en porcentaje

M_o = Masa de suelo húmedo

M_s = Masa de suelo secado al horno a una temperatura de 110°C por 24 horas

b. Densidad aparente

La densidad aparente se determinó utilizando un cilindro metálico de volumen conocido para obtener muestras de suelo no alterado (29). La determinación de este índice se hizo a las profundidades de 0 - 5, 5 - 10 y 15 - 20 cm.

c. La penetrabilidad del suelo

La resistencia del suelo a la penetración se midió con un penetrómetro estático que tiene un pistón de acero inoxidable de 5 mm

de diámetro con una línea circunscrita en el pistón a 5 mm del extremo (esta línea sirve como guía para la profundidad de penetración del pistón en el suelo) marca CAT 719-40 MRPFR, de la compañía John Chatillon and Sons. Las lecturas se tomaron en la superficie del suelo y a 10 cm de profundidad. Las lecturas obtenidas (lb/pulgada²) se multiplicaron por el factor 2,27 para transformarlas a bares (1 Bar = 1,020 kg/cm²). Debido a que las variaciones de humedad en el suelo afectan la resistencia a la penetración, se efectuó un muestreo de suelo de cada lugar de lectura para estimar el porcentaje de humedad gravimétrica y, posteriormente las medidas tomadas fueron corregidas mediante análisis de covariancia ajustándolas a 40 por ciento de humedad. Cada medida consistió del promedio de 10 lecturas en cada profundidad estudiada.

3.9.5 Producción de proteínas, carbohidratos y energía alimenticia por sistema de producción

Para determinar los rendimientos de proteínas, carbohidratos y energía alimenticia por sistema de producción, se utilizó información secundaria referente a la composición aproximada (%) de la materia seca y la energía alimenticia contenida en la porción comestible de los productos cosechados en el experimento.

La composición aproximada de los productos cosechados, en lo relacionado a su contenido de proteínas y carbohidratos, así mismo como de la energía alimenticia (energía contenida en las proteínas, carbohidratos y grasas que se encuentran en la parte comestible seca del alimento), se muestran en el Cuadro 4.

Para poder expresar en peso seco la parte comestible de los

Cuadro 4. Contenido aproximado (%) de proteínas, carbohidratos, grasas^{1/} y energía alimenticia (Mcal/ton)^{2/} de la materia seca en la porción alimenticia de los productos cosechados en el experimento.

| | Proteínas | Carbohi- dratos | Grasas | Energía alimenticia |
|----------------------------|-----------|--------------------|--------|------------------------|
| Camote (raíz descascarada) | 3,82 | 89,62 | 1,52 | 3.845,1 |
| Frijol (granos secos) | 23,62 | 64,69 | 2,12 | 3.629,9 |
| Maíz (granos secos) | 11,33 | 80,97 | 4,70 | 3.965,8 |

1/ Fuente: datos facilitados por el Laboratorio de Fisiología Vegetal. Programa de Cultivos Anuales. CATIE.

2/ Factores de energía alimenticia calculados con base en datos de energía por gramo de proteínas, carbohidratos y grasas (46).

productos cosechados, se determinaron los siguientes contenidos de materia seca:

- a. Camote (raíz descascarada): 29%
- b. Frijol (grano seco): 86%
- c. Maíz (grano seco): 86%

3.9.6 Composición final de la población de malezas

Al final de la tercera época de siembra se realizó una evaluación visual para determinar el tipo de vegetación predominante en cada

tratamiento. Para ello se dividieron las especies presentes en plantas de hoja ancha y gramíneas y dentro de estos dos grupos se consideraron las especies más comunes:

- a. Hoja ancha: Melampodium divaricatum y Bidens pilosa
- b. Gramíneas: Digitaria sp., Rottboellia exaltata,
Eleusine indica y Panicum maximum.

La escala utilizada para indicar la superficie cubierta por cada tipo de maleza fue la siguiente:

| <u>Escala</u> | <u>% de cobertura</u> |
|---------------|-----------------------|
| 1 - 1,9 | 1 - 10 |
| 2 - 2,9 | 11 - 25 |
| 3 - 3,9 | 26 - 50 |
| 4 - 4,9 | 51 - 75 |
| 5 - 6,0 | 76 -100 |

3.9.7 Evaluación de daños ocasionados por la pudrición de la mazorca en el maíz causada por Diplodia sp.

Durante la segunda época de siembra se midió la incidencia de la enfermedad de origen fungoso causante de la pudrición de la mazorca (Diplodia sp.). Para ello se tomaron en cuenta todas las mazorcas cosechadas.

Con la finalidad de efectuar el análisis estadístico se transformaron los datos en porcentaje de la incidencia de la enfermedad a valores angulares según la tabla XV incluido en el texto de Calzada Benza (20).

3.9.8 Consideraciones económicas

Para la evaluación económica se compararon los dos sistemas de cultivos bajo los distintos manejos del suelo y niveles de fertilización empleados a través de los parámetros siguientes:

- a. Rentabilidad
- b. Retribución a cada factor involucrado en el proceso de producción (administración, tierra, mano de obra y capital).
- c. Distribución del uso de la mano de obra y los ingresos y gastos a través del período de tiempo que duraron los sistemas establecidos en el campo.

Para efectuar esta parte del estudio se tomó en cuenta solamente los resultados del segundo y tercer ciclo de cultivo.

Para realizar la parte c descrita anteriormente, se tuvo que escoger entre los dos niveles de fertilización considerados, por lo cual se realizó un análisis de presupuesto parcial utilizando el procedimiento descrito por Murcia (60).

Los elementos necesarios para elaborar el presupuesto parcial se agruparon de la siguiente manera:

- A. Ingresos adicionales (nuevos ingresos que se esperan obtener)
- B. Costos reducidos (cantidad de costos en los cuales ya no habrá necesidad de incurrir)
- C. Nuevas entradas (expresa la cantidad por la cual el plan alternativo, en este caso la alta fertilización

proporciona mayores ingresos al productor con relación al plan actual, en nuestro caso, la baja fertilización. Equivale a la suma de $A + B$

- D. Ingresos reducidos (cuantía de los ingresos que se dejarán de percibir)
- E. Costos adicionales (cuantía de menos costos para poner en práctica el plan alternativo)
- F. Nuevas salidas (señala la cifra por la cual el nuevo plan aumenta los gastos del productor. Es equivalente a la suma $D + E$)
- G. Diferencia (expresa los cambios en los ingresos, positivos o negativos que resultan de comparar el plan alternativo con el actual. Se obtiene de la resta de $C - F$).

Los valores que se esperan en A y B muestran la parte positiva del cambio, o sea, los nuevos ingresos que proporciona el plan alternativo (alta fertilización). Las cifras D y E señalan la parte negativa de la modificación, o sea, el aumento de los gastos, por consiguiente, un valor positivo de G indicará que el plan alternativo puede ponerse en práctica por cuanto aumenta los ingresos del productor en relación al plan actual (baja fertilización) y vice-versa si la cifra obtenida es negativa.

Para estudiar los parámetros considerados para el análisis, se tomaron en cuenta los precios vigentes en el mercado de Turrialba para los insumos y el interés del 9 por ciento cobrado por los bancos por

concepto de préstamos al agricultor. Además, el costo por jornal de 8 horas, el de alquiler de maquinaria y el costo de oportunidad de la tierra, correspondientes a la zona donde se realizó el ensayo. Los precios considerados para los productos fueron los fijados por el Consejo Nacional de Producción, para el caso del maíz y del frijol. En el caso del camote se tomó un promedio de los precios (el más alto y el más bajo) que han regido en los dos últimos años en el mercado de Turrialba. En el Cuadro 24A se muestran los datos correspondientes a lo explicado en el párrafo anterior.

Para efectuar los análisis se supuso que el agricultor trabajó con crédito del banco, por lo menos para sufragar parte de los costos incluidos durante el año. Por esta razón se incluyó dentro de los costos en efectivo los intereses pagados por el uso del capital prestado; se consideró solo un interés de 4,5 por ciento y no 9 por ciento porque se supuso que el dinero se utilizaría durante 6 meses solamente.

Para el cálculo de los diferentes parámetros económicos, se consideró al sistema de cultivos como unidad de estudio y se tomó en cuenta el 100 por ciento de los rendimientos experimentales.

Los cálculos económicos para el caso del camote se basaron en la producción de raíces clasificadas como comerciales de acuerdo a los criterios de calidad del mercado de Turrialba.

Los jornales fueron calculados con base en el tiempo requerido para realizar las diferentes actividades en las parcelas experimentales, promediándolos luego con los provenientes del Experimento Central del CATIE en condiciones similares.

Los conceptos de costos que se utilizaron en este análisis se

definen a continuación: costos variables (CV) que incluyen gastos de mano de obra, mecanización y materiales; costos efectivos (CE) que incluyen gastos de maquinaria contratada, materiales y monto pagado por el uso de capital circulante; costos fijos (CF) que incluyen los gastos por interés (I) sobre préstamos para capital circulante, calculados al 9 por ciento anual y pagados al cosecharse el primer cultivo, la renta (R), calculada en base al 10 por ciento anual sobre el valor de la tierra, la depreciación, calculada en base al valor actual de implementos y su vida útil, por último, el salario administrativo (A) (remuneración al trabajo de administración del productor y del técnico extensionista), en base al 10 por ciento de los costos variables y una extensión de 5 hectáreas; costos totales (CT) de producción incluyen CV más CF.

La rentabilidad de los sistemas de producción fue analizada mediante los parámetros o indicadores de eficiencia económica descritos por Dos Santos (25) y que a continuación se exponen:

Ingreso Total (IT): Producción total evaluada monetariamente en base a precios de mercado; indica el retorno bruto a todos los recursos que participaron en la producción.

Margen Bruto (MB): $IT - CV$. Representa el retorno bruto a los recursos fijos de la empresa; es lo que queda al agricultor o empresario para compensar los costos fijos y trabajos de administración después de compensar lo que constituye los costos variables.

Ingreso Neto (IN): $MB - CF$ o $IT - CT$. Significa el remanente neto, o sea, ingreso libre después de compensados todos los costos.

Margen Bruto Familiar (MBF): $IT - CE$. Indica el retorno bruto

a los recursos de la familia como administración, mano de obra, tierras, etc., después de compensados todos los gastos en efectivo.

Ingreso Neto Familiar (INF): $MBF + A - CF$. Para este cálculo se consideró que la tierra pertenece al agricultor; indica el retorno a la mano de obra familiar y administración cuando ya fueron compensados todos los demás gastos.

Retribución al capital circulante (RCC): $\frac{IT - R - COT - CE}{CE}$
 $MO - CE + I - D$, donde MO = costo de mano de obra, COT = costo de oportunidad de la tierra y D = Depreciación, indica la retribución neta lograda del proceso de producción por cada unidad monetaria invertida como efectivo en gastos de mecanización e insumos.

Retribución a la mano de obra (RMO): $\frac{IT - R - COT - CE - A}{NJ}$,
 donde NJ = número de jornales. Significa la retribución monetaria por cada jornal después de deducir los costos de oportunidad y de renta de la tierra, administración, mecanización insumos y costo del capital circulante.

Retribución a la tierra (RT): $\frac{IT - MO - CE - A - D}{ha}$, donde
 ha = cantidad de tierra en hectáreas. Representa la retribución monetaria por hectárea cultivada después de cubrir los costos de mano de obra, mecanización, materiales, depreciación, administración y costo de capital circulante.

Margen Bruto/Costos Variables (MB/CV): Indica la retribución monetaria por unidad de inversión realizada por concepto de mano de obra (se asume que el agricultor contrató toda la mano de obra), mecanización y materiales (CV), considerando que el agricultor ya compensó

esos costos pero no los costos fijos.

Margen Bruto Familiar/Costos en Efectivo (MBF/CE): Indica la retribución monetaria de los recursos de la familia como administración, mano de obra, tierra, etc. (después de compensado todos los gastos en efectivo) por unidad monetaria invertida en mecanización, materiales y pago de intereses al banco. En este caso se asume que toda la mano de obra utilizada fue suplida por la familia.

Ingreso Neto Familiar/Costos en Efectivo (INF/CE): Representa el retorno neto para la familia (INF), por cada unidad monetaria invertida en mecanización, materiales e intereses por utilización de capital circulante.

3.10 Diseño experimental y análisis de la información

Se usó el diseño experimental de cuadrado latino con 8 tratamientos y 8 repeticiones.

Para el análisis de variancia de las observaciones, se utilizó una metodología para analizar los datos de rendimientos de los cultivos asociados, en forma conjunta y por sistema, y otra metodología para analizar los rendimientos del maíz en monocultivo correspondiente a la segunda época de siembra, la producción de proteínas, carbohidratos, energía alimenticia, biomasa aérea por sistema; así mismo, como para los datos de densidad aparente y penetrabilidad del suelo.

3.10.1 Análisis de la variancia de los rendimientos de los cultivos asociados

Cuando dos especies son cultivadas en asociación, la interpretación de los datos experimentales presentan dificultades estadísticas

porque los rendimientos de ambos cultivos no serán independientes. Como consecuencia, es conveniente usar un método que permita obtener niveles de significancia y den importancia a los promedios de los tratamientos de ambos cultivos. Esto se ha demostrado que es posible por el análisis de bivariancia.

Con el objeto de analizar en forma conjunta el comportamiento de las dos especies asociadas en cada sistema, bajo los distintos tratamientos, se transformaron los datos correspondientes a los rendimientos promedios en nuevas variables, según la metodología propuesta por Pearce y Gilliyer (63):

$$y_1 = x_1 / \sqrt{V_{11}}$$

$$y_2 = (x_2 - V_{12} x_1 / V_{11}) \sqrt{V'_{22}}$$

donde:

y_1 y y_2 = nuevas variables que van a ser utilizadas para el análisis conjunto bivariado

x_1 y x_2 = rendimientos obtenidos para cada cultivo componente de la asociación. Ejemplo: x_1 y x_2 representan en este trabajo los rendimientos de maíz y frijol respectivamente, para el sistema M + F.

V_{11} = Cuadrado medio del error de la variable x_1

V_{12} = Cuadrado medio del error de los productos x_1
por x_2

$$V'_{22} = V_{22} - V_{12}^2/V_{11}$$

donde, a su vez:

$$V_{22} = \text{cuadrado medio del error de la variable } x_2$$

Los promedios de las dos nuevas variables se graficaron una contra la otra en la forma usual, para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de ambos cultivos al mismo tiempo.

Con el fin de detectar si hubo diferencias significativas entre los tratamientos estudiados se determinaron valores de la F bivariada mediante el procedimiento siguiente:

$$F = (\sqrt{B} - e) (e - 1)/(t e)$$

donde:

$$B = (T_{11} + e) (T_{22} + e) - T_{12}^2 \quad (\text{siendo } T_{11}, T_{22} \text{ y } T_{12} \text{ las sumas de cuadrados de } y_1, y_2 \text{ y } y_1 y_2, \text{ respectivamente})$$

e = grados de libertad del error

t = grados de libertad correspondiente a cada factor estudiado y de la interacción de éstos.

Para utilizar el análisis bivariado con los datos obtenidos en este ensayo, se consideró al diseño aplicado como bloques al azar con 8 repeticiones; para ello se consideraron a las hileras como repeticiones debido a la mayor heterogeneidad que presentaron en los análisis de variancia normales realizados para las demás observaciones.

3.10.2 Análisis de la variancia de las mediciones tomadas en el maíz en monocultivo y de los datos diferentes a los rendimientos tomados en el frijol asociado

Para este caso, cada observación morfológica, de biomasa o agronómica tomada por cultivo o por sistema fue analizada de acuerdo al modelo estadístico correspondiente al diseño de cuadrado latino (20, 74).

3.10.3 Análisis de la variancia de las variables biológicas medidas en el maíz y el camote sembrados en asociación

Para este caso las observaciones efectuadas por cultivo se analizaron empleando el modelo de bloques al azar (20, 74), debido a la dificultad encontrada para emplear el de cuadrado latino. Para ello se tomaron a las hileras como bloques ya que fue donde se detectó mayor variabilidad.

3.10.4 Análisis económico

La evaluación económica de los sistemas fue realizada con base en las determinaciones de beneficio-costos, de las retribuciones a los factores de producción y demás índices de eficiencia económica considerados. Además, se tomó en cuenta el flujo de ingresos y gastos en efectivo y la demanda de mano de obra durante el período que dura el sistema establecido en el campo. No se incluyó análisis estadístico para esta evaluación.

4. RESULTADOS

4.1 Rendimiento de los cultivos

El Cuadro 5 muestra los rendimientos promedios obtenidos durante las tres épocas de siembra para cada tratamiento. En el Cuadro 6 se pueden observar los valores promedios de rendimientos de maíz obtenidos, mostrando los efectos individuales de los factores estudiados. En los Cuadros 31A y 32A se indican los valores promedios de los datos de rendimiento transformados con el fin de realizar el análisis de bivariancia (ver sección 3.10.1) y para dibujar los gráficos incluidos en esta sección.

4.1.1 Primera época de siembra. Cultivos asociados.

a. Asociación maíz más frijol

A partir de los valores de F obtenidos del análisis de bivariancia para cada factor estudiado (Cuadro 2A) puede evidenciarse que hubo diferencias significativas solamente al nivel del 10 por ciento entre los niveles de fertilización y entre los métodos de manejo de suelo. La prueba estadística indicó además que no hubo interacción entre estos dos factores.

En la Figura 3, graficada con los valores promedios de los rendimientos transformados (Cuadro 32A) puede observarse que el nivel alto de fertilización fue superior al bajo para incrementar los rendimientos. En la misma Figura 3 se observa que la preparación mecánica del suelo fue superior a la cero labranza ya que se obtuvieron rendimientos superiores.

Cuadro 5. Rendimientos promedios (kg/ha) correspondiente a los cultivos maíz, frijol y camote, obtenidos durante las tres épocas de siembra.

| Tratamiento | PRIMERA EPOCA | | | |
|-------------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| | SISTEMA 1 (S ₁) | | SISTEMA 2 (S ₂) | |
| | MAIZ | FRIJOL | CAMOTE | FRIJOL |
| 1 (L - B) | | | 1.923,1 | 1.286,5 |
| 2 (N - B) | 2.534,8 | 738,8 | | |
| 3 (L - B) | 2.710,1 | 880,4 | | |
| 4 (N - A) | | | 2.124,3 | 1.286,5 |
| 5 (N - A) | 2.666,6 | 872,4 | | |
| 6 (L - A) | 3.370,6 | 846,9 | | |
| 7 (N - B) | | | 2.606,8 | 1.382,4 |
| 8 (L - A) | | | 1.887,5 | 1.530,0 |
| | SEGUNDA EPOCA | | | |
| | MAIZ | | MAIZ | |
| 1 (L - B) | | | 2.161,3 | |
| 2 (N - B) | 1.309,5 | | | |
| 3 (L - B) | 1.996,3 | | | |
| 4 (N - A) | | | 2.819,6 | |
| 5 (N - A) | 1.625,2 | | | |
| 6 (L - A) | 2.064,7 | | | |
| 7 (N - B) | | | 1.868,61. | |
| 8 (L - A) | | | 2.203,4 | |
| | TERCERA EPOCA | | | |
| | MAIZ | FRIJOL | CAMOTE | FRIJOL |
| 1 (L - B) | | | 1.638,2 | 1.185,9 |
| 2 (N - B) | 1.321,4 | 1.078,6 | | |
| 3 (L - B) | 605,0 | 1.003,0 | | |
| 4 (N - A) | | | 1.032,8 | 1.561,4 |
| 5 (N - A) | 1.539,5 | 1.274,8 | | |
| 6 (L - A) | 1.053,1 | 1.122,8 | | |
| 7 (N - B) | | | 1.495,7 | 1.153,3 |
| 8 (L - A) | | | 1.424,5 | 1.290,1 |

Cuadro 6. Promedio de los rendimientos (kg/ha) de maíz en monocultivo mostrando el efecto de los factores estudiados.
Segunda época de siembra.

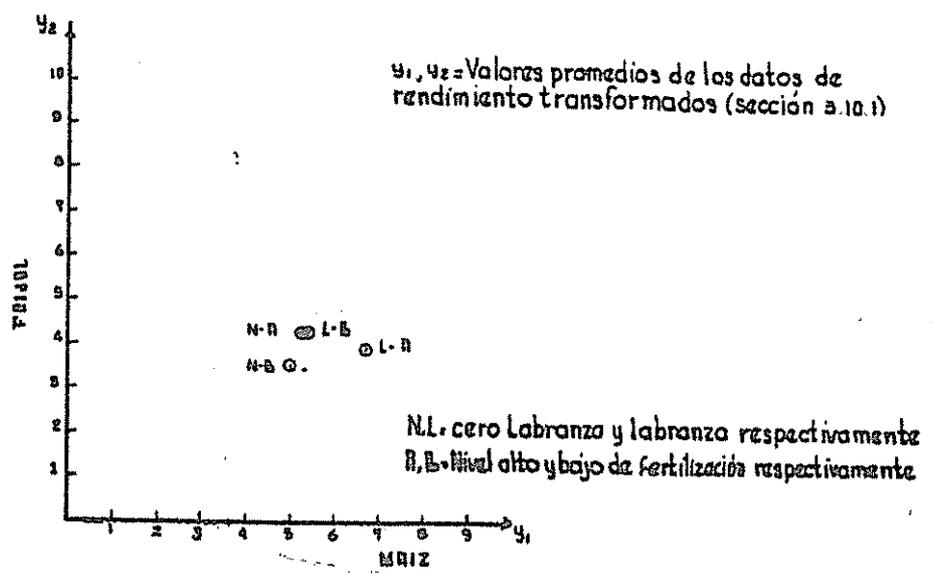
| FACTORES | Rendimientos de maíz (kg/ha) | |
|---------------------------|------------------------------|------------------------|
| | 1. Sistemas | Sistema S ₁ |
| | 1.699,0 | 2.263,2 |
| 2. Manejo del suelo | Cero labranza | Labranza |
| | 1.905,7 | 2.056,5 |
| 3. Nivel de fertilización | Bajo | Alto |
| | 1.784,0 | 2.178,2 |

b. Asociación camote más frijol

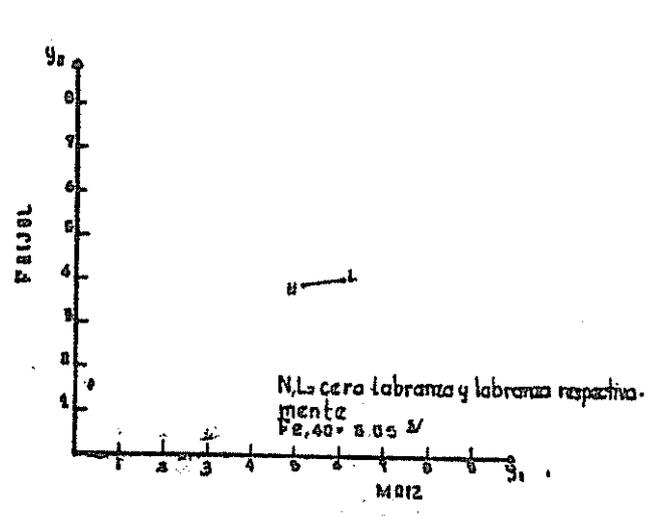
El análisis de bivariancia no evidenció diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 2A). En la Figura 4 se visualiza el comportamiento de los cultivos bajo los tratamientos aplicados.

4.1.2 Segunda época de siembra. Maíz en monocultivo

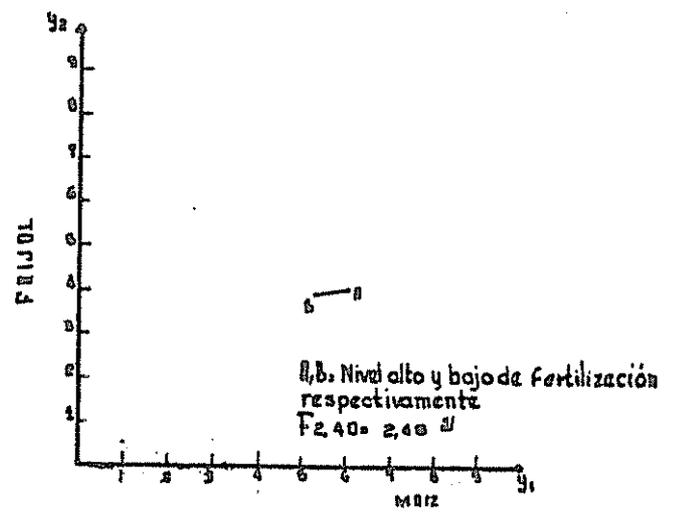
El Cuadro 3A indica que se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre los promedios de rendimiento por efecto de los sistemas de cultivos y de los niveles de fertilización.



a. Efecto de los métodos de preparación de tierra y de los niveles de fertilización



b. Efecto de los métodos de preparación de tierra

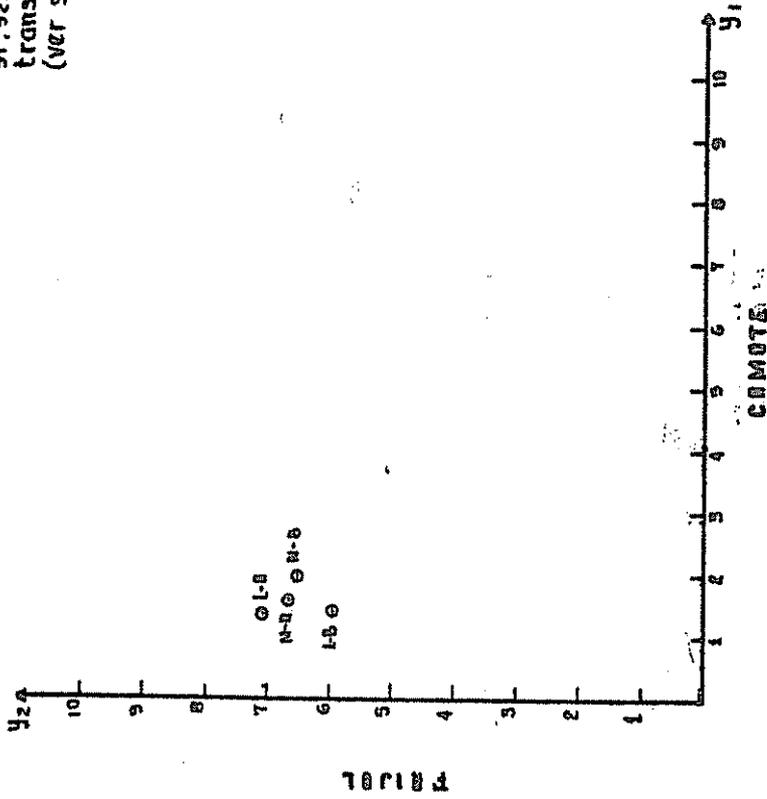


c. Efecto de los niveles de fertilización

Fig. 3 Efecto de los factores estudiados sobre los rendimientos de los cultivos frijol y maíz asociados. Primera época de siembra

A/ Diferencia significativa al nivel del 10%

91, 92: Valores promedios de los datos de rendimiento transformados utilizados en el análisis bivariado (ver sección 3.10.1.)



N.L. = bajo labranza y labranza respectivamente
 B. = Nivel alto y bajo de tecnología respectivamente.
 $F_{2,40} = N.S.$

Fig. 4 Efecto de los niveles de fertilización y de los métodos de manejo del suelo sobre los rendimientos de los cultivos camote y frijol. Primera época de siembra

L/ No se detectaron diferencias significativas entre factores

No hubo diferencias significativas entre los rendimientos por efecto de los métodos de manejo del suelo.

También se encontraron diferencias significativas entre las interacciones de sistemas con métodos de manejo del suelo.

En el Cuadro 7 se evidencia que con el nivel alto de fertilización se obtuvieron rendimientos promedios superiores a los obtenidos con el nivel bajo. En parcelas con el sistema de cultivos maíz-frijol + camote las producciones promedio de maíz fueron mayores que en las parcelas con el sistema de cultivos maíz-frijol+maíz.

La prueba de Duncan (Cuadro 11A) evidencia que cuando se usó el sistema S_1 con cero labranza se obtuvieron los rendimientos de maíz más bajos.

4.1.3 Tercera época de siembra. Cultivos asociados

a. Asociación maíz más frijol

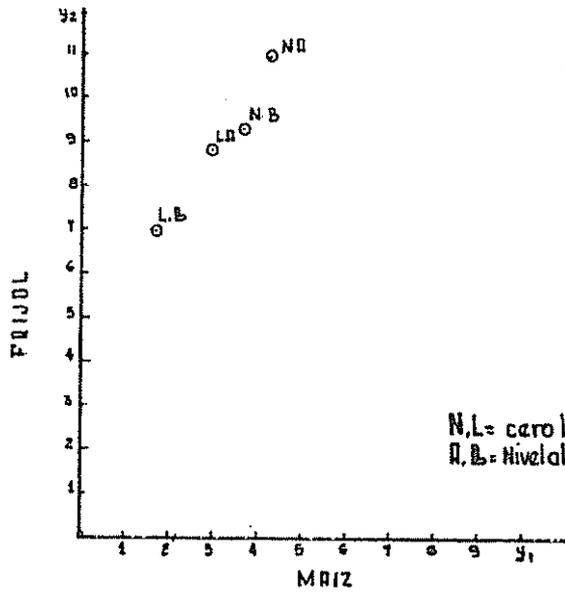
El análisis de bivariancia evidenció que hubo diferencias significativas al nivel del 1 por ciento en los rendimientos tanto entre métodos de manejo del suelo como entre niveles de fertilización. No se detectó interacción entre estos dos factores (Cuadro 2A). En la Figura 5 puede observarse el comportamiento de los rendimientos de los cultivos con respecto a las variables estudiadas; el método de cero labranza fue superior al de labranza y el nivel alto de fertilización superior al nivel bajo, en la obtención de rendimientos más elevados.

b. Asociación camote más frijol

En el Cuadro 2A se muestran los valores de F obtenidos del

Cuadro 7. Promedio de los rendimientos (kg/ha) de los cultivos en asocio mostrando el efecto de los factores estudiados.

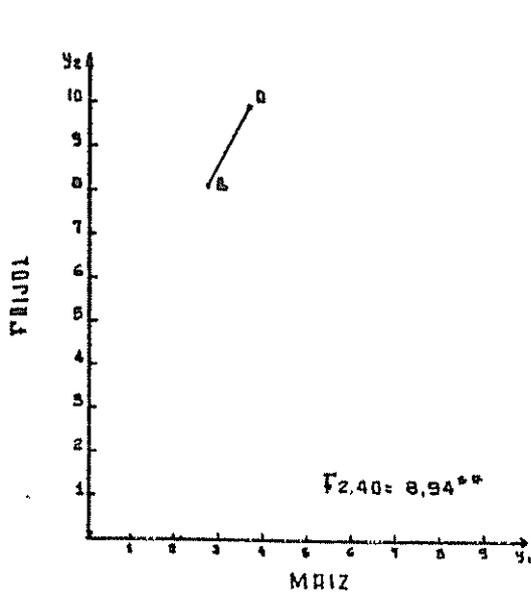
| PRIMERA EPOCA DE SIEMBRA | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| TRATAMIENTO | SISTEMA 1 (S ₁) | | SISTEMA 2 (S ₂) | |
| | MAIZ | FRIJOL | CAMOTE | FRIJOL |
| 1. Métodos de manejo del suelo. | | | | |
| CERO LABRANZA | 2.600,7 | 805,6 | 2.365,6 | 1.404,9 |
| LABRANZA | 3.040,3 | 863,7 | 1.905,3 | 1.408,2 |
| 2. Nivel de fertilización | | | | |
| BAJO | 2.622,4 | 809,6 | 2.265,0 | 1.334,4 |
| ALTO | 3.018,6 | 859,7 | 2.005,9 | 1.478,7 |
| TERCERA EPOCA DE SIEMBRA | | | | |
| 1. Método de manejo del suelo. | | | | |
| CERO LABRANZA | 1.403,5 | 1.176,7 | 1.264,3 | 1.357,7 |
| LABRANZA | 829,1 | 1.062,9 | 1.531,3 | 1.238,0 |
| 2. Nivel de fertilización | | | | |
| BAJO | 963,2 | 1.040,8 | 1.567,0 | 1.169,6 |
| Alto | 1.296,3 | 1.198,8 | 1.228,6 | 1.425,7 |



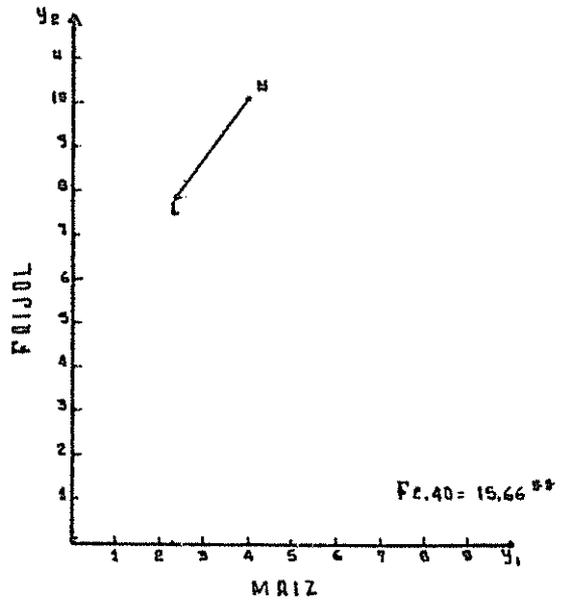
y_1, y_2 = Valores promedio de los datos de rendimiento transformados (sección 3.10.1).

N, L = cero Labranza y labranza respectivamente
 A, B = Nivel alto y bajo de fertilización respectivamente

a. Efecto de los métodos de preparación de tierra y de los niveles de fertilización



b. Efecto de los niveles de fertilización



c. Efecto de los métodos de preparación de tierra

Fig. 5 Efecto de los factores estudiados sobre los rendimientos de los cultivos maíz y frijol asociados. Tercera época de siembra

** Diferencia significativa al nivel del 1%

análisis de bivariancia correspondiente a los rendimientos de frijol y camote para la tercera época de siembra. Este análisis indica que hubo diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre los niveles de fertilización. No hubo diferencias significativas entre los métodos de manejo del suelo. Se encontró además que hubo significancia al nivel del 10 por ciento entre las interacciones de niveles de fertilización con métodos de manejo del suelo.

Según como se observa en la Figura 6, aparentemente con cero labranza y baja fertilización, se obtuvieron los rendimientos más bajos; sin embargo, cuando se utilizó cero labranza con alta fertilización, se obtuvieron los rendimientos más altos. En la misma Figura 6 se indica que la alta fertilización fue superior a la baja con cualquiera de los dos métodos de manejo del suelo utilizados.

4.2 Variables biológicas medidas por cultivo

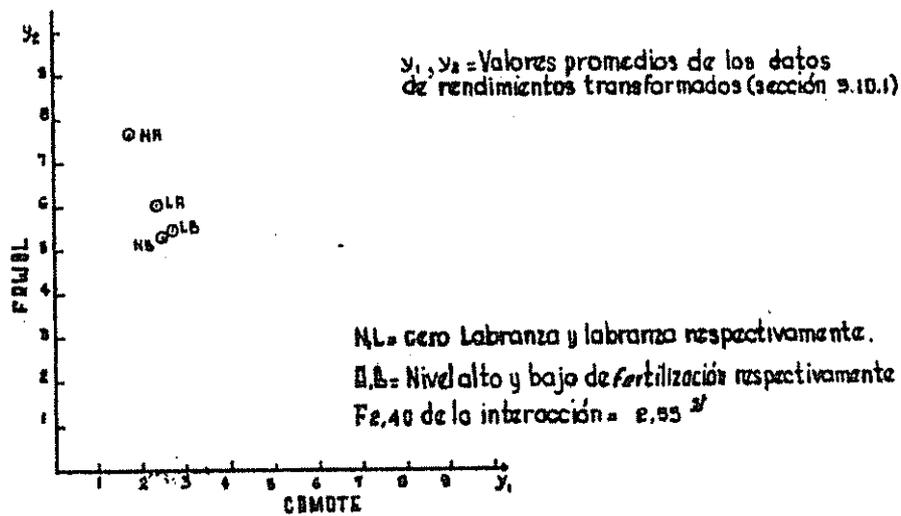
4.2.1 Maíz en monocultivo. Segunda época de siembra

El Cuadro 3A muestra los resultados del análisis de variancia de los valores correspondientes a las medidas de tipo biológico efectuadas en el maíz durante la segunda época de siembra.

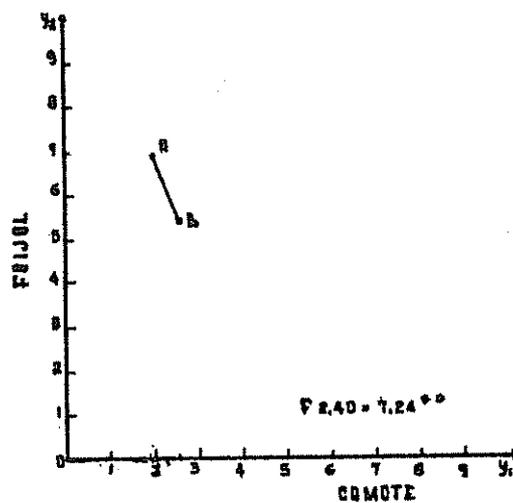
a. Biomasa aérea

Se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre los rendimientos de biomasa aérea de los sistemas de cultivos y los obtenidos bajo los dos niveles de fertilización.

En las parcelas con el sistema S_2 la cantidad promedio de biomasa de maíz fue mayor que la obtenida en las parcelas con el sistema S_1 .



a. Efecto de los niveles de fertilización y de los métodos de preparación de tierra



b. Efecto de los niveles de fertilización

Fig. 6 Efecto de los factores estudiados sobre los rendimientos de los cultivos camote y frijol asociados. Tercera época de siembra

** Diferencia significativa al nivel del 1%

* Diferencia significativa al nivel del 10%

Con el nivel alto de fertilización el rendimiento de biomasa aérea fue mayor que con el nivel bajo.

b. Altura de la planta

b.1 A los 30 días después de la siembra

Se encontraron diferencias significativas al nivel del 5 por ciento entre sistemas de cultivos y del 1 por ciento entre niveles de fertilización.

En parcelas con el sistema de cultivos S_2 el maíz alcanzó alturas superiores que en parcelas con el sistema S_1 .

Con fertilización alta el maíz presentó mayor altura que con la baja.

b.2 A los 60 días después de la siembra

Se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre sistemas de cultivos y niveles de fertilización.

En parcelas con el sistema de cultivos S_2 el maíz alcanzó mayor altura que en parcelas con el sistema S_1 .

Con el nivel alto de fertilización, la altura alcanzada a los 60 días fue mayor que con el nivel bajo.

b.3 A los 90 días después de la siembra

Se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre sistemas de cultivos, entre niveles de fertilización y entre métodos de manejo del suelo.

Al igual que a los 60 días, en parcelas con el sistema de cultivos S_2 se alcanzaron alturas mayores que en las parcelas con el sistema S_1 . Con fertilización alta y con labranza el maíz presentó alturas

Cuadro 8. Datos biológicos de los cultivos establecidos durante la segunda y tercera época de siembra.

| Tratamiento | SEGUNDA EPOCA DE SIEMBRA | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|---|-------|--|
| | M A I Z | | | | | M A I Z | | | | |
| | No. plantas/ha | No. mazorca/plantas | Peso de 100 semillas (g) | Altura de plantas (m) 30 días | Altura de plantas (m) 60 días | Biomasa aérea (kg/ha) | Biomasa aérea (kg/ha) | Marcas afectadas por <i>Diplocladia</i> sp. | | |
| S ₁ -L-B 1 | 37.954,49 | 0,85 | 24,73 | 0,49 | 1,94 | 2,03 | 5.488,95 | | 39,28 | |
| S ₁ -N-B 2 | 37.272,70 | 0,83 | 20,84 | 0,39 | 1,62 | 1,76 | 3.739,97 | | 49,61 | |
| S ₁ -L-B 3 | 36.060,56 | 0,91 | 23,35 | 0,29 | 1,88 | 1,98 | 4.437,93 | | 46,05 | |
| S ₂ -N-A 4 | 38.939,35 | 1,03 | 24,25 | 0,49 | 2,10 | 2,13 | 7.163,13 | | 38,99 | |
| S ₁ -N-A 5 | 38.712,10 | 0,86 | 20,54 | 0,48 | 1,94 | 1,96 | 5.054,22 | | 48,13 | |
| S ₁ -L-A 6 | 39.242,40 | 0,98 | 23,34 | 0,47 | 1,91 | 2,13 | 5.690,17 | | 39,50 | |
| S ₂ -N-B 7 | 37.499,98 | 0,90 | 21,61 | 0,45 | 1,94 | 2,00 | 5.663,68 | | 44,06 | |
| S ₂ -L-A 8 | 39.696,94 | 0,95 | 22,95 | 0,52 | 2,21 | 2,20 | 6.301,54 | | 46,93 | |

| Tratamiento | TERCERA EPOCA DE SIEMBRA | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|----------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|--------------------|
| | M A I Z | | | | | P R I J O L E | | | | | |
| | No. plantas/ha | No. mazorcas/plantas | Peso 100 semillas | Biomasa aérea (kg/ha) | No. plantas/ha | No. vainas/planta | Peso 100 semillas (g) | Biomasa aérea (kg/ha) | Biomasa aérea (kg/ha) | Mo. plantas/ha | Biomasa aérea (kg) |
| S ₂ -L-B 1 | | | | | 169.700 | 8 | 20,8 | 1421,52 | | 31.125 | 825,74 |
| S ₁ -N-B 2 | 29.697 | 3,2 | 25,8 | 4.213,78 | 162.000 | 8 | 31,8 | 1419,48 | | | |
| S ₁ -L-B 3 | 35.227 | 2,8 | 25,8 | 3.092,30 | 170.900 | 7 | 20,8 | 1306,43 | | | |
| S ₂ -N-A 4 | | | | | 153.900 | 9 | 21,7 | 1471,98 | | 29.558 | 1.753,98 |
| S ₁ -N-A 5 | 31.212 | 2,8 | 29,9 | 4.965,45 | 164.400 | 8 | 22,7 | 1581,92 | | | |
| S ₁ -L-A 6 | 30.302 | 3,6 | 31,9 | 3.160,79 | 175.500 | 8 | 21,7 | 1465,84 | | | |
| S ₂ -N-B 7 | | | | | 150.000 | 8 | 22,0 | 1279,94 | | 32.051 | 1.107,28 |
| S ₂ -L-A 8 | | | | | 167.300 | 9 | 22,1 | 1778,12 | | 28.774 | 1.364,80 |

superiores que con fertilización baja y cero labranza respectivamente.

c. Peso de 100 semillas

Hubo diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre sistemas de cultivos y entre métodos de manejo del suelo.

En parcelas con el sistema de cultivos S_2 el peso de 100 semillas fue mayor que en parcelas con el sistema S_1 . Con labranza este peso fue mayor que con cero labranza.

d. Número de mazorcas por planta

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el número de mazorcas por planta.

e. Población final de plantas por hectárea

No hubo diferencias significativas en el número final de plantas por hectárea.

f. Incidencia de la pudrición de la mazorca por Diplodia sp.

Se encontraron diferencias significativas al nivel del 5 por ciento entre sistemas de cultivos y entre las interacciones de sistemas de cultivos con métodos de manejo del suelo.

El sistema de cultivos S_1 (M-F+M) presentó mayor porcentaje de mazorcas afectadas por pudrición que el sistema S_2 .

La prueba de Duncan aplicada a los promedios del número de mazorcas afectadas por efecto combinado de los sistemas de cultivos con los métodos de manejo del suelo, indicó que en el sistema S_1 con cero labranza hubo mayor incidencia de la enfermedad.

4.2.2 Maíz en asociación. Primera y tercera época de siembra

En el Cuadro 5A y en el Cuadro 6A se muestran los cuadrados medios

Cuadro 9. Datos biológicos de los cultivos establecidos durante la primera época de siembra.

| Cultivos Tratamientos | M A I Z | | F R I J O L | | C A M O T E | | |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | Pob. de plantas/ ha | Biomasa aérea (kg/ha) | Mazorcas/ planta | Pob. de plantas/ ha | Biomasa aérea (kg/ha) | Pob. de plantas/ ha | Biomasa aérea (kg/ha) |
| 1- (S ₂ -L-B) | | | | 144.200 | 1.012,9 | 38.214 | 1.956,9 |
| 2- (S ₁ -N-B) | 34.091 | 1.435,7 | 0,92 | 150.600 | 786,7 | | |
| 3- (S ₁ -L-B) | 33.106 | 2.060,6 | 0,95 | 147.300 | 769,3 | | |
| 4- (S ₂ -N-A) | | | | 136.400 | 1.036,9 | 35.143 | 2.168,1 |
| 5- (S ₁ -N-A) | 30.606 | 581,5 | 0,90 | 146.100 | 783,5 | | |
| 6- (S ₁ -L-A) | 33.636 | 2.144,4 | 1,10 | 156.100 | 830,7 | | |
| 7- (S ₂ -N-B) | | | | 137.800 | 953,4 | 40.071 | 1.807,2 |
| 8- (S ₂ -L-A) | | | | 127.700 | 818,0 | 35.429 | 1.813,6 |

del análisis de variancia de las variables biológicas medidas en el maíz durante la primera y tercera época de siembra respectivamente.

a. Biomasa aérea

Durante la primera época de siembra no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Durante la tercera época se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre los métodos de manejo del suelo. Con cero labranza hubo mayor producción de biomasa aérea que con labranza.

b. Población final de plantas

Durante ninguna de las dos épocas de siembra se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el número de plantas por hectárea.

c. Peso de 100 semillas

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el peso de 100 semillas.

d. Mazorcas por planta

Durante la primera época de siembra hubo diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre métodos de manejo del suelo y al nivel del 5 por ciento entre los promedios obtenidos por el efecto combinado de niveles de fertilización con métodos de manejo del suelo.

Con labranza hubo mayor número de mazorcas por planta que con cero labranza.

La prueba de Duncan (Cuadro 12A) aplicada para los promedios obtenidos con el efecto combinado de niveles de fertilización con

métodos de manejo del suelo indica que con el nivel alto de fertilización y labranza se produjo un número significativamente mayor de mazorcas por planta en relación a las otras combinaciones.

Durante la tercera época de siembra no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

4.2.3 Frijol. Primera y tercera época de siembra

En el Cuadro 4A se muestran los cuadrados medios del análisis estadístico de las variables biológicas medidas durante la primera y tercera época de siembra en el cultivo del frijol.

Durante la primera época de siembra no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la producción de biomasa aérea.

Para la tercera época de siembra se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre niveles de tecnología y al nivel del 5 por ciento entre las interacciones de sistemas de cultivos con métodos de manejo del suelo.

El nivel alto de fertilización permitió obtener rendimientos de biomasa aérea superiores a los obtenidos con el nivel bajo.

Con el sistema S_1 y cero labranza y con el sistema S_2 con labranza se obtuvieron mayores rendimientos de biomasa que con el sistema S_1 con labranza y el S_2 con cero labranza respectivamente.

b. Población final de plantas

Durante el primer ciclo de siembra se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre sistemas.

En las parcelas con el sistema de cultivos S_1 la población final de plantas fue mayor que con el S_2 .

Durante la tercera época de siembra se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre sistemas de cultivos y entre métodos de manejo del suelo.

En parcelas con el sistema de cultivos S_1 hubo mayor número final de plantas por hectárea que en parcelas con el sistema S_2 .

En parcelas con labranza la población final de plantas fue mayor que en parcelas con cero labranza.

c. Peso de 100 semillas

Durante la primera época de siembra no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Durante la tercera época se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre niveles de fertilización y entre métodos de manejo del suelo.

Con el nivel alto de fertilización el peso de 100 semillas de frijol fue mayor que con el nivel bajo. En parcelas con cero labranza se obtuvieron pesos mayores que en las parcelas con labranza.

d. Número de vainas por planta

Para esta variable se encontraron diferencias significativas al nivel del 5 por ciento entre sistemas de cultivos y entre niveles de fertilización.

En parcelas con el sistema S_2 el número de vainas por planta fue mayor que en las parcelas con el sistema S_1 .

El nivel alto de fertilización permitió obtener mayor número de vainas por planta de frijol en relación al nivel bajo.

4.2.4 Camote. Primera y tercera época de siembra

En el Cuadro 5A y en el Cuadro 6A se muestran los cuadrados

medios del análisis de variancia de las variables biológicas medidas en el camote durante la primera y la tercera época de siembra respectivamente.

a. Población final de plantas

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el número de plantas de camote por hectárea durante ninguna de las dos épocas de siembra.

b. Biomasa aérea

Durante la primera época de siembra no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Durante la tercera época hubo diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre las interacciones de niveles de fertilización con métodos de manejo del suelo.

La prueba de Duncan (Cuadro 13A) indicó que los rendimientos obtenidos con cero labranza y fertilización alta fueron superiores a los obtenidos con las demás combinaciones de manejo del suelo y niveles de fertilización, con la excepción de labranza y fertilización alta con la cual se alcanzaron menos rendimiento de biomasa pero estos fueron estadísticamente iguales a los obtenidos con cero labranza y nivel alto de fertilización.

4.3 Producción de proteínas, carbohidratos, energía alimenticia y biomasa aérea por sistema de producción

En el Cuadro 7A se muestran los cuadrados medios del análisis de variancia de los rendimientos de proteínas, carbohidratos, energía alimenticia y biomasa aérea obtenidos por sistema de producción.

Cuadro 10. Efecto de los factores estudiados sobre la producción de proteínas, carbohidratos, energía alimenticia y biomasa total por sistema por período de permanencia de los sistemas de cultivos en el campo.

| Factores | V A R I A B L E S | | | |
|---------------------|-------------------|---------------|---------------------|---------------|
| | Proteínas | Carbohidratos | Energía alimenticia | Biomasa total |
| 1. Sistema | | | | |
| M - F + M | 500,4 | 2.601,1 | 13.345,9 | 2.601,1 |
| M - F + C | 499,2 | 2.584,7 | 13.283,9 | 2.584,7 |
| 2. Manejo del Suelo | | | | |
| Cero labranza | 516,8 | 2.677,3 | 13.748,8 | 2.677,3 |
| Labranza | 482,9 | 2.508,5 | 12.881,1 | 2.508,5 |
| 3. Fertilización | | | | |
| Alta | 545,7 | 2.781,3 | 14.385,2 | 2.781,4 |
| Baja | 453,9 | 2.404,5 | 12.244,6 | 2.404,5 |

4.3.1 Proteínas

Se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre niveles de fertilización. Con el nivel alto de fertilización hubo mayor producción de proteína por hectárea durante el período de permanencia del sistema de cultivos en el campo.

Aparentemente los dos sistemas de cultivos produjeron cantidades equivalentes de proteína por hectárea. Lo mismo sucedió con ambos métodos

de manejo del suelo ya que entre éstos tampoco se detectaron diferencias significativas.

4.3.2 Carbohidratos

Se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre niveles de fertilización. Con el nivel alto de fertilización hubo mayor producción de carbohidratos por sistema de cultivos.

No se encontraron diferencias significativas entre sistemas de cultivos ni entre métodos de manejo del suelo con respecto a producción de carbohidratos.

4.3.3 Energía alimenticia

Se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre niveles de fertilización.

Con el nivel alto de fertilización hubo mayor producción de energía alimenticia que con el bajo.

4.3.4 Biomasa aérea

Se encontraron diferencias significativas al nivel del 1 por ciento entre sistemas de cultivos, métodos de manejo del suelo y niveles de fertilización.

Con el sistema de cultivos maíz-frijol+maíz se obtuvieron rendimientos de biomasa aérea mayores que con el sistema de cultivos maíz-frijol+camote. Con la utilización del nivel alto de fertilización y con la utilización de cero labranza las producciones de biomasa aérea fueron mayores que con el nivel bajo de fertilización y labranza, respectivamente.

4.4 Características físicas del suelo

4.4.1 Densidad aparente

En el Cuadro 17A se muestran los valores promedios de la densidad aparente del suelo medida al final de la segunda y tercera época de siembra; así mismo también se indican los valores promedios de las diferencias entre la densidad aparente de la primera menos la de la tercera época de siembra.

En el Cuadro 8A se pueden observar los cuadrados medios del análisis de variancia de la densidad aparente del suelo y de las diferencias de los valores obtenidos en el primero y segundo muestreo (segunda y tercera época de siembra).

Durante la segunda época de siembra no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos a ninguna de las profundidades de muestreo.

Durante la tercera época solo se encontraron diferencias significativas al nivel del 5 por ciento entre métodos de manejo del suelo y entre los promedios obtenidos con el efecto combinado de los niveles de fertilización con los métodos de manejo del suelo.

En relación al muestreo inicial, la densidad aparente encontrada en el muestreo final, tuvo valores más bajos para todos los tratamientos y en todas las profundidades muestreadas. En el Cuadro 11 se observa que con cero labranza hubo menor disminución en relación con labranza a la profundidad de 0 a 5 cm.

Cuando las parcelas se establecieron con labranza y fertilización alta, la densidad aparente fue significativamente menor que con cero labranza y fertilización alta y también con respecto a cuando se

Cuadro 11. Valores promedios (g/cm^3) de las diferencias de la densidad aparente del suelo medida en la segunda y tercera época de siembra (segunda - tercera) a la profundidad de 0 a 5 cm, mostrando el efecto de los factores estudiados.

| | | |
|-------------------------------|----------------|----------------|
| SISTEMA DE CULTIVOS | S ₁ | S ₂ |
| | 0,026 | 0,064 |
| FERTILIZACIÓN | ALTA | BAJA |
| | 0,073 | 0,018 |
| METODO DE MANEJO DEL SUELO | CERO LABRANZA | LABRANZA |
| | 0,032 | 0,058 |

establecieron con labranza y baja fertilización.

En cuanto a la diferencia entre la densidad aparente medida en el primer muestreo y la medida en el segundo, se encontraron diferencias significativas al nivel del 5 por ciento entre tratamientos a la profundidad de 0 a 5 cm. Estas diferencias se encontraron entre niveles de fertilización y entre las interacciones de los niveles de fertilización con los métodos de manejo del suelo.

Con el nivel alto de fertilización hubo mayor disminución de la densidad aparente que con el nivel bajo.

En cuanto al efecto combinado de niveles de fertilización con métodos de manejo del suelo, el Cuadro 14A muestra que con labranza y alta fertilización hubo mayor disminución de la densidad aparente en relación a las demás combinaciones.

Es importante considerar que aún cuando no hubo diferencias significativas entre métodos de manejo del suelo, se observó una tendencia hacia una mayor disminución de la densidad aparente a la profundidad de 0 a 5 cm en las parcelas con el sistema S_2 con respecto a las parcelas con el sistema S_1 así como también con la labranza con respecto a la cero labranza (Cuadro 11).

4.4.2 Resistencia a la penetración

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos a ninguna de las profundidades estudiadas ni para las diferentes épocas ni para la diferencia entre épocas (Cuadro 9A). Sin embargo, se puede observar en el Cuadro 12 que hubo tendencias hacia cambios entre una época y otra, las cuales podrían ser de importancia en años subsiguientes.

El Cuadro 18A muestra que en la superficie del suelo hubo tendencia hacia la disminución de los valores de resistencia a la penetración. Con cero labranza esta disminución fue mayor aunque no significativa, que con labranza. Con la fertilización alta la disminución también fue mayor que con la baja. Entre sistemas no se observan diferencias importantes. El mismo Cuadro 18A muestra que a la profundidad de 10 cm hubo una tendencia hacia el aumento de la resistencia a la penetración del suelo. Con labranza esta tendencia fue más pronunciada

Cuadro 12. Valores promedios (Bares) de las diferencias de la resistencia a la penetración del suelo medida en la segunda y tercera época de siembra (Tercera época - Segunda época) mostrando el efecto de los factores estudiados.

| Profundidad | Sistema S ₁ | Sistema S ₂ |
|-------------|------------------------|------------------------|
| 0,0 m | - 4,026 | - 4,128 |
| | Alta fertilización | Baja fertilización |
| | - 1,921 | - 2,354 |
| | Cero labranza | Labranza |
| | - 3,898 | - 4,256 |
| <hr/> | | |
| 0,10 m | Sistema S ₁ | Sistema S ₂ |
| | 11,698 | 10,921 |
| | Alta fertilización | Baja fertilización |
| | 12,345 | 10,274 |
| | Cero labranza | Labranza |
| | 10,506 | 12,113 |

que con cero labranza y con fertilización alta mayor que con la fertilización baja. Tampoco a esta profundidad se observaron diferencias importantes por efecto de sistemas de cultivos.

4.5 Cambios en las características químicas del suelo

En el Cuadro 19A se muestran los promedios de las determinaciones químicas realizadas en muestras de suelo tomadas al inicio y al

final del ensayo a la profundidad de 0 a 10 cm. En el mismo cuadro se indican las diferencias entre estos dos promedios.

En el Cuadro 10A se pueden observar los cuadrados medios del análisis de variancia de las diferencias entre los valores iniciales y finales de los resultados del análisis químico del suelo.

4.5.1 Reacción del suelo (pH)

El análisis estadístico no detectó diferencias significativas de cambios del pH entre tratamientos.

4.5.2 Acidez extraíble

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. En el Cuadro 13 se observa que hubo una ligera disminución en la acidez con la cero labranza y un ligero incremento con la labranza.

4.5.3 Materia orgánica

Incrementos del porcentaje de materia orgánica para los diferentes tratamientos no presentaron diferencias estadísticas. En el Cuadro 13 se observa que aunque no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, el nivel alto de fertilización y cero labranza tuvieron una ligera tendencia a generar mayores incrementos del porcentaje de materia orgánica en el suelo.

4.5.4 Calcio

En todos los tratamientos hubo disminución de la cantidad de calcio presente en el suelo. No se detectaron diferencias significativas entre éstos.

Cuadro 13. Promedio de las diferencias entre los valores de las determinaciones químicas del suelo, realizadas al inicio y al final del ensayo.

| Factores estudiados | Nitrógeno | Carbono orgánica | pH | Acidez extraíble | Mg | K | Ca | P | C/N |
|-----------------------------|---------------|------------------|-------|---------------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Sistemas | ----- % ----- | ----- | ----- | ----- meq/100 ml de suelo ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| - M - F + M | -0,012 | -0,36 | -0,16 | -0,02 | 0,31 | -0,20 | 1,05 | 3,79 | -0,42 |
| - M - F + C | -0,003 | -0,42 | -0,16 | 0,02 | 0,37 | -0,26 | 1,15 | 2,96 | -1,41 |
| Fertilización | | | | | | | | | |
| Baja | 0,000 | -0,34 | -0,17 | 0,00 | 0,31 | -0,26 | 1,11 | 4,38** | -0,77 |
| Alta | -0,003 | -0,44 | -0,15 | 0,00 | 0,37 | -0,20 | 1,09 | 2,38 | -1,06 |
| Métodos de manejo del suelo | | | | | | | | | |
| Cero labranza | 0,001* | -0,40 | -0,14 | 0,05 | 0,33 | -0,31* | 1,05 | 3,46 | -1,05 |
| Labranza | -0,016 | -0,38 | -0,18 | -0,05 | 0,35 | -0,15 | 1,15 | 3,29 | -0,78 |

* Diferencias significativas al nivel del 5% de probabilidades.

** Diferencias significativas al nivel del 1% de probabilidades.

4.5.5 Magnesio

Hubo disminución de la cantidad de magnesio presente en el suelo para todos los tratamientos pero no se encontraron diferencias significativas entre éstos.

4.5.6 Potasio

Para el elemento potasio, el análisis estadístico no detectó diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, en el Cuadro 13 se observa que hubo tendencia hacia una mayor disponibilidad de potasio residual con cero labranza que con labranza.

4.5.7 Fósforo

Para todos los tratamientos hubo disminución en la disponibilidad de fósforo en relación al muestreo inicial. Se encontraron diferencias significativas al nivel del 5 por ciento entre niveles de fertilización para la cantidad presente de este elemento en el suelo. Con el nivel alto de fertilización se evidenció una mayor disponibilidad de fósforo que con el nivel bajo.

4.5.8 Nitrógeno

Con el caso del elemento nitrógeno hubo diferencias significativas al nivel del 5 por ciento entre métodos de manejo del suelo. Con la labranza hubo mayor acumulación de nitrógeno residual que con cero labranza. Se puede observar en el Cuadro 13 que las cantidades iniciales y finales de nitrógeno en parcelas con cero labranza fueron similares.

También se encontró significancia al nivel del 5 por ciento entre los promedios obtenidos por el efecto combinado de sistemas con

métodos de manejo del suelo. Con el sistema de cultivos S_1 con labranza hubo una mayor acumulación de nitrógeno tal como se muestra en el Cuadro 15A.

4.5.9 Carbono

No hubo diferencias significativas entre tratamientos. En el Cuadro 13 se observa que la acumulación de carbono para ambos métodos de manejo del suelo son prácticamente iguales.

4.5.10 Relación carbono - nitrógeno (C/N)

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, en el Cuadro 13 se observa una tendencia hacia el incremento de la relación C/N en el sistema de cultivos S_2 con respecto al S_1 . Esta misma tendencia se puede observar con el método de cero labranza en relación con el de labranza.

4.6 Cobertura y composición de las malezas predominantes luego de tres siembras consecutivas

El Cuadro 14 muestra el porcentaje de cobertura del suelo de los diferentes tipos de malezas que predominaron luego de tres siembras consecutivas. En este cuadro se observa que para el sistema de cultivos maíz-frijol+maíz hubo predominancia de malezas de hoja ancha, especialmente de Bidens pilosa (hierba anual o perenne de corta vida) (26). Por el contrario, en el sistema maíz-frijol+camote las especies de malezas estuvieron repartidas entre las de hoja ancha y las gramíneas. Las calificadas como de hoja ancha estuvieron representadas por las especies Bidens pilosa y Melampodium divaricatum (hierba anual) (26)

Cuadro 14. Cobertura (%) ^{1/} y composición de la vegetación predominante luego de tres siembras consecutivas de los cultivos maíz, frijol y camote incluidos como componentes de dos sistemas establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo y dos niveles de fertilización.

| Variable | ESPECIE PREDOMINANTE | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|------|-------|-----|-----|-----------|-----|-------|--|--|
| | Hoja Ancha | | | | | Gramíneas | | | | |
| | M | B | Total | E | D | R | G | Total | | |
| 1. Sistemas | | | | | | | | | | |
| M - M + F | 0,3 | 85,6 | 86,0 | 1,6 | 6,4 | 4,5 | 0,8 | 13,3 | | |
| M - C + F | 11,1 | 24,9 | 35,9 | 1,5 | 2,0 | 33,8 | - | 37,6 | | |
| 2. Prep tierra | | | | | | | | | | |
| Cero labranza | 4,6 | 49,3 | 53,9 | 3,6 | 4,0 | 34,3 | - | 42,7 | | |
| Labranza | 3,9 | 61,2 | 65,1 | 1,4 | 4,0 | 5,2 | 0,8 | 11,5 | | |
| 3. Fertilización | | | | | | | | | | |
| Alta | 5,6 | 57,4 | 63,1 | 2,0 | 3,9 | 23,6 | 0,8 | 30,4 | | |
| Baja | 2,9 | 53,4 | 56,3 | 1,0 | 4,0 | 19,8 | - | 25,7 | | |

1/ Promedios de 16 observaciones.

M: Melampodium divaricatum; B: Bidens pilosa; E.: Eleusine sp.; D: Digitaria sp.

R: Rottboellia exaltata; G: Gramalote (Paspalum sp.)

en este orden de importancia. Entre las gramíneas, hubo predominancia de la especie anual (26) Rottboelia exaltata.

En el mismo Cuadro 14 se muestra el porcentaje de cobertura de la vegetación predominante luego de tres épocas de siembra en las parcelas bajo dos métodos de manejo del suelo. En este cuadro se observa que con cero labranza la vegetación existente estuvo repartida entre malezas de hoja ancha con predominancia de Bidens pilosa y gramíneas con predominancia de Rottboellia exaltata. Con labranza las malezas predominantes son de hoja ancha, especialmente Bidens.

Con relación a los niveles de fertilización, la constitución de la población de malezas estuvo repartida en similar proporción para los dos niveles (Cuadro 14), con una ligera diferencia de cobertura en favor del nivel alto de fertilización. Las malezas de hoja ancha predominaron sobre las gramíneas en ambos casos. Dentro de estas dos categorías las especies más frecuentes fueron Bidens, entre las de hoja ancha y Rottboellia entre las gramíneas.

4.7 Consideraciones económicas

4.7.1 Eficiencia económica de los sistemas de producción

En el Cuadro 15 se presentan los valores de los parámetros económicos empleados para analizar los sistemas de producción estudiados. En este cuadro puede observarse que los sistemas que presentaron el mayor Ingreso Neto fueron el 4 ($S_2 - N - A$), el 1 ($S_2 - L - B$) y el 8 ($S_2 - L - A$), todos con la asociación frijol más camote como componente. Los de menor Ingreso Neto fueron el 2 ($S_1 - N - B$) y el 3 ($S_1 - L - B$), ambos con la asociación frijol + maíz y niveles

Cuadro 14. Indicadores de la eficiencia económica de los ocho sistemas de producción, Turrialba, 1979 (¢ C.R./ha).

| Sistemas económicos | IT | MB | IN | MBF | INF | ROC | RMO | RT | MB/CV | MBF/CE | INF/CE |
|-------------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------|-------|----------|-------|--------|--------|
| 1 (S ₂ -L-B) | 13.774,31 | 5.442,04 | 4.940,09 | 9.515,32 | 9.122,67 | 1,19 | 74,76 | 5.160,09 | 0,65 | 2,23 | 2,14 |
| 2 (S ₁ -N-B) | 9.957,60 | 1.893,19 | 1.384,29 | 7.256,20 | 6.868,91 | 0,56 | 47,51 | 1.604,29 | 0,23 | 2,69 | 2,54 |
| 3 (S ₁ -L-B) | 9.178,89 | 2.563,38 | 2.102,50 | 5.093,29 | 4.734,98 | 0,54 | 60,86 | 2.322,50 | 0,39 | 1,25 | 1,16 |
| 4 (S ₂ -N-A) | 15.256,53 | 5.830,79 | 5.260,60 | 11.765,70 | 11.351,19 | 1,55 | 71,05 | 5.480,60 | 0,62 | 3,37 | 3,25 |
| 5 (S ₁ -N-A) | 11.866,85 | 3.253,32 | 2.708,73 | 8.589,23 | 8.190,96 | 0,87 | 56,84 | 2.928,73 | 0,38 | 2,62 | 2,50 |
| 6 (S ₁ -L-A) | 11.040,18 | 3.861,17 | 3.364,12 | 6.378,36 | 6.008,92 | 0,75 | 74,73 | 3.384,12 | 0,54 | 1,37 | 1,29 |
| 7 (S ₂ -N-B) | 12.375,18 | 3.564,76 | 3.034,55 | 9.503,89 | 9.101,68 | 1,04 | 56,97 | 3.254,55 | 0,40 | 3,31 | 3,17 |
| 8 (S ₂ -L-A) | 13.791,75 | 4.844,69 | 4.302,78 | 8.916,72 | 8.511,78 | 0,91 | 69,97 | 4.522,78 | 0,54 | 1,83 | 1,75 |

IT = Ingreso total; MB = Margen bruto; IN = Ingreso neto; MBF = Margen bruto familiar; INF = Ingreso neto familiar;

RCC = Retribución al capital circulante; RMO = Retribución a la mano de obra; RT = Retribución a la tierra;

CV = Costos variables; CE = Costos en efectivo.

bajos de fertilización como componentes.

En el caso del Margen Bruto, Margen Bruto Familiar e Ingreso Neto Familiar, los sistemas con mayores valores en estos indicadores fueron, en primer lugar el 4 y en segundo lugar el 1 y el 7; con los menores valores estuvieron el 2 y el 3.

Los sistemas de producción que produjeron mayor Retribución al Capital fueron el 4, el 1 y el 7 ($S_2 - N - B$). Con menores valores estuvieron el 2 y el 3.

Con mayor Retribución al factor Mano de Obra sobresalieron los sistemas de producción 1 y 4. También para este parámetro los sistemas 3 y 2 tuvieron los valores más bajos.

En cuanto a la Retribución al factor Tierra, los sistemas 4, 1 y 8 se comportaron más eficientemente; los menos eficientes fueron el 3 y el 2.

Con respecto a las relaciones MBF/CE e INF/CE, los sistemas de producción 7 y 4 sobresalieron. Menores valores tuvieron el 3 y el 6.

Para la relación MB/CV, los mayores valores correspondieron a los sistemas 1 y 4. El menor valor lo tuvo el sistema 2.

4.7.2 Comparación de los niveles de fertilización utilizados

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de presupuesto parcial, mostrado en el Cuadro 16, el nivel alto de fertilización permitió aumentar los ingresos del productor en relación a la utilización del nivel bajo.

Cuadro 16. Comparación de dos niveles de fertilización utilizados en dos sistemas de cultivos establecidos con dos métodos de manejo del suelo, Turrialba, Costa Rica, 1979
(Ø C.R./ha).

| Elementos empleados para el análisis | SISTEMAS DE CULTIVOS | | | |
|--------------------------------------|----------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | M-F+M ^{1/} | | M-F+C ^{2/} | |
| | 3/ L | 4/ N | L | N |
| A. Ingresos adicionales | 11.040,18 | 11.866,85 | 13.791,75 | 15.256,53 |
| B. Costos reducidos | 1.116,82 | 1.116,82 | 1.176,18 | 1.176,18 |
| C. Nuevas entradas | 9.923,36 | 10.750,03 | 12.615,57 | 14.080,35 |
| D. Ingresos reducidos | 9.178,89 | 9.957,60 | 13.774,31 | 12.375,18 |
| E. Costos adicionales | 1.673,32 | 1.673,32 | 1.791,50 | 1.791,50 |
| F. Nuevas salidas | 7.505,57 | 8.284,28 | 11.982,81 | 10.583,68 |
| G. Diferencia | 2.417,79 | 2.465,75 | 632,76 | 1.791,50 |

1/ M-F+M = Maíz seguido de frijol asociado con maíz.

2/ M-F+C = Maíz seguido de frijol asociado con camote.

3/ L = Labranza

4/ N = Cero labranza

4.7.3 Impacto de los sistemas de cultivos y los métodos de manejo del suelo sobre la demanda de mano de obra

En la Figura 7 se muestra la distribución mensual del uso de mano de obra durante el período de un año, los promedios y las desviaciones medias absolutas correspondientes a cada sistema de cultivos bajo dos métodos de manejo del suelo. Se puede observar que para ambos sistemas el valor promedio de la demanda de mano de obra y la variación mensual de esta demanda es mayor cuando se utiliza el método de cero labranza.

Comparando entre sistemas de cultivos, en el sistema maíz-frijol+camote (S_2) el valor promedio de la demanda de mano de obra y la variación mensual de esta demanda es mayor que en el sistema maíz-frijol+maíz (S_1), utilizando cualquiera de los dos métodos de manejo del suelo.

Durante tres meses del año (febrero, abril y agosto) no se utilizó mano de obra en ninguno de los dos sistemas de cultivos.

4.7.4 Impacto de los sistemas de producción económicamente superiores sobre el flujo de ingresos y gastos en efectivo durante el período de permanencia de los sistemas de cultivos en el campo

En la Figura 8 se muestra la distribución mensual de los ingresos y gastos en efectivo durante el período de un año y también los promedios y desviaciones medias absolutas correspondientes a cada sistema de cultivos bajo dos métodos de manejo del suelo. Los niveles de fertilización escogidos para realizar los gráficos corresponden a

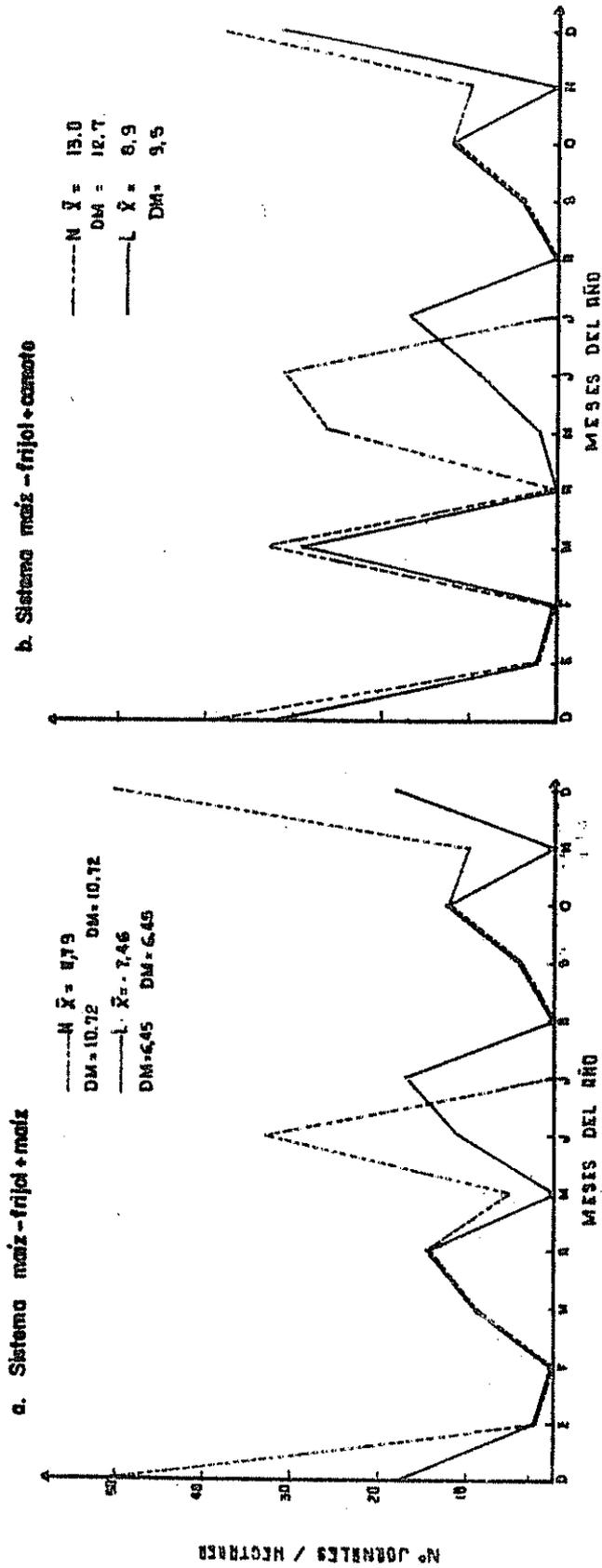
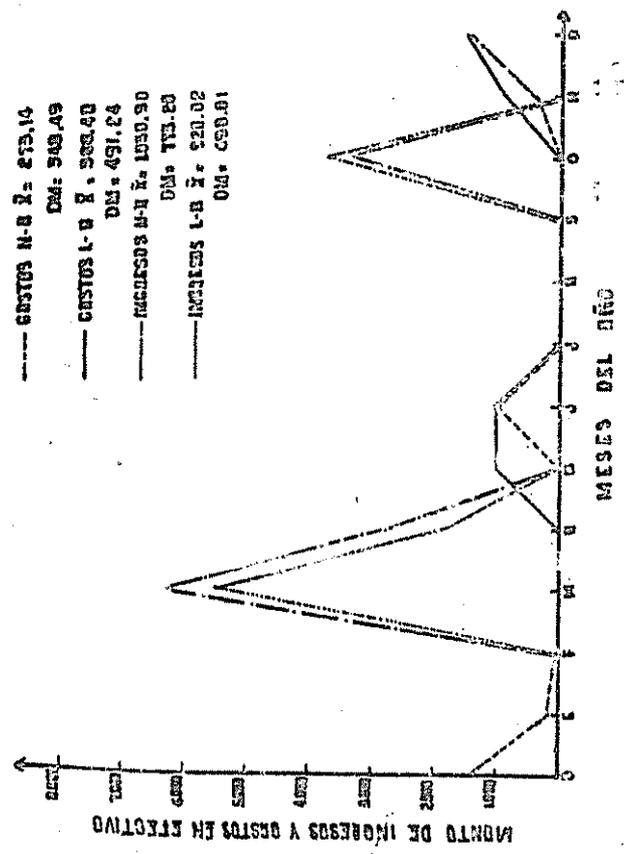


Fig. 7 Distribución mensual de la demanda de mano de obra para los sistemas establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo

a. Sistema maíz - frijol + maíz

--- GASTOS M-H \bar{x} = 273.14
 DM = 348.49
 --- GASTOS L-R \bar{x} = 303.40
 DM = 491.24
 --- INGRESOS M-H \bar{x} = 1030.90
 DM = 753.20
 --- INGRESOS L-R \bar{x} = 920.02
 DM = 690.01



b. Sistema maíz - frijol + camote

--- GASTOS M-H \bar{x} = 256.04
 DM = 365.52
 --- GASTOS L-R \bar{x} = 406.25
 DM = 514.92
 --- INGRESOS M-H \bar{x} = 1271.50
 DM = 533.53
 --- INGRESOS L-R \bar{x} = 1159.94
 DM = 869.95

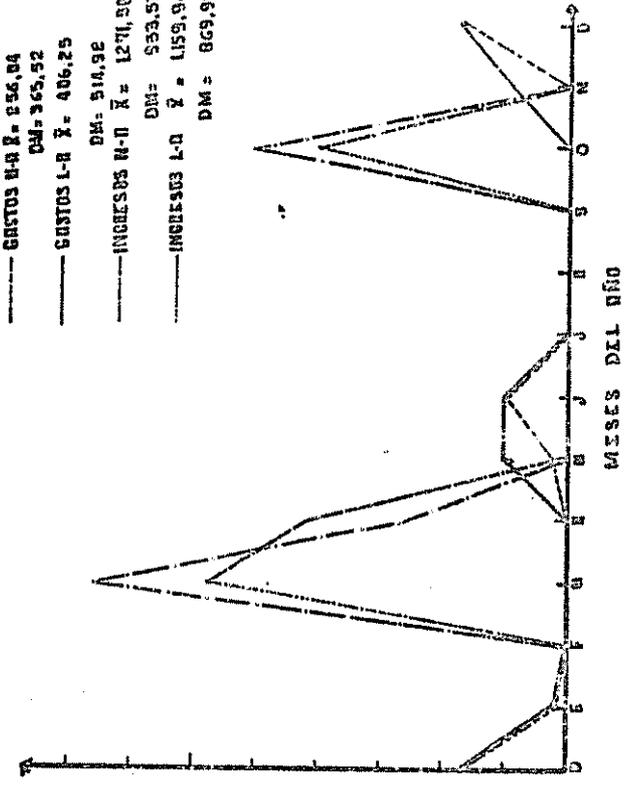


Fig. 6 Distribución mensual de los ingresos y gastos en efectivo de los sistemas establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo

los que proporcionaron mayores beneficios económicos de acuerdo al análisis de presupuesto parcial cuyos resultados se presentan en el Cuadro 16. Los niveles altos de fertilización proporcionaron mayores beneficios en todos los casos.

Para el sistema de cultivos maíz-frijol+maíz el valor promedio de los gastos en efectivo y la variación de éstos durante el año es menor con el método de cero labranza. Por lo contrario, el valor promedio de los ingresos es mayor con cero labranza que con la labranza al igual que su variación mensual.

En el caso del sistema de cultivos maíz-frijol+camote, el valor promedio de los gastos en efectivo y su variación durante el año es menor con el método de cero labranza; por el contrario, los ingresos son mayores al igual que su variación mensual durante el año con dicho método.

Comparando entre sistemas de cultivos, para el sistema S_2 hay una mayor magnitud en los gastos y de la variación mensual de éstos, cuando se utiliza cero labranza que para el sistema S_1 . Usando labranza, el volumen de los gastos y la variación mensual de éstos son mayores en el sistema de cultivos S_2 .

En cuanto a los ingresos, estos son mayores para el sistema de cultivos S_2 cualquiera sea el método de manejo del suelo utilizado. También, la variación mensual de los ingresos es mayor con el sistema de cultivos S_2 .

Con respecto al tiempo requerido para obtener ingresos, en el Cuadro 23A se observa que en ambos sistemas de cultivos se tendrán ingresos y balance positivo aproximadamente a los seis meses. Estas

consideraciones proporcionan una idea del tiempo durante el cual el agricultor deberá depender del uso de crédito o de su propio capital en efectivo lo cual, a su vez, le indica el monto que deberá pagar por concepto de intereses.

5. DISCUSION

5.1 Rendimientos

5.1.1 Maíz en monocultivo. Segunda época de siembra

Se encontraron diferencias entre tratamientos para la producción de grano de maíz pero el análisis estadístico no evidenció que estas diferencias se debieran al efecto de los métodos de manejo del suelo. Estos resultados coinciden con los encontrados por Burgos y Meneses (17) en una zona de alta precipitación en Costa Rica donde ellos tampoco encontraron diferencias en los rendimientos del maíz por efecto de los métodos de manejo del suelo. La adecuada disponibilidad de humedad durante esta época de siembra puede haber sido la causa de que las diferencias entre tratamientos aparentemente no se debieran a la influencia de los métodos de manejo. Esta afirmación se sustenta en las conclusiones de algunos investigadores (41, 44, 79) en el sentido de que la conservación de la humedad del suelo es el principal factor que ha permitido lograr mayores rendimientos en los cultivos establecidos con cero labranza en comparación con la labranza.

La utilización del nivel alto de fertilización permitió obtener rendimientos más elevados que con el nivel bajo. Esto se debe atribuir a la mayor disponibilidad de nutrimentos para las plantas lo cual les permitió alcanzar mayor altura, mayor incremento de biomasa aérea y rendimiento como resultado de una mayor capacidad fotosintética.

Con el sistema de cultivos maíz-frijol+camote (S_2), las producciones promedio de maíz fueron más elevadas que con el sistema maíz-frijol+maíz (S_1).

Para tratar de explicar estos resultados es conveniente considerar que el maíz establecido con el sistema de cultivos S_2 , además de producir rendimientos de grano más elevados, también alcanzó mayor altura, produjo rendimientos de biomasa aérea más elevados y tuvo mayor peso de 100 semillas. Aparentemente hubo una utilización más eficiente de la fertilización en las parcelas con el sistema de cultivos S_2 .

Una hipótesis, que quedaría sujeta a la verificación en futuros ensayos, sería que el mayor volumen de mantillo de las parcelas con el sistema S_1 dio lugar a una mayor infiltración y por consiguiente, a una mayor lixiviación del nitrógeno aplicado. Esto explicaría muy bien el hecho de que en parcelas con el sistema S_1 y cero labranza se produjeran los rendimientos más bajos. Bandel y colaboradores (8) han informado de mayores pérdidas de nitrógeno por lixiviación en parcelas con cero labranza en comparación con las que ocurren en parcelas labradas; así mismo, de la observación de síntomas más severos de deficiencia de nitrógeno en el maíz en parcelas con cero labranza en comparación con las labradas cuando se usaron dosis de este elemento inferiores a la óptima, para las condiciones del ensayo.

Otro factor que pudo influir en los resultados encontrados fue la mayor incidencia de pudrición de la mazorca que ocurrió en el sistema S_1 en comparación con el S_2 . Sin embargo, no se encontró correlación significativa entre los rendimientos y la incidencia de la enfermedad.

5.1.2 Asociación frijol más maíz. Primera y tercera época

Con el nivel alto de fertilización, se obtuvieron rendimientos

superiores a los obtenidos con el nivel bajo durante las dos épocas cuando se sembró esta asociación. Con respecto a los métodos de manejo del suelo, con labranza se obtuvieron mayores rendimientos de grano durante la primera época de siembra. Por el contrario, durante la tercera época la cero labranza fue superior.

Los resultados observados con relación a manejo del suelo durante la primera época pueden explicarse por la invasión más temprana de malezas ocurrida en parcelas con cero labranza durante las primeras etapas del cultivo. Esto se debió a que no se aplicó herbicida ni tampoco se dio el pase de rotavator de presiembra dado a las parcelas con labranza con el fin de combatir las malezas que ya emergían. La baja precipitación ocurrida durante este período afectó por igual a los cultivos con ambos tipos de manejo del suelo. La razón de lo anterior pudo ser que se había partido de un terreno preparado mecánicamente en su totalidad y las condiciones del suelo fueron similares para las parcelas con cero labranza y labranza. Lo anterior tiene relación con la ausencia de residuos de cultivos o mantillo, factor encontrado como fundamental para que se manifiesten los efectos benéficos de la cero labranza (41).

Durante la tercera época de siembra, la técnica de cero labranza permitió obtener mayores rendimientos en la asociación maíz más frijol. La baja precipitación ocurrida durante este período (Cuadro 1A), debió permitir que se manifestaran los beneficios del mantillo constituido por residuos de cultivos de las dos siembras anteriores, en el sentido de preservar la humedad del suelo y con ello asegurar una mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrimentos.

Durante esta época las parcelas con cero labranza fueron invadidas por malezas mucho más temprano (posiblemente por la mayor humedad presente) que las parcelas labradas por cuya razón fueron desmalezadas aproximadamente al mes de sembradas. Las parcelas labradas y con el sistema maíz-frijol+maíz no fueron desmalezadas porque se consideró que cuando el volumen de malezas se hizo considerable ya no era rentable realizar esta operación, por lo próximo de la cosecha del maíz (último cultivo cosechado en la parcela). Posiblemente la decisión de no desmalezar tuvo alguna influencia en los rendimientos más bajos alcanzados por el maíz en parcelas labradas, pero como se consideraba también el aspecto económico, se tomó en cuenta afirmaciones de investigadores (50), en el sentido que aproximadamente después de los 45 días de sembrado el maíz, el desmalezado no afecta significativamente los rendimientos y que por esta razón no es rentable efectuar dicha labor después de este período de tiempo. Estas conclusiones fueron obtenidas cuando se utilizaron cultivares de maíz con ciclo de vida similar al del cultivar utilizado en el presente ensayo (aproximadamente 150 días).

Durante la primera y tercera época de siembra la población final de plantas de frijol fue mayor en parcelas con el sistema S_1 en comparación con el sistema S_2 . En relación con los métodos de manejo del suelo, durante la primera época de siembra aparentemente la población de plantas fue afectada igualmente con labranza que con cero labranza. En esta época la superficie del suelo estuvo igualmente descubierta y había sido labrada con anterioridad para ambos tipos de manejo. Por el contrario, durante la tercera época de siembra, con cero

labranza la población de plantas fue menor que en parcelas con labranza. Observaciones realizadas durante las labores de siembra y de resiembra permitieron constatar que había más dificultades para realizar dichas labores cuando había mantillo sobre la superficie de parcelas con cero labranza que cuando la superficie del suelo estaba descubierta por acción de la labranza. Las mayores dificultades fueron las de visualizar los hoyos entre los residuos de vegetación luego de abiertos con el espeque; también las de tapar la semilla por la ausencia de tierra suelta en el suelo con cero labranza y por último, porque muchas veces la semilla no caía en el hoyo cuando el obrero la lanzaba desde lo alto como es su forma usual de colocar la semilla. Otra razón para que hubiera menor población en parcelas con cero labranza la constituyó la incidencia de babosas las cuales, aún cuando se combatieron siempre causaron daños, sobre todo en parcelas donde habían residuos de cultivos sobre la superficie.

5.1.3 Asociación frijol más camote. Primera y tercera época

Durante la primera época de siembra, los rendimientos de esta asociación de cultivos fueron similares para los diferentes tratamientos. Esto puede explicarse, para el caso del camote, por la uniformidad como fue afectado este cultivo por la sequía al momento y después de la siembra. Como se explicó en la sección anterior, las condiciones del suelo, específicamente la capacidad de conservación de la humedad fueron prácticamente iguales. Así mismo, por haber más área descubierta por la siembra atrasada del camote (15 días después del frijol) y por el poco desarrollo del frijol como consecuencia de la sequía, las malezas pudieron afectar por igual a todos los tratamientos. Esto no

ocurrió en el caso de la asociación maíz más frijol donde, si bien los cultivos no se desarrollaron en forma óptima, el maíz, sin embargo, creció lo suficiente para proporcionar sombreamiento, con lo cual hubo diferenciación marcada en el crecimiento de las malezas por el pase de rotavator de presembrado en las parcelas con labranza.

Durante la tercera época de siembra el nivel alto de fertilización superó al nivel bajo en la obtención de rendimientos más elevados de los cultivos incluidos en la asociación.

Con respecto a los métodos de manejo del suelo, aún cuando no hubo diferencias significativas entre ellos actuando individualmente, sí hubo significancia, para la interacción de éstos con los niveles de fertilización. Cero labranza con baja fertilización, proporcionó los rendimientos más bajos, pero cuando se utilizó con el nivel alto de fertilización, los rendimientos obtenidos fueron los más elevados. Lo anterior coincide con lo informado por algunos investigadores (7, 59), quienes han indicado que existe una tendencia a una baja eficiencia del nitrógeno con la práctica de cero labranza cuando este elemento se aplica en niveles bajos, pero que cuando se aplica en niveles altos sucede lo contrario. Bandel y colaboradores (8) evidenciaron mayor lixiviación de nitrógeno y síntomas más severos de deficiencia de este elemento en parcelas con cero labranza que con labranza cuando se usaron dosis de este elemento inferiores a la óptima para las condiciones del ensayo. Este fenómeno podría explicarse por la mayor infiltración de agua ocurrida con cero labranza y también con base a lo afirmado por Allison (3), en el sentido de que, debido a la adición de material vegetal con alta relación carbono-nitrógeno, como es el caso de tallos

lignificados de maíz (3, 28), pudo ocurrir una inmovilización parcial del nitrógeno por la flora microbiana que se forma en el suelo, lo cual se hizo evidente en las parcelas con baja fertilización. Posiblemente en las parcelas con baja fertilización y cero labranza, la acción de los microorganismos podría haber originado una inmovilización del nitrógeno originando que hubiera una baja disponibilidad de este elemento para los cultivos.

Los incrementos en la relación C/N luego de tres siembras consecutivas están indicados en el Cuadro 13; aparentemente el frijol fue el afectado en este caso porque tuvo los menores rendimientos con baja fertilización; por el contrario, el camote tuvo los menores rendimientos con fertilización alta. Es necesario resaltar que con ambos niveles de fertilización el camote tuvo rendimientos muy bajos lo cual se debió mayormente a la prolongada sequía ocurrida durante esta época de siembra.

La razón de que con el nivel alto de fertilización el camote haya rendido menos que con el nivel bajo puede atribuírsele a la tendencia de este cultivo a producir un considerable crecimiento vegetativo en presencia de altos niveles de fertilización, especialmente de nitrógeno y potasio, en detrimento de la producción de raíces comestibles. Esto ha sido reportado por varios autores (6, 15, 47, 75). El comportamiento descrito para este cultivo se observó en el campo en las parcelas con el sistema S_2 y nivel alto de fertilización. A los tres meses y medio de sembrado y luego que se cosechó el frijol y hubo suficiente humedad, fue cuando el camote inició en firme su desarrollo.

Brioso (15) encontró que bajo las condiciones de Turrialba, el cultivar C-15 de camote alcanzó su mayor incremento de biomasa foliar a los 60 días y además que luego de esta fecha experimentó un descenso para volver a incrementarse, aunque ligeramente, después de los 120 días debido a que en el primer caso hay pérdidas de hojas pero luego se produce una regeneración, especialmente si se presentan buenas condiciones climáticas.

En el presente ensayo, fue aproximadamente a los 120 días cuando el camote inició el incremento de biomasa foliar, época cuando Brioso (15) detectó el inicio de la disminución de dicha biomasa y el comienzo del aumento lineal de la biomasa subterránea. Este contraste se debió a las condiciones de sequía que imperaron durante la obtención de los presentes resultados. Con el nivel alto de fertilización el crecimiento vegetativo fue más vigoroso y rápido; la producción de biomasa aérea fue superior a la obtenida con el nivel bajo pero los rendimientos fueron también más bajos. La dosis de 75 kg/ha de nitrógeno, aplicada para el sistema de frijol y camote asociados se acerca a la encontrada como óptima para el camote en monocultivo por Loudran y Samuels (47) y Badillo (6) (82 y 78 kg/ha, respectivamente); dosis mayores a éstas originaron mayor crecimiento vegetativo pero rendimientos más bajos. Muy superior a éstas fue la dosis aplicada a las parcelas con nivel alto de fertilización (150 kg/ha) lo cual pudo originar el excesivo crecimiento vegetativo y la consiguiente baja en la producción de raíces. Sin embargo, podría esperarse en razón a la tendencia observada en el cultivar empleado hacia el incremento de su producción con el tiempo (15), que sembrándolo más temprano adelantara el

crecimiento vegetativo y diera una producción aceptable con el nivel alto de fertilización.

Brioso (15) encontró que con la aplicación de una fertilización de 156-112-37 kg de NPK a la asociación maíz+frijol sembrado en verano, se obtuvieron altos rendimientos de camote sembrado en invierno, en monocultivo, luego de cosechada la asociación, sin aplicación de fertilizante adicional. El suelo del área sembrada poseía niveles altos de potasio, con aplicaciones de 168 y 336 kg/ha de potasio, el camote produjo un rendimiento similar al alcanzado sin aplicación de este elemento y mayor al obtenido cuando se aplicaron 504 kg. Esto nos da una idea en el sentido que la aplicación de fertilizante a la asociación camote+frijol sembrado en postrera deberá basarse en la cantidad mínima requerida para obtener rendimientos aceptables en el frijol.

Debido a que el análisis de los resultados se debe hacer tomando al sistema de cultivos asociados como unidad de estudio, hay que considerar lo siguiente: con el nivel bajo de fertilización el frijol rindió menos y con el nivel alto el camote obtuvo a su vez las producciones más bajas. Por otro lado, la prolongada sequía afectó en mayor grado al camote que al frijol. Considerando que el factor riesgo es de vital importancia para el pequeño productor y que las sequías son una de las causas más frecuentes de pérdidas para éste, parece ser más conveniente inclinarse hacia la búsqueda de mayores producciones de frijol con el uso de niveles altos de fertilización, aún cuando vaya posiblemente en detrimento de las producciones de camote. Sin embargo, a través de futuros ensayos se podría buscar una

dosis de fertilización que satisficiera los requerimientos de ambos cultivos, sembrados con cero labranza; siempre tomando en cuenta que dicha asociación está incluida dentro del sistema policultural maíz-frijol+camote.

5.2 Producción de proteínas, carbohidratos, energía alimenticia y biomasa aérea por sistema de producción

5.2.1 Proteínas

La producción de proteínas por hectárea y por período de permanencia de los sistemas de cultivos en el campo fue equivalente para los dos sistemas de cultivos así como también para los dos métodos de manejo del suelo. Los niveles de fertilización fueron determinantes para incrementar los rendimientos de proteína. Con el nivel alto de fertilización la producción de proteína por hectárea y por período de permanencia de los sistemas de cultivos en el campo fue mayor que la obtenida con el nivel bajo.

Aún cuando la producción de camote y de maíz fue muy baja durante la segunda época de siembra, un incremento de ambas producciones no influiría en forma notoria para que un sistema de cultivos aventaje al otro. La razón de esta afirmación es que aún cuando el camote tiene una capacidad potencial mayor para producir biomasa comestible, también es cierto que el contenido proteico de esa biomasa es menos de la mitad (3,82%) que la del maíz (11,33%). Sin embargo, considerando que dentro del sistema de cultivos S_2 el frijol (23,6% de proteína) produjo mayores rendimientos que en el sistema S_1 , aumentos simultáneos de la producción del camote y del frijol como consecuencia de

mejores condiciones ambientales, pueden superar significativamente los rendimientos de proteína obtenidos por aumentos simultáneos de la producción de maíz y frijol en el sistema de cultivos S_1 . Es conveniente mencionar que el tratamiento 4 con el sistema de cultivos S_2 como componente produjo los mayores rendimientos de proteína por hectárea.

5.2.2 Carbohidratos

También para la producción de carbohidratos por hectárea el factor determinante bajo las condiciones de este ensayo, fueron los niveles de fertilización. La producción de carbohidratos fue equivalente con ambos sistemas de cultivos y métodos de manejo del suelo. Es necesario considerar también en esta oportunidad que dadas mejores condiciones ambientales y agronómicas (fertilización más baja en el camote con nivel alto de fertilización) en relación a las que rigieron durante la tercera época de siembra, el camote podría darle ventaja al sistema de cultivos S_2 en producción de carbohidratos por su alta capacidad de producción de biomasa comestible y rica en carbohidratos (89,6% aproximadamente). El sistema de producción 4 produjo de nuevo el rendimiento promedio más alto de carbohidratos por hectárea.

5.2.3 Energía alimenticia

La producción de energía alimenticia fue equivalente para ambos sistemas de cultivos y métodos de manejo del suelo. El nivel de fertilización utilizado fue el factor determinante en los incrementos de dicha producción; con el nivel alto de fertilización los rendimientos de energía alimenticia fueron mayores que con el nivel bajo.

En este caso también se debe considerar el significativo

incremento que proporcionaría una mayor producción de camote, cultivo que rinde cantidades de energía alimenticia por tonelada de biomasa comestible (3.845,1 Mcal/Tm) mayores a las que produce el frijol (1.689,9 Mcal/Tm) y similar a la del maíz (3.965,8). Esto podría dar ventaja al sistema de cultivos S_2 sobre el S_1 . Los tratamientos 4, 5, 6 y 8, en orden decreciente, produjeron mayor volumen de energía alimenticia por hectárea. Es de notar que los tratamientos 4 y 8 tienen el sistema de cultivos S_2 como componente y además produjeron menores rendimientos de camote que los tratamientos 1 y 7 con fertilización baja; ello sustenta la afirmación de la posibilidad de incrementar los rendimientos de este cultivo y con ello la producción de energía del sistema S_2 .

5.2.4 Biomasa aérea

El sistema de cultivos S_1 , con alta tecnología y con cero labranza arrojó las mayores producciones de biomasa aérea por hectárea que el sistema S_2 , con fertilización baja y con labranza, respectivamente.

Tomando en cuenta que la excesiva producción de biomasa aérea en el camote con fertilización fue más bien perjudicial, la ventaja del sistema de cultivos S_1 en producción de biomasa aérea posiblemente sea más amplia ya que para futuras siembras de camote se buscaría lograr menos follaje y más producción de raíces mediante la aplicación de dosis menores de fertilización.

5.3 Características físicas del suelo

5.3.1 Densidad aparente

En relación al muestreo inicial (segunda época de siembra), la densidad aparente del suelo fue menor al final del ensayo para todos los tratamientos y para todas las profundidades muestreadas. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en este primer muestreo.

Con respecto al segundo muestreo (tercera época de siembra), solo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos a la profundidad de 0 a 5 cm. Con labranza la densidad aparente del suelo fue menor que con cero labranza a esta profundidad. Considerando que en relación al primer muestreo la densidad aparente disminuyó en todas las parcelas, hay que resaltar que con cero labranza hubo menor disminución que con labranza; es decir, el suelo fue menos alterado. Burgos y Meneses (17) encontraron resultados parecidos en el sentido que la densidad aparente disminuyó con el aumento del laboreo y que la labranza mínima modifica poco esta característica del suelo. Esto es importante según Pla Santis (65), quien afirma que la disminución de la compactación natural de los suelos puede ser inconveniente porque desarrolla la porosidad e incrementa la actividad biológica, lo cual puede generar a los pocos años una disminución drástica de los niveles de materia orgánica, de la estabilidad estructural y de la misma actividad biológica superficial de los suelos tropicales.

También se encontró que con labranza y fertilización alta ocurrió una mayor disminución de la densidad aparente en comparación con las demás combinaciones de niveles de fertilización con métodos de manejo

del suelo. Esto pudo ser consecuencia del mayor volumen de biomasa incorporado al suelo con nivel alto de fertilización en comparación con el bajo y de la roturación mecánica del suelo efectuada por la labranza.

Aún cuanto no hubo diferencias significativas, se pudo observar que a la profundidad de 0 a 5 cm se encontraron valores menores de la densidad aparente en las parcelas con el sistema de cultivos S_2 en comparación con las parcelas establecidas con el sistema S_1 . Esto concuerda con las afirmaciones de MacDonald (49) en el sentido que la introducción del camote como componente de un sistema de cultivos permite luego de su cosecha dejar al suelo en condiciones adecuadas para la próxima siembra.

5.3.2 Resistencia a la penetración del suelo

No hubo diferencias significativas entre tratamientos a ninguna de las profundidades estudiadas. Sin embargo, se observaron algunas tendencias factibles de ser tomadas en cuenta.

En la superficie del suelo hubo una tendencia generalizada para todos los tratamientos hacia la disminución de la resistencia a la penetración. Sin embargo, es notorio que comparando los métodos de manejo del suelo, con cero labranza la disminución fue mayor. Esto puede ser explicado por la presencia del mantillo sobre la superficie de parcelas con cero labranza el cual conserva mejor la humedad del suelo y la resistencia a la penetración disminuye a medida que se incrementa el contenido de humedad (76, 77).

A la profundidad de 10 cm se observó un incremento generalizado para todos los tratamientos de la resistencia a la penetración.

Sin embargo, con cero labranza el aumento fue menor que con labranza, lo cual coincide con lo descrito para la superficie del suelo.

5.4 Características químicas del suelo

De acuerdo a los resultados encontrados, aparentemente niveles altos de fertilización tienden a incrementar los porcentajes de materia orgánica en mayor grado que los bajos. Iguales resultados han encontrado otros investigadores (12), los cuales pueden atribuirse a la mayor producción de biomasa que se obtiene con alta tecnología y que luego es integrada al suelo. Adicionalmente a esto, la cero labranza tiende a fomentar la acumulación de materia orgánica en mayor grado que la labranza. Este efecto benéfico de la cero labranza ha sido reportado por varios investigadores (12, 19, 44, 56).

Las cantidades de nitrógeno residual fueron mayores en parcelas con labranza. Bandel y colaboradores (8) encontraron este mismo resultado y lo atribuyeron a la mayor infiltración del agua y lixiviación de nitratos en parcelas con cero labranza. En otros ensayos (8, 59) no se han encontrado diferencias en la cantidad de nitrógeno residual cuando se compararon los dos tipos de manejo de suelo. Esto se atribuyó a la escasa precipitación ocurrida durante la realización de dichos ensayos (8).

Las cantidades de nitrógeno residual fueron afectadas también por el efecto combinado del sistema de cultivos y del método de manejo del suelo. El sistema de cultivos S_1 con labranza favoreció la acumulación más elevada de nitrógeno en el suelo que el sistema S_1 con cero

labranza. Este resultado se puede explicar también por la mayor infiltración que fomenta el mantillo superficial de las parcelas con cero labranza (8, 10, 39).

En cuanto al fósforo, la disponibilidad de éste al final del experimento, fue similar para los dos métodos de manejo del suelo. Con el nivel alto de fertilización hubo mayor disponibilidad de fósforo residual que con el nivel bajo. También se pudo observar que en las parcelas donde estuvo el sistema de cultivos S_1 la cantidad de fósforo residual detectada fue menor; posiblemente debido a la mayor absorción de este elemento por parte de los cultivos integrantes del sistema.

Con cero labranza se encontró que aparentemente existe una tendencia a la acumulación de mayor cantidad de potasio residual que con la labranza. Esto concuerda con los resultados encontrados por otros investigadores (1, 17, 19, 79). Al igual que para los cationes calcio y magnesio, esta mayor retención de potasio encontrada con cero labranza debe esperarse en razón a la mayor acumulación de materia orgánica (16) observada con este tipo de manejo del suelo.

Las cantidades de calcio y magnesio fueron menores al final del ensayo en todos los tratamientos. La disponibilidad de estos dos elementos fue similar para los dos métodos de manejo del suelo. Lo mismo sucedió para los dos sistemas de cultivos y niveles de fertilización. Burgos y Meneses (17) encontraron también que con cero labranza la cantidad de magnesio residual no varió mucho con las formas de manejo del suelo. En cambio, la disponibilidad de calcio residual fue menor en parcelas cero labranza.

En relación al porcentaje de carbono presente en el suelo, éste se incrementó en forma similar para ambos métodos de manejo del suelo, sistemas y niveles de fertilización. Lo mismo sucedió con la relación carbono/nitrógeno. Sin embargo, parece que hubo mayor tendencia al incremento de esta relación en las parcelas con cero labranza en relación con las labradas y con nivel alto de fertilización en comparación con las de nivel bajo.

El pH se incrementó en forma parecida para todos los tratamientos. Sin embargo, se observó una tendencia hacia un mayor incremento del pH en parcelas con labranza. Burity (19) encontró también incrementos del pH en parcelas con labranza. Otros autores (69) por el contrario, han encontrado que el pH disminuyó bajo los diferentes manejos de suelo pero en mayor proporción con cero labranza. Finalmente, otros investigadores (53, 59, 78) han encontrado que la cero labranza no afectó el pH del suelo.

El cambio en la proporción de acidez extraíble entre el inicio y al final del experimento fue similar bajo los diferentes tratamientos; aunque en parcelas con labranza hubo una ligera tendencia a incrementarse la acidez y en las parcelas con cero labranza hubo una tendencia a disminuir. Otros autores (17, 19) han encontrado que con cero labranza la acidez extraíble tiende a incrementarse en mayor proporción que con la labranza convencional.

5.5 Cobertura y tipo de malezas al final del ensayo

Observaciones realizadas durante la primera época de siembra, cuando no se aplicó herbicida en ninguno de los tratamientos, permitió

comprobar los efectos benéficos de la labranza sobre las malezas. Debido a que el suelo había sido labrado igualmente en todos los tratamientos, las parcelas con labranza estuvieron en ventaja con respecto a las parcelas con cero labranza en relación a la germinación de las malezas. El pase de rotavator dado antes de la siembra en parcelas con labranza, permitió un mayor retraso del desarrollo de las malezas que en las parcelas con cero labranza donde no se realizó ninguna labor al suelo antes de la siembra. El mismo retraso se observó durante la segunda época de siembra cuando se aplicó una mezcla de herbicidas de contacto en todas las parcelas antes de la siembra. Las parcelas con labranza estuvieron libres de malezas por más tiempo que con cero labranza. En esta oportunidad influyó que los desechos de los cultivos anteriores, que cubrían a las parcelas con cero labranza, impidieron una acción más efectiva de los herbicidas. Burgos y Meneses (17), utilizando un herbicida de contacto, encontraron resultados parecidos; mayor cantidad de malezas en parcelas con cero labranza, lo cual atribuyeron al rebrote y germinación de malezas perennes.

Durante la tercera época de siembra, cuando se aplicó un herbicida de acción sistémica para todas las parcelas, la emergencia y desarrollo de malezas fue más rápida en parcelas con cero labranza. El atraso de esta emergencia en las parcelas con labranza permitió que no fuera necesario el deshierbe para los tratamientos con el sistema de cultivos S_1 (maíz-frijol+maíz). No sucedió así con el sistema de cultivos S_2 (maíz-frijol+camote), donde posiblemente la poca cobertura proporcionada por el camote entre las hileras del frijol por la

siembra atrasada del primero y por su lento crecimiento debido a la sequía, permitió mayor entrada de luz que la permitida por el maíz en el sistema de cultivos S_1 . Esto favoreció el desarrollo más rápido de las malezas en el sistema de cultivos S_2 y debido al porte bajo del frijol y el camote y además debido también a la mayor duración de este sistema en el campo, se hizo necesario el desmalezado en dos oportunidades. Otros investigadores utilizaron el mismo herbicida de acción sistémica (glyphosate), y al aplicarlo sin chapiar la vegetación existente (17) y también chapiándola (19), obtuvieron menor volumen de malezas que cuando se aplicó una chapia a ras en el primer caso o cuando se efectuó labranza convencional sin aplicar herbicida alguno para ambos casos.

Según los resultados descritos anteriormente, parece ser que la labranza por sí sola no proporciona un control adecuado de las malezas sino que se requiere de la utilización adicional de herbicidas o de combate manual de éstas para obtener resultados positivos. En otras palabras, de acuerdo a la anterior afirmación y considerando además que se obtuvieron mayores rendimientos con cero labranza que con labranza convencional, puede llegarse a decir que no es imprescindible la labranza para controlar las malezas ni para obtener altos rendimientos bajo las condiciones donde se realizó el experimento. Más bien, el tipo de herbicida y la forma de aplicarlo parece ser la clave para obtener el éxito deseado en el combate de las malezas.

De acuerdo a lo observado, bajo las condiciones de este ensayo parece ser que la aplicación del glyphosate y luego la realización de la chapia a ras del suelo cuando ya el herbicida ha surtido su efecto,

es más recomendable que dar la chapia, esperar el rebrote y aplicar luego el herbicida. La razón es que los tallos del maíz sembrado en monocultivo en ambos sistemas, dificultan la chapia y no es recomendable cortarlos antes de aplicar el herbicida porque retrasan el rebrote de las malezas. Por otra parte, cuando se hace el chapeado antes de aplicar el herbicida, los residuos de vegetación retrasan también el rebrote requerido para la traslocación del herbicida a sus sitios de acción en la planta. El período de tiempo que transcurre desde el momento que se corta la maleza y ocurre el rebrote puede variar de acuerdo a la precipitación lo cual puede repercutir en un atraso de la siembra.

Observaciones adicionales en el campo, sobre las diferencias en la composición de la población de malezas en las diferentes parcelas, permitieron detectar que bajo el sistema de cultivos S_1 hubo predominancia de especies de hoja ancha, especialmente de Bidens pilosa; con el sistema de cultivos S_2 hubo una proporción similar entre malezas de hoja ancha y gramíneas. En cuanto a los métodos de manejo del suelo, con la cero labranza se obtuvo una proporción similar de los dos grupos de malezas. La especie de gramínea predominante en parcelas con cero labranza fue Rottboellia exaltata, especie anual, lo cual difiere de otros trabajos (17, 81) donde se han encontrado predominancia de gramíneas perennes. Con labranza hubo predominancia de malezas de hoja ancha. Con cero labranza la proporción fue similar.

En relación a los niveles de fertilización, el nivel alto propició la obtención de una mayor cobertura y volumen de malezas; no se observó predominancia de algún grupo de malezas en especial por efecto de este factor.

5.6 Consideraciones económicas

5.6.1 Eficiencia económica de los sistemas de producción

Los Ingresos Netos más altos fueron proporcionados por los sistemas de producción 4 ($S_2 - N - A$), el 1 ($S_2 - L - B$) y el 8 ($S_2 - L - A$). El primero de los nombrados aventajó en un 6 por ciento al segundo y en un 18 por ciento al tercero, en relación a dicho ingreso. Es importante hacer notar que con el sistema de producción 1 la magnitud de los costos y la producción de camote fueron mayores que con el sistema de producción 4, el cual, a su vez, aventajó significativamente al sistema de producción 1, en producción de maíz y de frijoles durante la segunda y tercera época de siembra, respectivamente (Cuadro 5). Esta observación es conveniente tomarla en cuenta porque siendo el maíz y el frijol los componentes menos variables en producción y precios dentro del sistema, y que además poseen un mercado más seguro, el productor que desee optimizar sus ganancias, es decir, maximizar el Ingreso Neto y/o correr menos riesgos, deberá considerar lo anterior en el momento de la elección entre estos dos sistemas de producción.

Para el pequeño productor que cuenta con mano de obra familiar durante todo el año, probablemente los parámetros más apropiados como patrones de evaluación serían el Margen Bruto Familiar y el Ingreso Neto Familiar. Con base en estos dos parámetros, las alternativas más convenientes son los sistemas de producción 4, 1 y 7 en este mismo orden de importancia.

Si el agricultor solo considera importante minimizar sus costos

variables y desea evaluar las alternativas por su Margen Bruto, los sistemas de producción 4 y 1 serían también en este caso los más convenientes.

En el caso de los productores cuyos objetivos sean maximizar los retornos por la inversión hecha en costos variables, el índice Margen Bruto/Costos Variables les proporciona la información requerida para efectuar la elección. Por cada colón invertido en mano de obra, mecanización y en materiales, la producción evaluada de los sistemas de producción 1 y 4 proporcionó un retorno máximo de $\text{Q}0,55$ y $\text{Q}0,62$, respectivamente.

Los parámetros MBF/CE e INF/CE serían patrones de evaluación adecuados para los productores en capacidad de suplir en gran parte o en su totalidad la mano de obra, ya que representan el retorno para la familia por colón invertido en los costos en efectivo. Para ambos parámetros, los sistemas de producción que se presentaron como mejores alternativas fueron el 4 y el 7.

Muchas veces el agricultor opta por el sistema de producción que le da mayor retribución a su factor(es) limitantes. Cuando el factor limitante es capital y se pretende maximizar el retorno a los gastos en mecanización, insumos y pago de intereses por uso de capital circulante, los sistemas de producción 4, 1 y 7 se presentaron como mejores alternativas. Por cada colón invertido en los costos en efectivo se obtiene una remuneración de 1,55 , 1,19 y 1,04 colones, respectivamente.

Si la mano de obra es el factor limitante, los sistemas de producción 1, 6 y 4 proveen los retornos más altos con 74,76 , 74,73 y

71,05 colones, respectivamente. Los demás sistemas alcanzaron valores que oscilaron entre $\text{Q}47,51$ y $\text{Q}69,27$ (sistemas 2 y 8, respectivamente). Todos estos valores superaron el costo de oportunidad de mano de obra del agricultor que era de $\text{Q}37,76$.

Si se desea maximizar el retorno al factor tierra, los sistemas de producción 4 y 1 son los más adecuados, con una retribución equivalente a $\text{Q}5.480,60$ y $\text{Q}5.160,10$, respectivamente, por hectárea, por año. Esto significa un retorno de 27 y 26 veces superior al costo de oportunidad actual de la tierra ($\text{Q}200,00$).

De lo anterior podemos resumir lo siguiente:

- a. Para el agricultor comercial (utiliza el producto para la venta), los sistemas de producción 4 y 1, por proporcionar los mayores beneficios netos y una mayor retribución a los factores de producción, administración, tierra y capital, son las alternativas que le ofrecen mayores posibilidades de satisfacer sus objetivos. Otras consideraciones como disponibilidad de maquinaria, tiempo y condiciones de clima y suelo, para realizar preparación mecánica, entre otros factores, deberán ser tomados en cuenta para elegir entre ambas alternativas.
- b. Para el pequeño productor, caracterizado por severas restricciones de tierra y capital, y solamente con alguna disponibilidad de mano de obra y abundante energía radiante del sol durante todo el año, como únicos recursos, los sistemas de producción 4 y 1 serían los más adecuados porque ofrecen el mayor MBF e INF así como también mayor retribución a los factores limitantes de tierra, mano de obra y capital.

El sistema de producción 7 ($S_2 - N - B$) es una opción válida para este tipo de agricultor porque requiere menores gastos de dinero en efectivo que el sistema de producción 4 y que el 1; proporciona además un INF similar al del sistema 1, exceptuando al sistema 4; aventaja a los demás sistemas de producción en MBF/CE e INF/CE y produce una aceptable retribución a los factores de producción en relación a las otras alternativas.

5.6.2 Demanda de mano de obra

Agricultores con disponibilidad de mano de obra familiar durante todo el año tendrán en las alternativas que incluyen al sistema de cultivos S_2 y al método de cero labranza como componentes, mayor oportunidad de hacer uso de este recurso que con el sistema de cultivos S_1 y con labranza, respectivamente. Así, los sistemas de producción 4 y 7, considerados entre los mejores por los beneficios económicos que aportan, demandan una mayor mano de obra que el sistema de producción 1. Cuando la mano de obra constituye un factor limitante, los sistemas de cultivos que incluyen camote como componente (S_2), pueden ser menos ventajosos. Lo mismo sucede con los sistemas que incluyen cero labranza, si las labores de chapiado, siembra y aplicación de herbicida no se pueden mecanizar. La demanda mensual de mano de obra durante el año es menos uniforme en el sistema de cultivos S_2 con respecto al S_1 ; ésta presenta "picos" o altibajos en mayor número y más pronunciados. Esta característica no es deseable por la dificultad que se crea para encontrar mano de obra donde la oferta de ésta es poco variable. Con cero labranza ocurre lo mismo que con el sistema de

cultivos S_2 , presenta una demanda mensual de mano de obra más variable que cuando se utiliza el método de labranza.

Es importante hacer referencia en esta sección que las alternativas que incluyen al sistema de cultivos S_1 y labranza (2, 3, 5 y 6), resultaron tener los menores valores en la mayoría de los parámetros económicos estudiados.

5.6.3 Ingresos y gastos en efectivo

Las alternativas que incluyen al sistema de cultivos S_1 presentan menor volumen de gastos en efectivo y también menor variación de éstos durante el año, pero también son los que proporcionan menores ingresos en relación con las que incluyen al sistema de cultivos S_2 .

El método de cero labranza permite obtener mayores ingresos y hacer menos gastos con respecto a la labranza. Esto es de relevante importancia, sobre todo para el pequeño productor que dispone de poco capital, poca capacidad de endeudamiento y no le gusta correr muchos riesgos.

En cuanto a la prontitud en obtener ingresos, los sistemas de cultivos S_1 y S_2 los proporcionan al mismo tiempo, por venta de maíz en invierno o de frijol en postrera. Esto significa que los intereses que se pagarán por el uso del crédito dependerá del monto y no del tiempo durante el cual se dispondrá del capital para las diferentes alternativas de producción.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes del presente trabajo son las siguientes:

1. Con cero labranza se pueden obtener mayores o iguales rendimientos que con labranza en los sistemas de cultivos estudiados.
2. La presencia de residuos de vegetación sobre la superficie del suelo aparentemente es indispensable para tener éxito con el uso de cero labranza.
3. Con el uso del nivel alto de fertilización empleado se pueden obtener producciones más elevadas que con el nivel bajo en el sistema de cultivos maíz-frijol+maíz. Cuando el nivel alto se usa con el sistema maíz-frijol+camote, tanto el maíz como el frijol pueden responder con mayor producción; sin embargo, el camote alcanza menores rendimientos, que cuando se utiliza el nivel bajo de fertilización.
4. La densidad aparente y la resistencia a la penetración del suelo, indicaron que ninguno de los dos métodos de manejo del suelo, dieron lugar a problemas de compactación, luego de tres siembras consecutivas. Con cero labranza, el suelo fue menos alterado en el horizonte superficial de 0 a 5 cm.
5. Cero labranza con alta o baja tecnología aparentemente permite incrementar la materia orgánica a corto plazo en mayor grado que con el uso de labranza y baja tecnología pero en menor proporción que con labranza y alta tecnología.
6. Las cantidades de nitrógeno residual en el suelo, a la profundidad de 0 a 10 cm, fueron menores con cero labranza que con labranza.

7. Cuando se utiliza cero labranza parece ser conveniente aplicar dosis altas de fertilizantes, especialmente de fuentes de nitrógeno.
8. Las cantidades de fósforo, calcio y magnesio residual presentes en el suelo, a la profundidad de 0 a 10 cm, parecen ser afectados en forma similar por los dos métodos de manejo del suelo. La cantidad de potasio residual parece ser más alta cuando se utiliza cero labranza.
9. El pH del suelo tendió a incrementarse en forma uniforme para ambos métodos de manejo del suelo. Los cambios en la acidez extraíble fueron similares para ambos tipos de manejo; con labranza hubo tendencia a aumentar y con cero labranza a disminuir.
10. Aparentemente el uso combinado de labranza con herbicidas sistémicos o de contacto protegen por más tiempo contra la emergencia de las malezas que cuando se aplican los mismos herbicidas con cero labranza.
11. Con los sistemas de cultivos empleados, la aplicación inicial del herbicida de acción sistémico glyphosate y, posteriormente efectuar una chapia a ras del suelo, parece ser más indicado cuando se utiliza cero labranza que efectuar la chapia a ras y posteriormente aplicar el herbicida al rebrote de las malezas.
12. El tipo de maleza predominante en parcelas con labranza, luego de tres siembras consecutivas, fueron especies de hoja ancha. Con cero labranza la proporción fue similar entre especies de hoja ancha y gramíneas. Con el sistema de cultivos maíz-frijol+maíz la población de malezas predominante fue del tipo de hoja ancha. Con el sistema

maíz-frijol+camote hubo proporciones similares de hoja ancha y gramíneas.

13. Los sistemas de producción más convenientes desde el punto de vista económico, fueron el 4 ($S_2 - N - A$) y el 1 ($S_2 - L - B$). Estos proporcionaron los Ingresos Netos más elevados así como también las mayores retribuciones a los factores de producción.

14. El incremento de la producción de proteínas, carbohidratos y energía alimenticia por hectárea fueron determinados por los niveles de fertilización. Con el nivel alto de fertilización hubo mayor producción. Con el sistema de producción 4 ($S_2 - N - A$) se obtuvo los rendimientos promedios más elevados de los tres renglones considerados.

15. Los sistemas de producción que incluyen al sistema de cultivos maíz-frijol+camote como componente, son los más adecuados para agricultores que dispongan de mano de obra familiar y además que la oferta de este recurso en el área no sea muy restringida. Lo mismo sucede con los sistemas de producción que incluyen cero labranza, si algunas labores como el chapeado, aplicación de herbicidas y siembra no se pueden mecanizar.

16. Los sistemas de producción que incluyen al sistema maíz-frijol+maíz permiten desembolsos de dinero en efectivo bajos pero también son los que proporcionan menores ingresos en comparación con los que incluyen al sistema maíz-frijol+camote. Utilizar cero labranza permite obtener mayores ingresos y hacer menos gastos en efectivo que cuando se utiliza labranza.

17. Para el pequeño productor, el sistema de producción 4 ($S_2 - N - A$) sería el más adecuado por las razones siguientes:

- a. Incluye como componentes del sistema de cultivos al maíz, al frijol y al camote, los cuales proporcionan mayor variabilidad a su dieta que en el caso del sistema de cultivos que incluye solo al maíz y al frijol como componentes.
- b. Proporciona un ingreso familiar mayor.
- c. El monto de los gastos en efectivo está entre los más bajos de los sistemas de producción estudiados.
- d. Cero labranza, como componente del sistema de producción le asegura, además de mayores rendimientos, una mayor conservación de la tierra y del agua para conseguir producciones sostenidas y disminuir los riesgos de pérdidas por sequías imprevistas.
- e. Puede aventajar a los demás sistemas de producción en cuanto a rendimientos de proteínas, carbohidratos y energía alimenticia por hectárea.

7. LITERATURA CITADA

1. "ACID ROOF" giving no-tillage problems. No-Till Farmer 7(4):1. 1979.
2. 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. 178 p.
3. ALLISON, F. E. Soil organic matter and its role in crop production. Amsterdam, Elsevier, 1973. 673 p. (Development in Soil Science, no. 3).
4. ANDREWS, A. J. y KASSAM, A. H. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In Papendick, R. I., Sánchez, R. A. y Triplett, G. B., eds. Multiple cropping. American Society of Agronomy. Special Publication no. 27. 1977. pp. 1-10.
5. AVILA, M. An economic evaluation of annual cropping systems. Ph.D. thesis. Columbia, Missouri, University of Missouri, 1978. 192 p.
6. BADILLO, F. J. y LUGO-LOPEZ, M. A. Effect of four levels of N, P, K, and micronutrients on sweet potato yields in an oxisol. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 60(4):597-605. 1976.
7. BAEUMER, K. y BAKERMANS, W. A. Zero tillage. Advances in Agronomy 25:77-120. 1973.
8. BANDEL, W. A. et al. N-behaviour under no-till vs. conventional corn culture. First year results using unlabeled N-fertilizer. Agronomy Journal 67(6):782-786. 1975.
9. BANTA, G. R. Data collection and evaluation for multiple cropping. In Cropping Systems Specialist Course, Los Baños, Philippines, 1975. International Rice Research Institute. Handout no. 87.
10. BARKER, M. R. y WUNCHE, W. A. Plantio direto en Rio Grande do Sul, Brasil. Outlook on Agriculture 9(3):114-120. 1977.
11. BLEVINS, R. L. et al. Influence of no-tillage on soil moisture. Agronomy Journal 63(4):593-596. 1971.
12. _____, THOMAS, G. W. y CORNELIUS, P. L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. Agronomy Journal 69(3):383-386. 1977.

13. BONE, W. S. Reduced tillage systems for soybean production. *Soybean News* 29(2):1-2. 1978.
14. BOONE, F. R. et al. Some influences of zero-tillage on the structure and stability of a fine-textured river soil. *Netherland Journal of Agricultural Science* 18(4):262-269. 1970.
15. BRIOSO DE LEON, I. A. Fertilización de un sistema de producción de cultivos con granos y raíces en una distribución de precipitación con un período seco corto. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1979. 126 p.
16. BROADBENT, F. E. Organic matter. In U. S. Department of Agriculture. Yearbook of Agriculture 1957; Soils. Washington, D. C., 1957. pp. 151-157.
17. BURGOS, C. F. y MENESES, R. Efecto en el suelo y en el rendimiento de maíz de tres métodos de laboreo en Guápiles, Costa Rica. In Reunión Anual del PCCMCA, 25a., San Salvador, El Salvador, 1978. Memoria. San Salvador, CENTA, 1978. v.2, pp. M 22/1-13.
18. BURRIL, L. C. Pest control and multiple cropping. *Agricultural Mechanization in Asia* 4(2):29-30. 1973.
19. BURITY, H. A. Evaluación agro-económica del manejo de la vegetación previo a la siembra para los sistemas yuca (Manihot esculenta Crantz) y yuca asociada con frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1979. 135 p.
20. CALZADA BENZA, J. Métodos estadísticos para la investigación. 2a. ed. SESATOR, 1974. 494 p.
21. CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Aspectos económicos /del Experimento Central en Sistemas de Cultivos para Pequeños Agricultores/. In _____. Memoria anual 1976-1977; 3. Informe del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales. Turrialba, Costa Rica, 1977. pp. 24-30.
22. DESIR, S. Producción de maíz y frijol común asociados, según hábito de crecimiento y población de plantas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1975. 41 p.
23. DIAS CALHEIROS, B. Alguns índices bioeconomicos associados às combinações multiculturais, feijao (Phaseolus vulgaris L.), milho (Zea mays L.) e batata doce (Ipomoea batatas (L.) LAM). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 111 p.

24. DIAZ-ROMEU, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 62 p.
25. DOS SANTOS, M. A. Evaluación biológica de agrosistemas basados en el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz) y su rentabilidad económica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1979. 172 p.
26. ESCOBAR, C. R. Análisis del crecimiento y rendimiento del camote en monocultivo y en asociación con frijol, maíz y yuca. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1976. 81 p.
27. ESTES, G. O. Elemental composition of maize grown under no-till and conventional tillage. *Agronomy Journal* 64(6):733-735. 1972.
28. FASSBENDER, H. W. Química de suelos; con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Serie Libros y Materiales Educativos, no. 24. 1978. 398 p.
29. FORSYTHE, W. Física de suelos; manual de laboratorio. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Serie Libros y Materiales Educativos, no. 25. 1975. 212 p.
30. GALLAHER, R. N. Soil moisture conservation and yield of crops no-till planted in rye. *Soil Science Society of American Journal* 41(1):145-147. 1977.
31. GARCIA, E. et al. Malezas prevalentes de América Central. San Salvador, International Plant Protection Center, 1975. 162 p.
32. GAVANDE, A. S. Física de suelos; principios y aplicaciones. México, D. F., Centro Regional de Ayuda Técnica, 1972. 351 p.
33. HARDY, F. Algunos aspectos del suelo de praderas tropicales. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1960. 4 p.
34. _____. Edafología tropical. México, D. F., Herrero, 1970. 416 p.
35. HART, R. Fundamentos para el estudio de agroecosistemas. (en prensa).
36. HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. 2a. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.

37. JOHNSTON, T. D. Limiting factor economic evaluation of cropping systems. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 31 p.
38. JONES JUNIOR, J. N. et al. The no-tillage system for corn (Zea mays L.). Agronomy Journal 60(1):17-20. 1968.
39. _____, MOODY, J. E. y LILLARD, J. H. Effect of tillage, no-tillage and mulch on soil water and plant growth. Agronomy Journal 61(5):719-721. 1969.
40. KUPERS, L. J. y ELLEN, J. Experience with minimum tillage and nitrogen fertilization. Netherlands Journal of Agricultural Sciences 18(4):270-276. 1970.
41. LAL, R. Effect of seed bed preparation and time of planting of maize (Zea mays L.) in Western Nigeria. Experimental Agriculture 9(4):303-313. 1973.
42. _____. No tillage effects on soil properties and maize (Zea mays L.) production in Western Nigeria. Plant and Soil 40(2):321-331. 1974.
43. _____. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. International Institute of Tropical Agriculture. Technical Bulletin no. 1. 1974. 37 p.
44. _____. Soil temperature, soil moisture and maize yield from mulched and unmulched tropical soils. Plant and Soil 40(1):129-143. 1974.
45. LEPIZ, I. R. Asociación de cultivos maíz-frijol. Agricultura Técnica en México 3(3):98-101. 1971.
46. LEUNG, W. y FLORES, M. Tabla de composición de alimentos, para uso en América Latina. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 1961. 132 p.
47. LOUDRAN, P. y SAMUELS, G. The effect of fertilizers on the yield and quality of sweet potatoes. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 35(2):71-87. 1951.
48. MacDONALD, A. S. Sweet potatoes, with particular reference to the tropics. Field Crop Abstracts 16(4):219-225. 1963.
49. _____. Some aspects of the sweet potato and its agronomy in Uganda. In International Symposium on Tropical Roots Crops. Proceedings. San Augustine, Trinidad, 1967. pp. 111-112.
50. MALDONADO, M. A. y GOMEZ, R. Determinación de la época crítica de competencia maíz-malezas en el parcelamiento La Blanca, Guatemala. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, El Salvador, 1978. Memoria. San Salvador, 1978. v.3, pp. M 35/1-9.

51. MANCINI, M. y CASTIJO, M. Observaciones sobre ensayos preliminares en el cultivo asociado de frijol de enredadera y maíz. *Agricultura Tropical (Colombia)* 16(3):161-166. 1960.
52. MARTIN, J. P. y WAKSMAN, S. A. Influence of microorganisms on soil agregation and erosion. II. *Soil Science* 52:381-394. 1941.
53. McCALLA, T. M., ARMY, T. J. y WIESE, A. F. Comparison of the effects of chemical and sweep tillage method of summer fallow on some properties of Pullman Silty Clay Loam. *Agronomy Journal* 54(5):404-407. 1962.
54. MELVILLE, D. R. y RABB, J. L. Studies with no till soybean production. *Louisiana Agricultural Experiment Station* 20(2): 3, 16. 1976-1977.
55. MOODY, J. E., JONES JUNIOR, J. N. y LILLARD, J. H. Influence of straw mulch on soil moisture, soil temperature, and the growth of corn. *Soil Science Society of American Proceedings* 27(6): 700-703. 1963.
56. MOSHLER, W. W. et al. Comparative yield and fertilizer efficiency of no-tillage and conventionally tilled corn. *Agronomy Journal* 64(2):229-231. 1972.
57. _____ et al. Comparative lime effects on continuous no-tillage and conventional tilled corn. *Agronomy Journal* 65(5):781-783. 1973.
58. _____ y MARTENS, D. C. Nitrogen, phosphorus and potassium requirements in no-tillage and conventionally tilled corn. *Soil Science Society of American Proceedings* 39(5):889-891. 1975.
59. _____, MARTENS, D. C. y SHEAR, G. M. Residual fertility in soil continously field cropped to corn by conventional tillage and no-tillage methods. *Agronomy Journal* 67(1):45-48. 1975.
60. MURCIA, H. Guía para la administración y planeación de empresas agropecuarias. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Publicación Miscelánea, no. 112. 1974. 113 p.
61. NORTWOOD, P. J. y MacARTNEY, J. C. The effect of cultivation on the growth of maize on some soil types in Tanzania. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 48(1):25-33. 1971.
62. OUWERKERK, C. V. Farm mechanization and soil structure. *Netherland Journal of Agricultural Science* 17(1):20-26. 1969.

63. PEARCE, S. C. y GILLIVER, B. The statistical analysis of data from intercropping experiments. *Journal of Agricultural Science* 91:625-632. 1978.
64. PHILLIPS, S. H. y YOUNG JUNIOR, H. M. No-tillage farming. Milwaukee, Wisconsin, Reiman, 1973. 224 p.
65. PLA SANTIS, I. Ponencia general sobre manejo de suelos de sabana. In Simposio Internacional sobre Suelos de Sabana en el Trópico, 1o., Santo Domingo, 1973. pp. 136-145.
66. PRICE, E. C. y BARKER, R. The time distribution of crop labor in rice-based cropped pattern. Los Baños, Philippines, IRRI, 1977. 25 p.
67. PUREWAL, S. S. y DARGAN, K. S. Effect of rowing dates, fertilizers and spacing on development and yield of sweet potatoes. *Indian Journal of Agronomy* 3(3):164-171. 1959.
68. RANEY, W. A. y ZINGG, A. W. Principles of tillage. In U.S. Department of Agriculture. Yearbook of Agriculture 1957; Soils. Washington, D. C., 1957. pp. 227-281.
69. REICOSKY, D. C. et al. Conservation tillage in the Southeast. *Journal of Soil and Water Conservation* 32(1):13-19. 1977.
70. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos; métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 107 p.
71. SANABRIA DE MUJICA, E. Producción de biomasa, nutrición mineral y absorción de agua en la asociación frijol-maíz cultivado en solución nutritiva. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 80 p.
72. SISTEMAS DE producción agrícola probados en el CATIE, Turrialba. Aspectos agronómicos y económicos. *Actividades en Turrialba* 4(3):3-5. 1976.
73. SOZA, R. F. et al. Cero labranza en el cultivo del maíz. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, El Salvador, 1978. Memoria. San Salvador, 1978. v.3, pp. M 49/1-13.
74. STEEL, R. D. y TORRIE, H. J. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481 p.
75. SWEET POTATOES. *Malayan Agricultural Journal* 28(5):221. 1940.
76. TAFUR, N. A. Efecto de varios sistemas de producción agrícola sobre la resistencia mecánica de los suelos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1977. 317 p.

77. TAYLOR, H. M. y GARDNER, H. R. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content, and strength of soil. *Soil Science* 96:153-156. 1963.
78. TRIPLETT JUNIOR, G. B., VAN DOREN JUNIOR, D. M. y SMITH, B. L. Effect of corn (*Zea mays* L.) stover mulch on no-tillage corn yield and water infiltration. *Agronomy Journal* 60(2): 236-239. 1968.
79. _____ y VAN DOREN JUNIOR, D. M. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization of non-tilled maize. *Agronomy Journal* 61(4):637-639. 1969.
80. VEIHMEYER, F. J. y HENDRICKSON, A. H. Soil density and root penetration. *Soil Science* 65:487-493. 1948.
81. ZAFFARONI, E. et al. Influencia del no laboreo en la producción de maíz y frijol en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 21 p.

8. A P E N D I C E

Cuadro 1A. Condiciones climáticas que rigieron durante el período de investigación (diciembre 1977 - mayo 1979). Datos tomados en la estación meteorológica del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

| Mes | Temperatura (°C) | | Precipitación (mm) | | Diferencia | Balance hídrico atmosférico 3/ (mm) | Humedad relativa % | Radiación solar global total (cal/cm ² /mes) |
|-----------|------------------|------------|--------------------|--------------------------------------|------------|-------------------------------------|--------------------|---|
| | Max. | Media Min. | Total mensual | Total mensual 1/ promedio 35 años 2/ | | | | |
| Diciembre | 26,4 | 21,9 | 17,4 | 74,2 | 333,7 | - 259,5 | 89,6 | 13.878 |
| Enero | 26,1 | 21,1 | 16,1 | 52,0 | 176,4 | - 124,4 | 86,7 | 14.337 |
| Febrero | 25,4 | 21,5 | 17,6 | 236,2 | 138,6 | 97,6 | 90,6 | 10.033 |
| Marzo | 26,8 | 22,2 | 17,6 | 67,0 | 69,8 | - 2,8 | 88,4 | 12.337 |
| Abril | 27,7 | 22,6 | 17,6 | 39,5 | 126,7 | - 87,2 | 85,1 | 13.810 |
| Mayo | 28,6 | 23,8 | 19,1 | 270,2 | 218,9 | 51,3 | 89,4 | 12.732 |
| Junio | 27,4 | 23,0 | 18,6 | 241,0 | 290,0 | - 49,0 | 91,3 | 11.370 |
| Julio | 27,5 | 18,6 | 23,0 | 240,0 | 283,1 | - 43,1 | 90,6 | 11.160 |
| Agosto | 27,3 | 23,0 | 18,7 | 168,0 | 241,6 | - 73,6 | 90,6 | 12.222 |
| Setiembre | 27,5 | 23,0 | 18,6 | 206,0 | 252,9 | - 46,9 | 90,3 | 12.228 |
| Octubre | 27,4 | 23,0 | 18,6 | 184,5 | 247,7 | - 63,2 | 90,2 | 12.561 |
| Noviembre | 27,0 | 18,8 | 22,9 | 278,5 | 201,0 | - 2,5 | 92,0 | 11.082 |
| Diciembre | 26,9 | 22,0 | 17,0 | 138,5 | 333,7 | - 195,2 | 86,6 | 11.682 |
| Enero | 26,5 | 21,2 | 15,9 | 36,0 | 176,4 | - 140,4 | 83,9 | 12.068 |
| Febrero | 26,3 | 42,8 | 16,5 | 41,5 | 138,6 | - 97,1 | 87,5 | 10.749 |
| Marzo | 27,6 | 22,3 | 17,0 | 39,0 | 169,8 | - 130,8 | 85,1 | 13.842 |
| Abril | 26,9 | 21,4 | 19,5 | 332,5 | 126,7 | 205,8 | 92,5 | 10.200 |
| Mayo | 28,2 | 23,7 | 19,2 | 187,5 | 218,9 | - 31,4 | 89,2 | 13.431 |

1/ Medida en el campo experimental.
 2/ Medidos en la estación meteorológica del CATIE.
 3/ Precipitación- evaporación del tanque A.

Cuadro 2A. Resultados del análisis bivariado de los rendimientos correspondiente a los sistemas de cultivos asociados. Valores de F y significancia.

| Sistema | Epoca | Niveles de Fertilización | Métodos de manejo del suelo | Interacción |
|-----------------|---------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Maíz y frijol | Primera | 2.50 ^{1/} | 3.08 | 2.03 |
| Camote y frijol | Primera | 1.58 | 0.45 | 0.89 |
| Maíz y frijol | Tercera | 9.04** | 15.80** | 0.68 |
| Camote y frijol | Tercera | 7.27** | 2.35 | 2.52 ^{1/} |

* Diferencias significativas al nivel del 5% de probabilidades

** Diferencias significativas al nivel del 1% de probabilidades.

^{1/} Diferencias significativas al nivel del 10% de probabilidades.

Cuadro 3A. Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficientes de variación de los rendimientos de granos y otros variables biológicos estudiados durante la segunda época de siembra en el cultivo de maíz.

| Fuentes de variación | G.L. | Población de plantas | Rendimiento de grano | Biomasa | Masas de P/planta semillas | Altura planta | | | Incidencia Digródia | |
|---------------------------|------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------------|---------------|---------|---------|---------------------|-----------|
| | | | | | | 30 | 60 | 90 | | |
| Tratamientos | 7 | 11.560.000 | 1.618.741,97** | 8.993.674,70** | 0,033 | 19,16** | 0,015* | 0,234** | 0,145** | 147,363** |
| Sistemas | 1 | | 5.094.647,12** | 32.430.000,00** | | 30,02** | 0,031* | 0,712** | 0,270** | 197,051* |
| Fertilización | 1 | | 2.487.323,27** | 23.800.000,00** | | 0,31 | 0,070** | 0,590** | 0,416** | 29,839 |
| Manejo del suelo | 1 | | 363.503,48 | 88.560,55 | | 50,83** | 0,000 | 0,116 | 0,235** | 81,676 |
| Sist. x Fertilización | 1 | | 167.250,33 | 64.745,44 | | 1,40 | 0,003 | 0,004 | 0,002 | 112,625 |
| Fert. x Manejo | 1 | | 914.160,67 | 560.804,40 | | 17,09 | 0,000 | 0,035 | 0,000 | 58,714 |
| Sistema x Manejo | 1 | | 1.562.037,53* | 5.618.031,73 | | 12,29 | 0,001 | 0,016 | 0,077 | 235,239* |
| Sist. x Fert. x Man. | 1 | | 742.268,40 | 390.428,67 | | 22,15** | 0,002 | 0,161* | 0,011 | 316,395* |
| Error | 42 | 7.763.012,75 | 286.403,66 | 1.755.983,98 | 0,016 | 4,22 | 0,006 | 0,038 | 0,026 | 46,744 |
| Coefficiente de variación | | 7,3 | 27,0 | 24,3 | 13,8 | 9,1 | 16,7 | 10,0 | 7,9 | 15,5 |

* Significativo al 5% de probabilidades

** Significativo al 1% de probabilidades

Cuadro 4A. Cuadros medios del análisis estadístico y coeficiente de variación de las variables biológicas estudiadas durante la primera y tercera época de siembra en el cultivo del frijol.

| Fuentes de Variación | G.L. | Primera época | | Tercera época | | No. vainas planta | |
|------------------------|------|----------------------------|---------------|----------------------------|---------------|-------------------|-------------------|
| | | Población final de plantas | Biomasa aérea | Población final de plantas | Biomasa aérea | | Peso 100 semillas |
| Tratamientos | 7 | 643.400.000,00* | 25.665,57 | 59.820.000** | 200.131,61* | 3,441** | 3,995* |
| Sistemas | 1 | 2.925.000.000,00** | | 1.016.000.000** | 31.641,16 | 0,096 | 7,701* |
| Fertilización | 1 | 187.300.000,00 | | 70.450.000 | 757.750,45** | 8,418** | 10,401* |
| Manejo del suelo | 1 | 19.820.000,00 | | 2.808.000.000** | 47.778,47 | 8,151** | 4,951* |
| Sistemas x Fert. | 1 | 491.500.000,00 | | 29.090.000 | 51.438,41 | 0,699 | 0,076 |
| Fert. x Manejo | 1 | 3.569.270,00 | | 17.310.000 | 26.094,24 | 2,521 | 0,766 |
| Sistema x Manejo | 1 | 78.880.000,00 | | 17.280.000 | 458.134,21* | 1,332 | 1,266 |
| Sist. x Fert. x Man. | 1 | 798.200.000,00 | | 73.180.000 | 28.084,35 | 2,867 | 2,806 |
| Error | 42 | 245.700.000,00 | 45.544,28 | 98.900.000 | 70.999,17 | 1,013 | 1,780 |
| Coefficiente variación | | 10,9 | 24,4 | 6,1 | 18,2 | 4,6 | 16,1 |

* Significativo al 5% de probabilidades

** Significativo al 1% de probabilidades

Cuadro 5A. Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficientes de variación de las variables biológicas, medidas durante la primera época de siembra en los cultivos de maíz y camote.

| Fuente de variación | G.L. | Pob. final de plantas | | Biomasa aérea | | Mazorcas planta | |
|---------------------|------|-----------------------|------------|---------------|-----------|-----------------|---------|
| | | MAIZ | CAMOTE | MAIZ | CAMOTE | maíz | maíz |
| Tratamientos | 4 | 19.360.000 | 44.380.000 | 596.588 | 229.095 | | 0.067** |
| Fertilización | 1 | | | | | | 0.032 |
| Manejo del suelo | 1 | | | | | | 0.108** |
| Fert. x Man. | 1 | | | | | | 0.060 |
| Error | 21 | 20.770.000 | 30.430.000 | 376.661 | 1.344.028 | | 0.008 |
| Coef. de Variación | | 13.9 | 14.8 | 23.6 | 59.9 | | 9.4 |

* Significativo al 5% de probabilidades

** Significativo al 1% de probabilidades

Cuadro 6A. Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficientes de variación de las variables biológicas estudiadas durante la tercera época de siembra en los cultivos maíz y camote.

| Fuentes de variación | G.L. | Pob. final de plantas | | Biomasa aérea | | Peso 100 Maz./ semillas planta |
|--------------------------|------|-----------------------|-------------|---------------|-------------|--------------------------------|
| | | MAIZ | CAMOTE | MAIZ | CAMOTE | |
| Tratamientos | 7 | 49.630.000 | 117.600.000 | 6.467.757* | 1.256.661* | 9,3 1,08 |
| Fertilización | 1 | | | 1.345.197 | 15.357 | |
| Manejo del suelo | | | | 17.130.000** | 846.892 | |
| Fert. x Man. | 1 | | | 933.001 | 2.907.734** | |
| Error | 21 | 17.700.000 | 40.583 | 2.023.502 | 303.287 | 21,1 0,97 |
| Coeficiente de variación | | 13,3 | 11,7 | 36,9 | 43,4 | 16,5 31,8 |

* Significativo al 5% de probabilidades.

** Significativo al 1% de probabilidades.

Cuadro 7A. Cuadros medios del análisis estadístico y coeficientes de variación de los rendimientos de proteína, carbohidratos, energía alimenticia y biomasa aérea obtenidos durante el período de permanencia de los sistemas de cultivos en el campo.

| Fuentes de variación | G.L. | Proteína | Carbohidratos | Energía alimenticia | Biomasa aérea total |
|-------------------------|------|-----------|---------------|---------------------|---------------------|
| Tratamiento | 7 | 26.568** | 635.60C* | 16.580.000** | 14.660.000** |
| Sistemas | 1 | 22 | 4.316 | 61.451 | 21.230.000** |
| Fertilización | 1 | 134.767** | 2.272.364** | 73.310.000** | 68.660.000** |
| Manejo del suelo | 1 | 18.403 | 455.883 | 12.050.000 | 10.830.000 |
| Sist. x Fert. | 1 | 271 | 268.485 | 208.306 | 179.420 |
| Fert. x Man. | 1 | 17.852 | 528.352 | 5.750.949 | 1.198.598 |
| Sist. x Man. | 1 | 1.031 | 645 | 1.738.458 | 531.207 |
| Sist. x Fert. x Man. | 1 | 13.633 | 919.156* | 22.940.000* | 1.966 |
| Error | 42 | 5.467 | 202.162 | 4.967.446 | 2.859.514 |
| Coficiente de variación | | 16,0 | 17,3 | 16,7 | 18,0 |

* Significativo al 5% de probabilidades.

* Significativo al 1% de probabilidades.

Cuadro 8A. Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficientes de variación de los valores promedios de la densidad aparente del suelo.

| Fuentes de variación | G.L. | PROFUNDIDAD (cm) | | | | | | | Dif. entre 2a. y 3a. época | |
|--------------------------|------|------------------|-------|-------|---------------|-------|-------|--------|----------------------------|-------|
| | | 0-5 | 5-10 | 15-20 | 0-5 | 5-10 | 15-20 | 0-5 | 5-10 | 15-20 |
| | | Segunda época | | | Tercera época | | | | | |
| Tratamientos | 7 | 0,04 | 0,002 | 0,04 | 0,013* | 0,005 | 0,04 | 0,019* | 0,005 | 0,008 |
| Sistemas | 1 | | | | 0,006 | | | 0,024 | | |
| Fertilización | 1 | | | | 0,013 | | | 0,049* | | |
| Manejo del suelo | 1 | | | | 0,023* | | | 0,011 | | |
| Sist. x Fert. | 1 | | | | 0,007 | | | 0,012 | | |
| Fert. x Man. | 1 | | | | 0,035* | | | 0,039* | | |
| Sist. x Man. | 1 | | | | 0,003 | | | 0,000 | | |
| Sist. x Fert. x Man. | 1 | | | | 0,002 | | | 0,000 | | |
| Error | 42 | 0,03 | 0,004 | 0,05 | 0,005 | 0,006 | 0,03 | 0,007 | 0,009 | 0,008 |
| Coeficiente de variación | | 5,6 | 6,0 | 6,1 | 7,0 | 7,6 | 5,3 | | | |

*Significativo al 5% de probabilidades.

Cuadro 9A. Cuadrados medios del análisis estadístico y coeficientes de variación de los valores promedios de la resistencia a la penetración del suelo.

| Fuente de variación | G.L. | PROFUNDIDAD (cm) | | | | Dif. entre 2a. y 3a. época | |
|-----------------------------|------|----------------------|-------|----------------------|-------|-------------------------------|-------|
| | | 0,0 Segunda época | 0,10 | 0,0 Tercera época | 0,10 | 0,0 | 0,10 |
| Tratamientos | 7 | 1,149 | 2,868 | 8,691 | 39,20 | 8,87 | 35,50 |
| Error | 42 | 1,756 | 9,435 | 11,791 | 17,49 | 11,49 | 25,53 |
| Coeficiente de variación | | 26,1 | 26,8 | 116,5 | 22,6 | | |

Cuadro 10A. Cuadrados medios, significancia y coeficientes de variación para las diferencias entre los resultados de los análisis químicos del suelo al inicio y al final del ensayo.

| Fuentes de variación | G.L. | N | C | M.O. | pH | Acidez extraíble | P | K | Ca | Mg | C/N |
|----------------------|------|--------|-------|-------|-------|------------------|----------|--------|-------|-------|-------|
| Tratamiento | 7 | 0,001* | 0,085 | 0,374 | 0,024 | 0,019 | 4,970** | 0,037 | 0,407 | 0,073 | 1,201 |
| Sistemas | 1 | 0,000 | 0,020 | 0,275 | 0,000 | 0,007 | 4,167 | 0,027 | 0,057 | 0,024 | 5,802 |
| Fertilización | 1 | 0,001 | 0,052 | 0,457 | 0,002 | 0,000 | 24,000** | 0,018 | 0,002 | 0,019 | 0,522 |
| Mancjo suelo | 1 | 0,002* | 0,001 | 0,043 | 0,007 | 0,060 | 0,167 | 0,138* | 0,065 | 0,005 | 0,416 |
| Sist. x Fert. | 1 | 0,000 | 0,006 | 0,021 | 0,060 | 0,007 | 2,042 | 0,001 | 0,059 | 0,001 | 0,054 |
| Fert. x Manejo | 1 | 0,000 | 0,286 | 1,416 | 0,000 | 0,027 | 0,375 | 0,021 | 1,293 | 0,277 | 1,373 |
| Sist. x Manejo | 1 | 0,002* | 0,224 | 0,288 | 0,082 | 0,027 | 0,667 | 0,038 | 1,054 | 0,089 | 0,064 |
| Error | 14 | 0,0003 | 2,060 | 0,287 | 0,042 | 0,018 | 1,251 | 0,016 | 0,568 | 0,048 | 1,517 |
| C.V. | | 0,17 | 3,99 | 5,78 | 2,07 | 1,33 | 8,36 | 1,30 | 6,79 | 2,12 | 13,55 |

* Significativo al nivel del 5% de probabilidades.

** Significativo al nivel del 1% de probabilidades.

Cuadro 11A. Prueba de Duncan para comparación de promedios de rendimientos de maíz (kg/ha) afectados por el efecto combinado de sistemas de cultivos con métodos de manejo del suelo. Segunda época de siembra.

| Tratamientos | Rendimiento (Kg/ha) |
|--|---------------------|
| Sistema S ₂ x Cero labranza | 2.344.10 |
| Sistema S ₂ x Labranza | 2.182.40 |
| Sistema S ₁ x Labranza | 1.930.54 |
| Sistema S ₁ x Cero Labranza | 1.467.36 |

1/ Promedios unidos por líneas continuas no presentan diferencias significativas al nivel del 5%.

Cuadro 12A. Prueba de Duncan^{1/} para comparación de los promedios del número de mazorcas por planta de maíz afectadas por el efecto combinado de los niveles de fertilización y los métodos de manejo del suelo. Primera época de siembra.

| TRATAMIENTOS | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 5 | 2 | 3 | 6 |
| (S ₁ - N - A) | (S ₁ - B - B) | (S ₁ - L - B) | (S ₁ - L - A) |
| 0.897 | 0.921 | 0.950 | 1.101 |

1/ Promedios unidos por líneas continuas no presentan diferencias significativas al nivel del 5%.

Cuadro 13A. Prueba de Duncan^{1/} para comparación de los promedios de rendimiento de biomasa aérea (kg/ha) de camote afectados por el efecto combinado de los niveles de fertilización y los métodos de manejo del suelo. Tercera época de siembra.

| TRATAMIENTOS | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 7 | 8 | 4 |
| (S ₂ - L - B) | (S ₂ - N - B) | (S ₂ - L - A) | (S ₂ - N - A) |
| 825,74 | 1.107.28 | 1.384.80 | 1.753.98 |

1/ Promedios unidos por líneas continuas no presentan diferencias significativas al nivel del 5%.

Cuadro 14A. Prueba de Duncan^{1/} para comparación de medias de las diferencias de la densidad aparente (g/cm³) mostrando el efecto combinado de niveles de fertilización y métodos de manejo del suelo, a la profundidad de 0 - 5 cm.

| LB | NB | NA | LA |
|-------|-------|-------|-------|
| 0.007 | 0.029 | 0.035 | 0.111 |

1/ Promedios unidos por líneas continuas no presentan diferencias significativas al nivel del 5%.

Cuadro 15A. Prueba de Duncan^{1/} para comparación de los promedios de las diferencias del nitrógeno residual (%) obtenido al inicio y al final del ensayo por efecto combinado de los métodos de manejo del suelo con sistemas de cultivos.

| TRATAMIENTOS | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| S ₁ L | S ₂ N | S ₂ L | S ₁ N |
| -0,03 | -0,005 | -0,002 | 0,001 |

1/ Promedios unidos por líneas continuas no presentan diferencias significativas al nivel del 5%.

Cuadro 16A. Producción promedio de proteína, carbohidratos, energía alimenticia y biomasa aérea de los ocho sistemas de producción^{1/}.

| Tratamiento | Producción proteína (kg/ha) | Producción de carbohidratos (kg/ha) | Producción de biomasa aérea (kg/ha) | Producción de energía alimenticia (Mcal/ha) |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1 S ₂ -L-B | 469,6 | 2.590,5 | 7.566,7 | 12.900,0 |
| 2 S ₁ -N-B | 475,4 | 2.464,5 | 9.373,3 | 13.116,1 |
| 3 S ₁ -L-B | 437,7 | 2.231,3 | 8.631,2 | 11.321,0 |
| 4 S ₂ -N-A | 591,4 | 3.000,3 | 10.384,5 | 15.464,6 |
| 5 S ₁ -N-A | 560,3 | 2.912,9 | 11.601,6 | 14.773,0 |
| 6 S ₁ -L-A | 521,7 | 2.795,7 | 10.334,2 | 14.173,4 |
| 7 S ₂ -N-B | 432,9 | 2.331,6 | 7.922,3 | 11.641,3 |
| 8 S ₂ -L-A | 502,9 | 2.416,6 | 9.459,4 | 13.129,7 |

^{1/} Los datos utilizados corresponden a la segunda y tercera época de siembra.

Cuadro 17A. Valores promedios de la densidad aparente (g/cm³) del suelo y sus diferencias entre épocas medidas durante la segunda y tercera época de siembra.

| SEGUNDA EPOCA DE SIEMBRA VALORES PROMEDIOS (g/cm ³) | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Profundidad de muestreo (cm) | Tratamientos | | | | | | | |
| | S ₂ -L-B 1 | S ₁ -N-B 2 | S ₁ -L-B 3 | S ₂ -N-A 4 | S ₁ -N-A 5 | S ₁ -L-A 6 | S ₂ -N-B 7 | S ₂ -L-A 8 |
| 0 - 5 | 0,995 | 0,995 | 1,011 | 1,056 | 1,026 | 1,021 | 1,039 | 1,039 |
| 5 - 10 | 1,061 | 1,045 | 1,038 | 1,025 | 1,054 | 1,070 | 1,068 | 1,069 |
| 15 - 20 | 1,156 | 1,121 | 1,158 | 1,153 | 1,101 | 1,118 | 1,143 | 1,154 |
| TERCERA EPOCA DE SIEMBRA | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0 - 5 | 0,985 | 0,974 | 1,009 | 0,988 | 1,025 | 0,943 | 1,003 | 0,900 |
| 5 - 10 | 1,026 | 1,018 | 1,065 | 1,003 | 1,009 | 1,048 | 1,063 | 1,014 |
| 15 - 20 | 1,109 | 1,106 | 1,090 | 1,084 | 1,089 | 1,088 | 1,039 | 1,114 |
| Valores promedios (g/cm ³) de la diferencia entre épocas | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0 - 5 | 0,010 | 0,021 | 0,003 | 0,069 | 0,001 | 0,079 | 0,036 | 0,143 |
| 5 - 10 | 0,035 | 0,028 | -0,028 | 0,023 | 0,045 | 0,023 | 0,005 | 0,055 |
| 15 - 20 | 0,048 | 0,015 | 0,068 | 0,069 | 0,013 | 0,030 | 0,104 | 0,040 |

Cuadro 18A. Valores promedios de la resistencia a la penetración del suelo (Bares) y sus diferencias entre épocas medidas durante la segunda y tercera época de siembra.

| | | SEGUNDA EPOCA DE SIEMBRA VALORES PROMEDIOS (Bares) | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Profundidad de muestreo (m) | Tratamientos | | | | | | | | |
| | 0,0 | 5,125 | 5,721 | 4,784 | 4,851 | 4,618 | 5,019 | 4,886 | 5,576 |
| 0,10 | 7,353 | 7,625 | 7,826 | 6,580 | 7,843 | 6,626 | 6,355 | 7,471 | |
| | | TERCERA EPOCA DE SIEMBRA | | | | | | | |
| 0,0 | 2,355 | 2,258 | 3,701 | 2,233 | 1,701 | 2,534 | 4,646 | 4,646 | |
| 0,10 | 18,884 | 15,549 | 18,683 | 15,896 | 21,840 | 20,641 | 17,141 | 19,521 | |
| | | Valores promedios (Bares) de la diferencia entre épocas | | | | | | | |
| 0,0 | -2,770 | -3,464 | -0,831 | -1,150 | -2,285 | -3,318 | -2,353 | -0,930 | |
| 0,10 | 11,531 | 7,924 | 10,856 | 9,316 | 13,998 | 14,015 | 10,786 | 12,050 | |

Cuadro 19A. Características químicas iniciales y finales del suelo de 0-10 cm de profundidad.

| Sistemas de Producción | pH | | C | | N | | Materia orgánica | | C/N | | | | | | |
|------------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|------------------|-------|---------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | | | | | |
| 1-S ₂ -B-L | 5,3 | 5,6 | -0,3 | 3,54 | 3,70 | -0,16 | 0,31 | 0,30 | 0,01 | 6,10 | 6,39 | -0,29 | 11,55 | 12,35 | -0,80 |
| 2-S ₁ -B-N | 5,3 | 5,7 | -0,4 | 3,16 | 3,47 | -0,31 | 0,27 | 0,28 | -0,01 | 5,45 | 6,30 | -0,85 | 12,05 | 12,51 | -0,46 |
| 3-S ₁ -B-L | 5,4 | 5,5 | -0,1 | 3,44 | 3,73 | -0,29 | 0,28 | 0,30 | -0,02 | 5,94 | 6,43 | -0,49 | 12,46 | 12,45 | 0,01 |
| 4-S ₂ -A-N | 5,4 | 5,4 | 0,0 | 3,42 | 3,86 | -0,44 | 0,30 | 0,30 | 0,0 | 5,90 | 6,65 | -0,75 | 11,54 | 12,90 | -1,36 |
| 5-S ₁ -A-N | 5,3 | 5,6 | -0,3 | 3,32 | 3,71 | -0,39 | 0,28 | 0,30 | -0,02 | 5,71 | 6,12 | -0,41 | 11,69 | 12,23 | -0,54 |
| 6-S ₁ -A-L | 5,3 | 5,4 | -0,1 | 3,12 | 3,73 | -0,61 | 0,26 | 0,29 | -0,03 | 5,38 | 6,43 | -1,05 | 12,22 | 12,91 | -0,69 |
| 7-S ₂ -B-N | 5,3 | 5,3 | 0,0 | 3,25 | 3,86 | -0,61 | 0,29 | 0,29 | 0,0 | 5,60 | 6,65 | -1,05 | 11,34 | 13,16 | -1,82 |
| 8-S ₂ -A-L | 5,3 | 5,5 | -0,2 | 3,24 | 3,96 | -0,72 | 0,28 | 0,29 | -0,01 | 5,58 | 6,83 | -1,25 | 11,57 | 13,53 | -1,96 |

| Sistemas de Producción | P | | Acidez extractible | | K | | Ca | | Mg | | | | | | |
|------------------------|---------|-------|--------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|-----|-----|------|------|------|
| | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | | | | | |
| 1-S ₂ -B-L | 11,0 | 8,8 | 2,2 b | 0,4 | 0,4 | 0,0 | 0,47 | 0,71 | -0,24 | 8,0 | 6,7 | 1,3 | 1,92 | 1,67 | 0,25 |
| 2-S ₁ -B-N | 10,67 | 7,9 | 3,7 a | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,48 | 0,86 | -0,38 | 7,4 | 6,7 | 0,7 | 1,72 | 1,68 | 0,04 |
| 3-S ₁ -B-L | 9,33 | 6,6 | 2,5 b | 0,3 | 0,5 | -0,2 | 0,46 | 0,51 | -0,05 | 8,0 | 6,5 | 1,5 | 1,97 | 1,44 | 0,53 |
| 4-S ₂ -A-N | 10,67 | 6,8 | 3,87 a | 0,4 | 0,4 | 0,0 | 0,46 | 0,70 | -0,24 | 8,3 | 6,6 | 1,7 | 1,86 | 1,36 | 0,50 |
| 5-S ₁ -A-N | 9,33 | 4,8 | 4,5 a | 0,4 | 0,4 | 0,0 | 0,50 | 0,74 | -0,24 | 8,0 | 7,1 | 0,9 | 1,93 | 1,50 | 0,43 |
| 6-S ₁ -A-L | 10,0 | 5,5 | 4,5 a | 0,5 | 0,5 | 0,0 | 0,49 | 0,60 | -0,11 | 7,2 | 6,0 | 1,2 | 1,79 | 1,55 | 0,24 |
| 7-S ₂ -B-N | 12,0 | 10,8 | 1,2 b | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,50 | 0,61 | -0,11 | 7,5 | 6,6 | 0,9 | 1,83 | 1,26 | 0,57 |
| 8-S ₂ -A-L | 11,33 | 6,7 | 4,6 | 0,4 | 0,4 | 0,0 | 0,46 | 0,68 | -0,22 | 7,6 | 6,9 | 0,7 | 1,79 | 1,49 | 0,30 |

S₁ = Maíz - Frijol + Maíz

A y B = Alta y baja fertilización, respectivamente

S₂ = Maíz - Frijol + Camote

N y L = Cero labranza y labranza, respectivamente

Cuadro 20A. Siembra de cultivos maíz-frijolemaíz: descripción manual de actividades, uso de mano de obra, alquiler de maquinaria e insumos comerciales utilizados (calculados para una hectárea).

| Mes | Actividad | Mano de obra (jornal o horas) | Insumos y alquiler maquinaria Tipo | Unidades |
|-----------|---|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Mayo | Preparación de la tierra. a. Mecanizada ^{2/} | Aradura - Rastro | - Tractor - Implementos | 6 horas 6 horas |
| | b. Cero labranza | - Aplicación herbicidas | Gracalone | 1,5 lt |
| | - Arrancado y regado de tallos de maíz | 3 | | |
| Junio | Aplicación de herbicidas | 2 | Herbón | 1,0 lt |
| | | | Gracalone | 1,5 |
| | Siembra de maíz: a. Labranza | 4 | Semilla maíz | 20,0 kg |
| | - Apertura de hoyos | | | |
| Junio | Tratamiento del suelo con cal + insecticida | b. Cero labranza | Cal + Aldrin 2,5% | (10 + 1) kg |
| | Fertilización | a. Alta fertilización | 10-20-10 | 180 kg |
| | b. Baja fertilización | 10-10-10 | 30 kg | |
| Julio | Siembra | a. Labranza | Semilla maíz | 0,5 kg |
| | | b. Cero labranza | | |
| | | a. Alta fertilización | NH ₄ NO ₃ | 249 kg |
| | | | KCl | 43 kg |
| | | | K ₂ SO ₄ | 149 kg |
| | | b. Baja fertilización | KCl | 33 kg |
| | Deshierbe sistemas con cero labranza | 20 | | |
| Julio | Deshierbe sistemas con labranza | 17 | | |
| Setiembre | Doblado de los tallos | 4 | | |
| Octubre | Cosecha y beneficio | 12 | | |
| Noviembre | Preparación de la tierra. a. Mecanizada | Aradura - Rastro | Tractor - Implementos | 6 horas 6 horas |
| | b. Cero labranza | - Utiplia a 10% | | |
| | - Aplicación herbicida | 2 | Roundup (R01) 50% | 3 4 kg |
| Diciembre | Arrancado y regado de tallos de maíz sistema con labranza | 3 | | |
| | Siembra de maíz: a. Labranza | 4 | Semilla maíz | 20,0 kg |
| | - Apertura de hoyos | | | |
| | Tratamiento del suelo con cal + insecticida | b. Cero labranza | Cal Aldrin 2,5% | 20,0 kg 2,0 kg |
| | Aplicación de cebo | | | |
| | Insecticida contra babosas ^{3/} | 1,5 | GRIMO-B | 34,0 kg |
| | Sistema cero labranza | | | |
| Diciembre | Fertilización | a. Alta fertilización | 10-30-20 | 30,0 kg |
| | | | NH ₄ NO ₃ | 83,0 kg |
| | b. Baja fertilización | 10-30-10 | 220,0 kg | |
| Diciembre | Fosforo | a. Alta fertilización | NH ₄ NO ₃ | 299,0 kg |
| | | | KCl | 74,0 kg |
| | b. Baja fertilización | NH ₄ NO ₃ | 158,0 kg | |
| Diciembre | Siembra | | KCl | 16,0 kg |
| | | 1,5 | Semilla maíz Semilla frijol | 0,5 kg 1,5 kg |
| Diciembre | Deshierbe sistemas con cero labranza | 25 | | |
| | Aplicación de insecticidas | 2 | EXTOR ^{4/} Extrevón | 1,00 lt 0,25 lt |
| | | | Volatón granulado ^{5/} | 0,25 kg |
| ENERO | Aplicación de fungicidas al frijol contra royas ^{6/} | 2 | Plantvax Dithane M-45 Extrevón | 0,341 kg 1,00 kg 0,25 kg |
| Marzo | Cosecha y beneficio frijol | 9 | | |
| Abril | Doblado de tallos de maíz | 4 | | |
| | Cosecha y beneficio del maíz | 12 | | |

1/ Un jornal = 8 horas
2/ Se considera 1 paso de arado y 2 de rastro.
3/ Melusca (*Meloidae* sp.)
4/ Contra *DIAFRYCTA* sp.
5/ Contra *NEOSOLENERA frumiperda*
6/ *Uromyces viciae*

Cuadro 21A. Sistema de cultivos maíz-frijol + camote: Descripción mensual de actividades y uso de mano de obra, alquiler de maquinaria e insumos comerciales utilizados (calculados para una hectárea).

| Mes | Actividad | Mano de obra (jornal 8 horas) | Insumos y alquiler maquinaria Tipo | Unidades |
|-----------|--|-------------------------------|------------------------------------|------------|
| Mayo | Preparación de la tierra: a. Mecanizada | Aradura | Tractor e Implementos | 6 horas |
| | b. Cero labranza | Rastro | | 6 horas |
| | - aplicación herbicidas | | Gramoxone | 1,5 H |
| | Aplicación herbicidas | | Herbón | 3,0 H |
| Junio | Siembra de maíz: a. Labranza | | | |
| | - apertura de hoyos | | Semilla maíz | 20,0 kg |
| | - tratamiento del suelo | | | |
| | b. Cero labranza | | Cal + Aldrín 2,5% | 10+1 kg |
| | Fertilización a. Alta fertilización | | 10-30-10 | 180 kg |
| | b. Baja fertilización | | 10-30-10 | 30 kg |
| | Re sieembra a. Alta fertilización | | Semilla maíz | 0,5 kg |
| | | | NH_4NO_3 | 245 kg |
| | | | KCl | 43 kg |
| | | b. Baja fertilización | | NH_4NO_3 |
| | | | KCl | 63 kg |
| | Deshierbe sistemas cero labranza | | | 20 |
| Julio | Deshierbe sistemas labranza | | | 17 |
| Setiembre | Doblado tallos maíz | | | 4 |
| Octubre | Cosecha y beneficio | | | 12 |
| Noviembre | Preparación de la tierra: a. Mecanizada | Aradura | Tractor e Implementos | 6 horas |
| | b. Cero labranza | Rastro | | 3 horas |
| | - Chopia a ras | | | |
| | - Aplicación herbicida | | Roundup | 3 H |
| Diciembre | Arrancado y rasgado de cañas de maíz: sistema cero labranza | | $(NH_4)_2SO_4$ | 4 kg |
| | Siembra frijol: a. Labranza | | | |
| | - Apertura de hoyos | | Semilla frijol | 11,1 kg |
| | - Aplicación de cal más Aldrín al suelo | | Cal + Aldrín 2,5% | 20+2,0 kg |
| | Aplicación de babosida en sistema cero labranza | | ORTHO-B | 14,4 kg |
| | Re sieembra frijol | | Semilla frijol | 2 kg |
| | Fertilización a. Alta fertilización | | 10-30-10 | 30 kg |
| | b. Baja fertilización | | NH_4NO_3 | 220 kg |
| | Siembra camote: | | | |
| | - Apertura hoyos | | | |
| | - Aplicación de cal + Aldrín | | Cal + Aldrín 2,5% | 10+1,0 kg |
| | Ruabono a Alta fertilización | | NH_4NO_3 | 299 kg |
| | | | KCl | 153 kg |
| | | b. Baja fertilización | | NH_4NO_3 |
| | | | KCl | 35 kg |
| | Aplicación de insecticida contra <u>Diabrotica</u> sp. | | DITOX Extravón | 1,0 H |
| Enero | Aplicación Fungicida contra roya (<u>Uromyces phaseoli</u>) en el frijol | | Plantvas Dithane M-45 Extravón | 0,250 H |
| | | | | 1,00 kg |
| | | | | 0,250 H |
| Marzo | Cosecha y beneficio frijol | | | 9 |
| | Deshierbe camote a. Labranza | | | 20 |
| | b. Cero labranza | | | 24 |
| Mayo | Cosecha camote | | | 22 |

Cuadro 22A. Desglose de costos de los ocho sistemas de producción, Turrialba, 1979 (¢ C.R./ha).

| C O S T O S | 1 | 2 | S | I | 3 | T | E | M | A | S | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| a. Costo de materiales | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 - Semilla | 498,09 | 414,03 | 406,69 | 498,09 | 406,65 | 406,65 | 498,09 | 406,65 | 406,65 | 498,09 | 406,65 | 406,69 | 498,09 | 498,09 |
| a2 - Fertilizantes | 1176,18 | 1116,82 | 1116,82 | 1791,50 | 1673,32 | 1673,32 | 1791,50 | 1673,32 | 1673,32 | 1791,50 | 1673,32 | 1673,32 | 1791,50 | 1791,50 |
| a3 - Insecticidas y Fungicidas | 187,90 | 546,47 | 189,47 | 544,90 | 546,47 | 546,47 | 544,90 | 546,47 | 546,47 | 544,90 | 546,47 | 189,47 | 544,90 | 187,90 |
| a4 - Herbicidas | 566,37 | 625,17 | 566,37 | 625,17 | 625,17 | 625,17 | 625,17 | 625,17 | 625,17 | 625,17 | 625,17 | 566,37 | 625,17 | 566,37 |
| Sub-total | 2429,07 | 2702,49 | 2279,35 | 3459,66 | 3251,61 | 3251,61 | 2944,34 | 2835,85 | 2835,85 | 2944,34 | 2835,85 | 2944,34 | 3043,86 | 3043,86 |
| b. Costo de capital fijo | | | | | | | | | | | | | | |
| b1 - Costo oportunidad de la tierra | 200,00 | 200,00 | 200,00 | 200,00 | 200,00 | 200,00 | 200,00 | 200,00 | 200,00 | 200,00 | 200,00 | 200,00 | 200,00 | 200,00 |
| b2 - Intereses sobre préstamos por capital circulante 1/ | 109,30 | 121,61 | 102,57 | 155,68 | 146,32 | 146,32 | 127,61 | 127,61 | 127,61 | 128,00 | 127,61 | 127,61 | 128,00 | 136,97 |
| b3 - Renta de la tierra 2/ | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 |
| b4 - Depreciación 3/ | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| b5 - Salario administrativo 4/ | 166,65 | 161,29 | 132,31 | 188,51 | 172,27 | 172,27 | 143,44 | 143,44 | 143,44 | 176,21 | 143,44 | 176,21 | 178,94 | 178,94 |
| Sub-total | 501,95 | 508,90 | 460,88 | 570,19 | 544,59 | 544,59 | 497,05 | 497,05 | 497,05 | 530,21 | 497,05 | 530,21 | 541,91 | 541,91 |
| c. Costo de jornales 5/ | | | | | | | | | | | | | | |
| c1 - Siembra y labores culturales | 3379,52 | 4115,84 | 2190,08 | 4342,40 | 4115,84 | 4115,84 | 4342,40 | 4115,84 | 4115,84 | 4342,40 | 4115,84 | 2190,08 | 4342,40 | 3379,52 |
| c2 - Cosecha y beneficio | 1623,68 | 1246,08 | 1246,08 | 1623,68 | 1246,08 | 1246,08 | 1623,68 | 1246,08 | 1246,08 | 1623,68 | 1246,08 | 1246,08 | 1623,68 | 1623,68 |
| Sub-total | 5003,20 | 5361,92 | 3436,16 | 5966,08 | 5361,92 | 5361,92 | 5966,08 | 5361,92 | 5361,92 | 5966,08 | 5361,92 | 3436,16 | 5966,08 | 5003,20 |
| d. Costo alquiler de maquinaria | | | | | | | | | | | | | | |
| d1 - Aradura 6/ | 450,00 | -- | 450,00 | -- | -- | -- | 450,00 | -- | -- | 450,00 | -- | 450,00 | -- | 450,00 |
| d2 - Rastroc | 450,00 | -- | 450,00 | -- | -- | -- | 450,00 | -- | -- | 450,00 | -- | 450,00 | -- | 450,00 |
| Sub-total | 900,00 | -- | 900,00 | -- | -- | -- | 900,00 | -- | -- | 900,00 | -- | 900,00 | -- | 900,00 |
| Costo total | 8834,22 | 8573,71 | 7076,39 | 9995,93 | 9158,12 | 9158,12 | 7669,06 | 7669,06 | 7669,06 | 9340,63 | 7669,06 | 9340,63 | 9488,97 | 9488,97 |

1/ Se supone un pago de 4,5% de interés sobre préstamos por 6 meses para sufragar los costos en efectivo.

2/ Se supone un 10% del costo de oportunidad de la tierra.

3/ Costo de la bomba aspersora, machetes, etc.

4/ Se toma un 10% de los costos variables. Se asume que además del trabajo administrativo del agricultor, se debe incluir el trabajo del técnico extensionista (en base a 5 hectáreas).

5/ Se considera un pase de arado y dos de rastra (¢75/hora alquiler de maquinaria).

6/ 1 jornal (8 horas) = ¢37,76.

Cuadro 23A. Distribución mensual de los ingresos y gastos para los sistemas de cultivos establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo^{1/}, Turrialba, 1979 (¢C.R./ha).

| Método de manejo | S I S T E M A S D E C U L T I V O S | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|-----------|----------|------------|----------|--------|------------|
| | Maíz - Maíz + Frijol | | Cero labranza | | Maíz - Frijol + Camote | | | | | | | |
| | Labranza | Cero labranza | Labranza | Cero labranza | Labranza | Cero labranza | | | | | | |
| Mes | Ingresos | Gastos | Balance 2/ | Ingresos | Gastos | Balance 2/ | Ingresos | Gastos | Balance 2/ | Ingresos | Gastos | Balance 2/ |
| Enero | | 160,47 | - 986,58 | 160,47 | 119,45 | 160,47 | - 882,92 | 160,47 | 1,945,32 | | | |
| Febrero | | | | | | | | | | | | |
| Marzo | 5.490,39 | | 4.503,81 | 6.233,72 | 6.353,17 | 5.798,95 | 4.916,03 | 7.635,15 | 9.581,47 | | | |
| Abril | 1.874,55 | | 6.378,36 | 2.740,27 | 9.093,44 | 4.128,21 | 9.044,24 | 2.602,55 | 12.784,02 | | | |
| Mayo | | 1.048,05 | -1.048,05 | 206,85 | - 206,85 | 1.048,05 | -1.048,05 | 206,85 | - 206,85 | | | |
| Junio | | 1.036,90 | -2.084,95 | 1.036,90 | -1.243,75 | 1.030,26 | -2.078,31 | 1.030,26 | -1.237,11 | | | |
| Julio | | | | | | | | | | | | |
| Agosto | | | | | | | | | | | | |
| Setiembre | | | | | | | | | | | | |
| Octubre | 3.675,24 | | 1.590,29 | 3.397,07 | 2.153,32 | 3.952,11 | 1.913,80 | 5.018,63 | 3.781,72 | | | |
| Noviembre | | 900,00 | 690,29 | 418,32 | 1.735,00 | 900,00 | 1.013,80 | | | | | |
| Diciembre | | 1.516,40 | - 826,11 | 1.455,08 | 279,92 | 1.736,25 | - 722,45 | 1.674,89 | 2.106,79 | | | |

1/ Los datos corresponden al cultivo con nivel alto de fertilización.

2/ El ciclo comienza en mayo y finaliza en abril.

Cuadro 24A. Precios de factores de producción y de productos, utilizados en la evaluación económica de los sistemas de producción, mercado de Turrialba, 1979 (¢ C.R.).

| | | |
|------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. Insumos | | |
| 1.1 | Semilla | |
| | Camote | ¢260 /50.000 esquejes <u>1/</u> |
| | Frijol | ¢6,26/kg <u>2/</u> |
| | Maíz | ¢8,43/kg <u>2/</u> |
| 1.2 | Fertilizantes y Cal | ¢0,15/kg |
| | 10-30-10 | ¢2,18/kg |
| | Nitrato de amonio | ¢1,66/kg |
| | Cloruro de potasio | ¢1,58/kg |
| | Sulfato de amonio | ¢1,41/kg |
| 1.3 | Pesticidas y acondicionadores | |
| | Aldrín 2,5% | ¢16,50/kg |
| | DDTOX | ¢17,90/lt |
| | Volatón granulado | ¢6,33/kg |
| | ORTHO-B | ¢10,50/kg |
| | Gramoxone | ¢39,20/lt |
| | Herbón | ¢29,75/lt |
| | Roundup 41% | ¢137,56/lt |
| | Plantvax | ¢240,00/kg |
| | Dithane M-45 | ¢70,00/kg |
| | Extravón | ¢18,52/lt |
| 2. | Alquiler de maquinaria | |
| | Tractor e implementos | ¢75/hora |
| 3. | Jornal <u>3/</u> | ¢37,76 |
| 4. | Productos cosechados | |
| | Maíz | ¢1,78/kg <u>2/</u> |
| | Frijol | ¢4,89/kg <u>2/</u> |
| | Camote | ¢2,52/kg <u>4/</u> |

1/ Incluye el corte y el tratado con pesticidas

2/ Precio pagado por el C.N.P.

3/ Un jornal = 8 horas

4/ Promedio de los precios extremos observados durante los años 1978 y 1979 en el mercado de Turrialba, Costa Rica

Cuadro 25A. Distribución mensual del uso de la mano de obra (Jornales)^{1/}
 para los sistemas M - F + M y M - F + C establecidos bajo
 2 métodos de manejo del suelo

| Mes | SISTEMAS DE CULTIVOS | | | |
|-----------|----------------------|---------------|-----------|---------------|
| | M - F + M | | M - F + C | |
| | LABRANZA | CERO LABRANZA | LABRANZA | CERO LABRANZA |
| ENERO | 2 | 2 | 2 | 2 |
| FEBRERO | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MARZO | 9 | 9 | 29 | 33 |
| ABRIL | 16 | 16 | 0 | 0 |
| MAYO | 0 | 5 | 2 | 26 |
| JUNIO | 11 | 33 | 9 | 31 |
| JULIO | 17 | 0 | 17 | 0 |
| AGOSTO | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SETIEMBRE | 4 | 4 | 4 | 4 |
| OCTUBRE | 12 | 12 | 12 | 12 |
| NOVIEMBRE | 0 | 10 | 0 | 10 |
| DICIEMBRE | 18,5 | 50,5 | 31,5 | 38 |

^{1/} Un jornal = 8 horas.

Cuadro 26A. Promedio (\bar{X}) y desviación media (DM)^{1/} de los valores de ingresos, gastos y jornales correspondientes a los sistemas de cultivos establecidos bajo dos métodos de manejo del suelo.

| Métodos de Preparación | SISTEMAS DE CULTIVOS | | | | | | | |
|------------------------|----------------------|--------|------------------------|--------|-----------|--------|---------------|--------|
| | MAIZ - FRIJOL + MAIZ | | MAIZ - FRIJOL + CAMOTE | | LABRANZA | | CERO LABRANZA | |
| | \bar{X} | DM | \bar{X} | DM | \bar{X} | DM | \bar{X} | DM |
| Ingresos ^{2/} | 920,02 | 690,01 | 1.030,90 | 773,20 | 1.159,94 | 869,95 | 1.271,38 | 953,53 |
| Gastos ^{2/} | 388,40 | 491,24 | 273,14 | 348,42 | 406,25 | 514,92 | 256,04 | 365,52 |
| Jornales ^{3/} | 7,5 | 6,5 | 11,8 | 6,5 | 8,9 | 9,5 | 13,0 | 12,7 |

$$1/ \quad DM = \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|}{N}$$

2/ En colones costarricenses.

3/ Un jornal = 8 horas.

Cuadro 27A. Suma de los cuadrados y productos de los rendimientos
obtenidos en la primera época de la siembra.

| FRIJOL Y MAIZ | | | | |
|------------------------|------|--------------|-------------|-----------|
| Fuentes de variación | G.L. | X_1^2 | X_1X_2 | X_2^2 |
| Manejo del suelo | 1 | 1.546.328,19 | 204.092,20 | 26.937,12 |
| Nivel de fertilización | 1 | 1.255.668,74 | 158.695,64 | 20.056,49 |
| Interacción | 1 | 558.894,07 | -176.573,61 | 55.785,60 |
| Error | 21 | 251.140,61 | 13.451,89 | 30.074,93 |

| FRIJOL Y CAMOTE | | | | |
|------------------------|------|--------------|-------------|------------|
| Fuentes de variación | G.L. | X_1^2 | X_1X_2 | X_2^2 |
| Manejo del suelo | 1 | 1.694.953,49 | -2.163,23 | 87,28 |
| Nivel de fertilización | 1 | 536.979,57 | -299.133,51 | 166.637,36 |
| Interacción | 1 | 399.501,79 | 177.407,50 | 78.781,67 |
| Error | 21 | 1.834.997,58 | -55.494,98 | 51.810,08 |

Cuadro 28A. Sumas de cuadrados y productos de los rendimientos obtenidos durante la tercera época de siembra.

| FRIJOL Y MAIZ | | | | |
|------------------------|------|--------------|------------|------------|
| Fuentes de variación | G.L. | X_1^2 | X_1X_2 | X_2^2 |
| Manejo del suelo | 1 | 2.893.692,04 | 547.706,22 | 103.667,60 |
| Nivel de fertilización | 1 | 887.675,19 | 420.989,46 | 199.658,76 |
| Interacción | 1 | 105.887,30 | -35.143,94 | 11.664,26 |
| Error | 21 | 128.521,72 | -65.349,73 | 68.222,18 |

| FRIJOL Y CAMOTE | | | | |
|------------------------|------|------------|-------------|------------|
| Fuentes de variación | G.L. | X_1^2 | X_1X_2 | X_2^2 |
| Manejo del suelo | 1 | 570.712,57 | -255.097,37 | 114.023,54 |
| Nivel de fertilización | 1 | 315.676,61 | -693.207,84 | 524.789,11 |
| Interacción | 1 | 124.288,52 | -151.509,28 | 184.691,73 |
| Error | 21 | 362.961,12 | 29.214,18 | 39.686,62 |

Cuadro 30A. Sumas de cuadrados y productos de los valores de los rendimientos transformados, obtenidos en la tercera época de siembra.

| FRIJOL Y MAIZ | | | |
|------------------------|----------|----------|----------|
| Fuentes de variación | Y_1^2 | Y_1Y_2 | Y_2^2 |
| Manejo del suelo | 22,51520 | 30,10705 | 32,30037 |
| Nivel de fertilización | 6,90681 | 13,00789 | 18,38115 |
| Interacción | 0,82389 | 0,27879 | 0,60500 |
| Error de covariancia | 0,002789 | 0,00000 | 0,005346 |

| FRIJOL Y CAMOTE | | | |
|------------------------|----------|----------|----------|
| Fuentes de variación | Y_1^2 | Y_1Y_2 | Y_2^2 |
| Manejo del suelo | 1,57238 | -0,58598 | 3,70302 |
| Nivel de fertilización | 2,52280 | -6,58801 | 15,70947 |
| Interacción | 0,34243 | -1,38745 | 5,29504 |
| Error de covariancia | 0,001660 | 0,00000 | 0,005175 |

Cuadro 29A. Sumas de cuadrados y productos de los valores de los rendimientos transformados, obtenidos en la primera época de siembra.

| FRIJOL Y MAIZ | | | |
|------------------------|----------|----------|----------|
| Fuentes de variación | Y_1^2 | Y_1Y_2 | Y_2^2 |
| Manejo del suelo | 6,15722 | 1,41235 | 0,69638 |
| Nivel de fertilización | 4,99986 | 1,06496 | 0,51641 |
| Interacción | 2,22542 | -2,40517 | 2,27724 |
| Error de covariancia | 0,001995 | 0,00000 | 0,005837 |

| FRIJOL Y CAMOTE | | | |
|------------------------|----------|----------|----------|
| Fuentes de variación | Y_1^2 | Y_1Y_2 | Y_2^2 |
| Manejo del suelo | 0,98368 | 0,12890 | 0,02533 |
| Nivel de fertilización | 0,29263 | -0,93272 | 3,15333 |
| Interacción | 0,21871 | 0,62476 | 1,68580 |
| Error de covariancia | 0,000738 | 0,00000 | 0,004466 |

Cuadro 31A. Promedios de los datos de rendimientos transformados, correspondientes a los cultivos maíz, frijol y camote sembrados en asociación.

| | PRIMERA EPOCA DE SIEMBRA | | | |
|--------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | Sistema de Cultivos | | | |
| | SISTEMA 1 (S ₁) | | SISTEMA 2 (S ₂) | |
| Tratamientos | Maíz (Y ₁) | Frijol (Y ₂) | Camote (Y ₁) | Frijol (Y ₂) |
| 1 LB | | | 1,42 | 6,01 |
| 2 NB | 5,06 | 3,52 | | |
| 3 LV | 5,41 | 4,29 | | |
| 4 NA | | | 1,57 | 6,66 |
| 5 NA | 5,32 | 4,26 | | |
| 6 LA | 6,73 | 3,89 | | |
| 7 NB | | | 1,92 | 6,53 |
| 8 LA | | | 1,39 | 7,09 |
| | TERCERA EPOCA DE SIEMBRA | | | |
| 1 LB | | | 2,72 | 5,45 |
| 2 NB | 3,69 | 9,36 | | |
| 3 LB | 1,69 | 7,01 | | |
| 4 NA | | | 1,71 | 7,65 |
| 5 LB | 4,29 | 11,00 | | |
| 6 LA | 2,94 | 8,86 | | |
| 7 NB | | | 2,48 | 5,35 |
| 8 LA | | | 2,36 | 6,08 |

Cuadro 32A. Promedios de los datos de rendimientos transformados, correspondientes a los cultivos maíz, frijol y camote. Se muestra el efecto de los métodos de manejo del suelo y niveles de fertilización.

| | PRIMERA EPOCA DE SIEMBRA | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | Sistema de cultivos | | | |
| | SISTEMA 1 (S ₁) | | SISTEMA 2 (S ₂) | |
| Factores | Maíz (Y ₁) | Frijol (Y ₂) | Camote (Y ₁) | + Frijol (Y ₂) |
| 1. Método de manejo del suelo | | | | |
| Cero Labranza | 5,19 | 3,89 | 1,75 | 6,60 |
| Labranza | 6,07 | 4,09 | 1,41 | 6,81 |
| 2. Nivel de fertilización | | | | |
| Bajo | 5,24 | 3,91 | 1,67 | 6,27 |
| Alto | 6,03 | 4,08 | 1,48 | 6,88 |
| | TERCERA EPOCA DE SIEMBRA | | | |
| 1. Método de manejo del suelo | | | | |
| Cero Labranza | 3,99 | 10,18 | 2,10 | 6,50 |
| Labranza | 2,32 | 7,94 | 2,54 | 5,77 |
| 2. Nivel de fertilización | | | | |
| Bajo | 2,69 | 8,19 | 2,60 | 5,40 |
| Alto | 3,62 | 9,93 | 2,04 | 6,87 |