

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

**Análisis agroeconómico y energético de diferentes manejos
de la vegetación previo a la siembra en sistemas de
producción agrícola**

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE POSGRADO EN CIENCIAS AGRICOLAS Y RECURSOS NATURALES DEL PROGRAMA
CONJUNTO UCR-CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae

EDUARDO ZAFFARONI

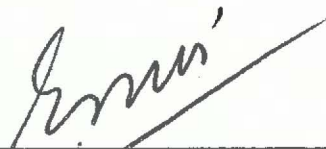
Turrialba, Costa Rica

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:



Eduardo Locatelli, Ph.D.

Profesor Consejero



Marcelino Avila, Ph.D.

Miembro del Comité



José Fargas, Ph.D.

Miembro del Comité



Pedro Oñoro, Ph.D.

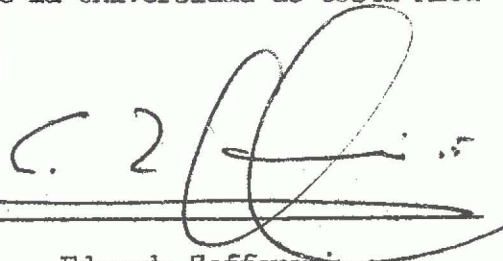
Miembro del Comité



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



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



Eduardo Zaffaroni
Candidato

iii

DEDICATORIA

A mis padres
a mi
y a esposa

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su sincero agradecimiento al Dr. Eduardo Locatelli, Profesor Consejero, por brindarle su amistad franca, ayuda y permanente preocupación en el desarrollo del trabajo experimental.

A los Drs. Marcelino Avila, José Fargas y Pedro Oñoro, miembros del Comité Asesor, por sus atenciones y revisión del original.

Al personal de campo del predio experimental "La Montaña" por su ayuda en la recolección de la información básica. Al personal de la Unidad de Computación del CATIE por el procesamiento de los datos.

A los Ings. Agrs. Myron Shenk y Roberto Díaz-Romeu por sus sugerencias y colaboraciones recibidas en el transcurso del experimento.

Al Ing. Agr. Hélio Burity por su amable ayuda en la impresión de la tesis.

A la Bibliotecaria Carmen Villegas por la revisión de las citas bibliográficas.

A la Srta. Myriam Badilla por su gentileza y eficiencia en el dactilografiado del trabajo.

Al gobierno de los Países Bajos, al CATIE, Universidad de Costa Rica, IICA y Centro de Investigaciones Agrícolas "A. Boerges" por haberle brindado la oportunidad de superarse mediante su apoyo financiero e institucional.

v

A todos aquellos que de una manera u otra le ofrecieron su amistad y apoyo durante la permanencia en el Centro.

BIOGRAFIA

El autor nació en Montevideo, Uruguay, el 13 de mayo de 1951. Realizó sus estudios secundarios en el Liceo "Eduardo Fabini" de la ciudad de Minas, Uruguay. El título de Ingeniero Agronomo lo obtuvo el 30 de junio de 1976, en la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, Montevideo.

Durante el año 1972 se desempeñó como Ayudante Honorario de la Cátedra de Botánica de la Facultad de Agronomía de Montevideo.

Desde mayo de 1976 a noviembre del mismo año fue Becario en Sistemas de Producción del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) de la OEA en el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", Montevideo.

Desde noviembre de 1976 a junio de 1977 fue Co-Director de la Consultoría Agrícola Integral (CAI) con sede en Montevideo.

Desde setiembre a noviembre de 1978 fue Asistente Graduado en la Cátedra de Diseño y Análisis de Experimentos del Programa de Posgrado UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica.

En junio de 1977 ingresó al Programa de Posgrado UCR/CATIE, graduándose en marzo de 1979.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
✓ 2.1 Crecimiento y producción de los cultivos.....	3
2.2 Características del suelo.....	4
2.2.1 Características químicas.....	5
2.2.2 Características físicas.....	7
✓ 2.3 Población de malezas.....	8
✓ 2.4 Población de insectos.....	9
✓ 2.5 Energía consumida en la producción.....	10
✓ 2.6 Economía de la producción.....	12
3. MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1 Localización, suelos y clima.....	13
3.2 Antecedentes del terreno experimental..	14
3.3 Material vegetal empleado.....	14
3.4 Densidad, espaciamento y modalidad de siembra.....	14
3.5 Epoca de siembra y dimensiones del experimento.....	16
3.6 Tratamientos.....	16
3.7 Otras labores culturales.....	20
3.8 Recolección de datos.....	20
3.8.1 Caracteres agronómicos.....	20
a. En los cultivos.....	20
b. En las malezas.....	23
c. En el suelo.....	23
d. En los insectos.....	24
3.8.2 Aspectos climáticos.....	24
✓ 3.9 Evaluación energética.....	24
✓ 3.10 Evaluaciones económicas.....	26
a. Análisis de rentabilidad.....	26

	b. Análisis de marginalidad.....	27
	c. Análisis de sensibilidad.....	28
	d. Retribuciones a los factores de la producción.....	28
3.11	Análisis estadístico de la información.....	29
4.	RESULTADOS.	30
4.1	Condiciones climáticas.....	30
4.2	Resultados agronómicos.....	30
4.2.1	Primer ciclo.....	30
	a. Maíz.....	30
	b. Frijol.....	34
	c. Comparación de los sistemas de producción.....	34
4.2.2	Segundo ciclo.....	42
4.2.3	Análisis conjunto, primer y segundo ciclo.....	53
4.3	Resultados energéticos.....	57
4.3.1	Primer ciclo.....	57
4.3.2	Segundo ciclo.....	58
4.3.3	Primer y segundo ciclo.....	58
4.4	Resultados económicos.....	69
4.4.1	Primer ciclo.....	69
4.4.1.1	Rentabilidad de los sistemas.....	69
4.4.1.2	Análisis de marginalidad.....	69
4.4.1.3	Análisis de rentabilidad.....	71
4.4.1.4	Retribuciones a los factores de producción.....	74
4.4.2	Segundo ciclo.....	78
4.4.2.1	Rentabilidad de los sistemas.....	78
4.4.2.2	Análisis de marginalidad.....	78

	Página
4.4.2.3	Análisis de sensibilidad..... 78
4.4.2.4	Retribuciones a los factores de la producción..... 81
4.4.3	Análisis conjunto: primero y segundo ciclo..... 85
4.4.3.1	Rentabilidad de los sistemas..... 85
4.4.3.2	Análisis de marginalidad..... 85
4.4.3.4	Retribución a los factores de producción..... 87
5.	DISCUSION..... 93
5.1	Aspectos agronómicos..... 93
5.2	Aspectos energéticos..... 97
5.3	Aspectos económicos..... 98
5.4	Discusión general.....100
6.	CONCLUSIONES.....102
7.	RESUMEN.....105
7a.	SUMMARY.....106
8.	BIBLIOGRAFIA.....107
9.	APENDICE.....116

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Simbología, sistema de cultivos, densidad y distancia de siembra, primer y segundo ciclo.....	15
Cuadro 2. Manejo de vegetación previo a la siembra, para el primer ciclo (diciembre 1978-abril 1979) y segundo ciclo (junio-octubre 1979) y simbología.....	19
Cuadro 3. Alturas de plantas de maíz (m), primer muestreo, segundo muestreo y tercer muestreo.....	31
Cuadro 4. Area foliar por planta de maíz (dm^2), tasa de producción del área foliar (TPAF) $dm^2/día$ y ataque de <i>Diatrea</i> sp. (N° de larvas por planta), primer ciclo.	33
Cuadro 5. Rendimiento de maíz con 14% de humedad y peso de granos por mazorca (gr.), primer ciclo.....	35
Cuadro 6. Alturas (m), población final y rendimientos en frijol con 13% de humedad, primer ciclo.....	36
Cuadro 7. Producción de biomasa total, energía contenida en la biomasa comestible y eficiencia energética, de los sistemas de producción en el primer ciclo....	39
Cuadro 8. Producción de proteína, carbohidratos y grasa, de los sistemas, primer ciclo..	41
Cuadro 9. Malezas totales por m^2 (7 de febrero de 1978), esfuerzos de penetración (en bares) y humedad gravimétrica del suelo, primer ciclo.....	43
Cuadro 10. Altura de plantas (m), tercer muestreo, área foliar (dm^2) y tasa de producción del área foliar (TPAF), segundo ciclo...	46
Cuadro 11. Peso granos/mazorca (gr.), biomasa total (kg/ha) y biomasa comestible (kg/ha), segundo ciclo.....	48

Cuadro 12.	Energía contenida en la biomasa comestible (Mcal/ha/ciclo), eficiencia energética (%) y porcentaje de materia orgánica de 0-20 cm de profundidad del suelo, segundo ciclo.....	49
Cuadro 13.	Producción de proteínas, carbohidratos y grasa por hectárea provenientes de maíz.....	50
Cuadro 14.	Número de malezas por m ² , malezas de hoja ancha por m ² y peso fresco de malezas, Kg/ha, segundo ciclo.....	52
Cuadro 15.	Biomasa total y biomasa comestible (Kg/ha), primer y segundo ciclo.....	54
Cuadro 16.	Energía contenida en la biomasa comestible (Mcal/ha) y eficiencia energética (%), primer y segundo ciclo.	55
Cuadro 17.	Producción de proteína, carbohidratos y grasa, primer y segundo ciclo.....	56
Cuadro 18.	Energía producida, consumida y Razón de Energía (E _r), primer ciclo.....	60
Cuadro 19.	Indices energéticos basados en consumo energía, primer ciclo.....	61
Cuadro 20.	Indices energéticos basados en producción de energía, primer ciclo....	62
Cuadro 21.	Energía producida, consumida y Razón de Energía (E _r), segundo ciclo.....	63
Cuadro 22.	Indices energéticos, basados en el consumo de energía.....	64
Cuadro 23.	Indices energéticos, basados en producción de energía, segundo ciclo...	65
Cuadro 24.	Energía producida, consumida y E _r primer y segundo ciclo.....	66
Cuadro 25.	Indices energéticos que incluyen consumo de energía, primer y segundo ciclo.....	67

Cuadro 26.	Indices energéticos basados en la producción de energía, primer y segundo ciclo.....	68
Cuadro 27.	Ingreso Total, Margen Bruto (MB), Ingreso Neto (IN), Margen Bruto Familiar (MBF) e Ingreso Neto Familiar (INF), primer ciclo.....	70
Cuadro 28.	Análisis del ingreso marginal, primer ciclo.....	72
Cuadro 29.	Análisis de sensibilidad de los sistemas de producción con IN positivo, primer ciclo.....	75
Cuadro 30.	Indices de retorno: relaciones entre ingreso y costos, para sistemas de producción con IN positivo, primer ciclo.....	76
Cuadro 31.	Retribuciones a los factores de la producción para sistemas con IN positivo, primer ciclo.....	77
Cuadro 32.	Ingreso Total (IT), Margen Bruto (MB), Ingreso Neto (IN), Margen Bruto Familiar (MBF), e Ingreso Neto Familiar (INF) en colones costarricenses, segundo ciclo.....	79
Cuadro 33.	Análisis marginal del ingreso marginal, segundo ciclo.....	81
Cuadro 34.	Análisis de sensibilidad de los sistemas agrícolas, segundo ciclo.....	82
Cuadro 35.	Indices de retornos, relaciones entre ingresos y costos, para sistemas de producción con IN positivos, segundo ciclo.....	83
Cuadro 36.	Retribución a los factores de la producción, segundo ciclo.....	84
Cuadro 37.	Ingreso Total, Margen Bruto, Ingreso Neto, Margen Bruto Familiar e Ingreso Neto Familiar, primero y segundo ciclo.	86
Cuadro 38.	Análisis marginal de los Ingresos Netos, primero y segundo ciclo.....	88

Cuadro 39.	Análisis de sensibilidad de los sistemas agrícolas, primer y segundo ciclo.....	90
Cuadro 40.	Relaciones entre Ingresos y Costos: Indices de Retorno, primer y segundo ciclo.....	91
Cuadro 41.	Retribuciones a los factores de la producción, primer y segundo ciclo.....	92

APENDICE

Cuadro 1A.	Datos climáticos mensuales correspondientes al período experimental Diciembre 1977 a Octubre 1978.....	117
Cuadro 2A.	Cuadrados medios y significancia del rendimiento en granos de maíz, peso de los granos de una mazorca, número de mazorcas por planta y alturas, primer ciclo.....	118
Cuadro 3A.	Cuadrados medios y significancia de área foliar, tasa de producción del área foliar (TPAF) y ataque de <i>Diatrea</i> sp., primer ciclo.....	118
Cuadro 4A.	Cuadrados medios y significancia de rendimientos de frijol y población final.....	119
Cuadro 5A.	Cuadrados medios y significancia para los sistemas de cultivos, primer ciclo: biomasa total, biomasa comestible, energía contenida en la biomasa total y eficiencia energética.....	120
Cuadro 6A.	Cuadrados medios y significancia de Kg de proteína por ha, Kg de carbohidratos por ha y Kg de grasa por ha, primer ciclo.....	120
Cuadro 7A.	Cuadrados medios y significancia de N° de plantas de <i>Panicum maximum</i> por m ² , gramíneas por m ² , malezas de hoja ancha por m ² , primer muestreo y malezas de hoja ancha, segundo muestreo, primer ciclo.....	121
Cuadro 8A.	Maleza observada al final del período experimental.....	122

Cuadro 9A.	Cuadrados medios, significancia de penetrabilidad y humedad gravimétrica del suelo entre hileras y en la hilera, primer ciclo.....	123
Cuadro 10A.	Cuadrados medios y significancia de rendimientos, población final, altura de maíz (1er muestreo y 3er muestreo), biomasa total y biomasa comestible del segundo ciclo.....	123
Cuadro 11A.	Población final de maíz por ha, segundo ciclo.....	124
Cuadro 12A.	Alturas (primer muestreo) de maíz, segundo ciclo.....	124
Cuadro 13A.	Cuadrados medios y significancia de área foliar, Tasa de Producción del Area Foliar, energía contenida en la biomasa comestible, segundo ciclo.....	125
Cuadro 14A.	Cuadrados medios y significancia para eficiencia energética, Kg. de proteína, carbohidratos y grasa por ha y no. de larvas de <i>Diatrea</i> sp. por planta, segundo ciclo.....	125
Cuadro 15A.	Cuadrados medios y significancia de malezas gramíneas por m ² y maleza de hoja ancha, peso fresco de maleza por ha, % de materia orgánica y humedad gravimétrica del suelo, segundo ciclo.....	126
Cuadro 16A.	Cuadrados medios y significancia de biomasa total, biomasa comestible, energía producida por los sistemas, energía contenida en la biomasa comestible y eficiencia energética, primer y segundo ciclo.....	126
Cuadro 17A.	Cuadrados medios y significancia de Kg. de proteínas, carbohidratos y grasa por ha, primero y segundo ciclo..	127
Cuadro 18A.	Energía contenida en la biomasa total (Mcal/ha) y humedad gravimétrica del suelo, segundo ciclo.....	128
Cuadro 19A.	Energía (Cal/gr o Mcal/Tm) contenida en las proteínas, carbohidratos y grasas de los alimentos estudiados.....	129

Cuadro 20A. Composición (%) de la materia seca en la proporción alimenticia de los productos cosechados en el experimento.....	129
Cuadro 21A. "Presupuesto energético", energía cosechada por los sistemas (MJ/ha/ciclo), primer ciclo.....	130
Cuadro 22A. Consumo de Energía de las distintas actividades e insumos, primer ciclo...	131
Cuadro 23A. Coeficientes energéticos utilizados para el análisis energético, primer ciclo.....	132
Cuadro 24A. Presupuesto energético, energía consumida por los sistemas (MJ/ha), segundo ciclo.....	133
Cuadro 25A. Coeficientes técnicos para las distintas labores.....	134
Cuadro 26A. Costos de producción (¢/ha): tratamientos 1 al 10, primer ciclo....	135
Cuadro 27A. Costos de producción, segundo ciclo...	136
Cuadro 28A. Costos de producción, primero y segundo ciclo.....	137
Cuadro 29A. Ingreso Neto y Costos Variables ordenados (Según IN) de menor a mayor, primero y segundo ciclo.....	138

LISTA DE FIGURAS

	Página
TEXTO	
Figura 1. Arreglo espacial de cultivos de una parcela para el sistema M+F.....	15
Figura 2. Cronograma de la siembra y cosecha de los sistemas de cultivos estudiados....	16
Figura 3. Producción de biomasa comestible, primer ciclo.....	38
Figura 4. Rendimientos de maíz, segundo ciclo....	45
Figura 5. Relación entre costos variables y el ingreso neto, primer ciclo.....	73
Figura 6. Incremento gráfico de cambiar de sistema de cultivos y mantener la misma preparación del suelo, primer ciclo.....	73
Figura 7. Relación entre costos variables e ingresos netos, segundo ciclo.....	80
Figura 8. Cambio en el IN debido a la aplicación de fertilizante en un manejo, segundo ciclo.....	80
Figura 9. Relación entre costos variables y el ingreso neto, primer y segundo ciclo.....	89
Figura 10. Cambio gráfico de cambiar de sistema de cultivos y mantener los mismos manejos, primer y segundo ciclo.....	89

1. INTRODUCCION

Una de las causas que ha limitado la producción de cultivos alimenticios en el trópico americano ha sido la falta de desarrollo de sistemas de producción más eficientes y adecuados a las condiciones de los pequeños productores (4, 9), quienes contribuyen en alta proporción a la producción de granos básicos en la región (79).

Uno de los componentes que mayor energía consume en este proceso productivo es la preparación del suelo, que tiene diversas repercusiones sobre los otros componentes del sistema de producción y sobre la salida del mismo. Uno de los objetivos fundamentales de la preparación del suelo es la eliminación de la vegetación que impedirá el crecimiento adecuado del nuevo cultivo. Esta preparación del suelo implica un manejo de la vegetación existente para hacer posible la siembra. En dicho manejo se pueden diferenciar dos situaciones: 1) Preparación convencional del suelo, consistente en: aradas, rastreadas y otras prácticas que implican remoción del terreno y 2) no laboreo o mínimo laboreo, que consiste en no realizar labores de remoción del suelo o realizar un mínimo necesario para obtener una rápida germinación y una buena población, dejando, generalmente, residuos vegetales sobre el suelo.

Esta última modalidad ha sido muy promocionada y adoptada en los Estados Unidos de América; el Departamento de Agricultura de este país ha proyectado que aproximadamente la mitad del área dedicada a la producción vegetal, más de 300 millones de acres de cultivos, podrían ser manejadas con mínimo y no laboreo en 1990 (2) y que para el año 2010, más del 90% de la mencionada superficie, será sembrada con alguna forma de mínimo laboreo (35).

Esta práctica de manejo de la vegetación y del suelo previo a la siembra no es nueva en las zonas desarrolladas, y menos aún en el

trópico americano. Los pequeños agricultores la han venido aplicando desde épocas muy antiguas. La siembra de frijol con no laboreo ("frijol tapado") es una práctica muy común en Costa Rica y algunas zonas de Centroamérica. A pesar de esto, en condiciones tropicales la investigación en el tema es reducida por lo que es importante estudiar biológica, energética y económicamente este manejo comparándolo con los métodos convencionales de preparación del suelo.

En base a lo expresado, se estudiaron en este trabajo:

1. La influencia de diferentes métodos de manejo de la vegetación y el suelo previo a la siembra, en la producción de dos sistemas de cultivos: maíz asociado con frijol seguido de maíz sin fertilizar y maíz seguido de maíz fertilizado.
2. La influencia de los diferentes manejos sobre algunas características químicas y físicas del suelo; la incidencia de malezas; la incidencia de insectos; y también la relación de estos factores con la producción de los sistemas.
3. Los aspectos energéticos y económicos involucrados en los distintos sistemas de producción.

2. REVISION DE LITERATURA

Según Greenland (37) el potencial productivo de los sistemas de finca para los pequeños agricultores en el trópico húmedo bajo, está en el desarrollo de técnicas que involucren entre otras cosas no laboreo y la utilización de residuos de plantas como "mulch".

El manejo que se haga de la vegetación y del suelo previo a la siembra tendrá influencia sobre el ambiente donde se desarrollará la planta, a través de su efecto sobre las características del suelo, las condiciones para el crecimiento y producción de los cultivos, la cantidad de malezas e insectos, la energía consumida en la producción y finalmente, sobre los aspectos económicos involucrados en ese proceso.

2.1 Crecimiento y producción de los cultivos

Los resultados de numerosos ensayos experimentales han demostrado que los rendimientos del cultivo del maíz con el sistema de no laboreo son generalmente iguales (19, 36, 60) o mayores (17, 43, 48, 53, 92, 96) que con la preparación tradicional del suelo.

Moschler et al (citado por Soza et al) (86) obtuvieron un rendimiento promedio de 20.5% superior con cero laboreo que con laboreo tradicional, en ensayos sucesivos, durante diez años de aplicar estas prácticas en forma continua en el mismo suelo en maíz.

Locatelli y Shenk (16, 56) analizaron, en la zona Atlántica húmeda de Costa Rica, el efecto de varios manejos de la vegetación previo a la siembra en la producción de frijol. En la zona existía predominancia de malezas perennes y de los diferentes tratamientos probados, el de no laboreo que significaba el corte de la vegetación a 5-10 cm. y aplicación de glyphosate al rebrote de las malezas, fue 20% superior

al tratamiento de laboreo convencional.

Según Phillips y Young (76) hay pocas diferencias entre las plantas de maíz bajo condiciones de no laboreo y laboreo convencional; el crecimiento vegetativo es mejor en cero laboreo debido a la temperatura más uniforme de la capa superficial del suelo y al mayor contenido de humedad. En relación a la emergencia, los últimos autores afirman que no hay diferencias marcadas entre las dos modalidades.

Las tasas de crecimiento del maíz bajo no laboreo han sido encontradas más altas que para cultivos bajo laboreo convencional (61) y se informa que dicho cultivo es el que más vigorosamente crece sin laboreo (93).

Melville y Rabb (58) hallaron que en suelos de textura arenosa, los rendimientos de soya en parcelas de no laboreo disminuyeron progresivamente en el transcurso de cuatro años, quizás por la mayor compactación y problemas de malezas. Mitchell y Teel (60) y Robertson (80) obtuvieron resultados similares en maíz, pero los primeros lo atribuyen a la irregular y baja población de plantas.

Algunos investigadores (25, 71) proponen arar en años alternativos para aumentar la eficiencia del no laboreo, al disminuir la compactación del suelo por las aradas.

2.2 Características del suelo

Si se desea mantener producciones aceptables y conservar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos de regiones tropicales la práctica de no laboreo o mínimo laboreo parece ser la más adecuada en la producción de cultivos anuales y perennes (39, 48).

2.2.1 Características químicas

Numerosas investigaciones realizadas en zonas tropicales (44, 50, 81) y en zonas templadas (11, 36, 45, 63, 76, 89), han reportado mayor contenido de materia orgánica en el suelo bajo condiciones de no laboreo que en aquellos sometidos a laboreo convencional.

El contenido de nitrógeno en forma de nitrato, en la capa superficial del suelo (6, 50) y los contenidos de fósforo y potasio han resultado mayores en tratamientos de no laboreo (13, 63).

Según Triplett y Van Doren (92) en el sistema de no laboreo, la mayoría del fósforo y del potasio permanecieron en la superficie del suelo (primeros 2.5 cm.), luego de seis años de investigaciones consecutivas sobre el mismo terreno. Estos resultados coinciden con los de Phillips y Young (76), quienes encontraron en la superficie de las parcelas con no laboreo, valores de fósforo disponible cinco veces mayores que en las parcelas aradas; entre los 12 y 14 cm. de profundidad el fósforo fue mayor en el suelo arado que en el suelo sin laboreo, pero el promedio de la parte superior del perfil del suelo fue mayor en los suelos sin labores.

Burgos y Meneses (13) en un experimento con maíz hallaron que las propiedades químicas que se afectaron más con diferentes labores fueron: acidez extractable, contenido de fósforo, potasio y calcio. La acidez extractable a profundidades entre 15 a 25 cm. fue mayor en los tratamientos de laboreo mínimo. Los contenidos de fósforo y potasio sufrieron tendencias parecidas, ya que presentaron niveles más altos en los primeros 10 cm. en las parcelas manejadas con laboreo mínimo. El contenido de calcio a diferentes profundidades fue mayor en las parcelas preparadas mecánicamente.

Moshler, Martens y Shear (64) encontraron considerablemente

más fósforo y algo más de nitrógeno en los 0 a 20 cm. de profundidad en no laboreo que en laboreo convencional. Entre los 20 y 40 cm. de profundidad hallaron más calcio y magnesio y menos potasio en el cero laboreo en relación al arado.

Blevius, Thomas y Cornelius (11) no hallaron diferencias con respecto al calcio intercambiable en los primeros 20 cm. de suelo, en los dos sistemas de preparación del suelo; el contenido de aluminio fue mayor en los tratamientos de no laboreo.

Barker (8) no halló diferencias en fósforo y potasio entre el no laboreo y la preparación convencional; asimismo señala que en ausencia de nitrógeno el no laboreo ha dado a menudo pobres resultados, pero que con alto nivel de este elemento el problema se soluciona. Según Bandel, Legg y Standford (7) las diferentes dosis de fertilización de nitrógeno no indujeron diferencias apreciables entre los rendimientos promedios de maíz según fuera cultivado bajo laboreo convencional o no laboreo. Sin embargo, cuando el nitrógeno era el elemento limitante, el sistema de laboreo convencional rindió más que el de no laboreo.

Baeumer y Bakermans (6) afirman que generalmente en la fertilización con fósforo y potasio no hay problemas en el no laboreo; en cambio, los cultivos creciendo bajo no laboreo necesitan más nitrógeno. Lo anterior coincide con lo encontrado por Moschler y Martens (65) quienes concluyeron, después de tres años de experimentación, que para las dosis más altas de nitrógeno y para todas las dosis de fósforo y potasio probadas, el no laboreo aumentó la eficiencia de la aplicación del fertilizante. Kuper y Ellen (47) encontraron que los rendimientos fueron menores en el no laboreo que en el laboreo a diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Los autores explican este fenómeno por el limitado tamaño y actividad del sistema radical de las plantas en los

tratamientos con no laboreo.

2.1.2 Características físicas

Muchos rendimientos potenciales de la mayoría de las variedades disponibles no se han logrado todavía por insuficiencia de agua, carencias a temprana edad, afectan el vigor, tamaño y finalmente el rendimiento (76).

Numerosos trabajos (6, 34, 42, 43, 48, 49, 52, 70) han puesto en evidencia la gran ventaja del no laboreo en conservar la humedad del suelo; los distintos autores coinciden en explicar este fenómeno a través de una menor evaporación en virtud de que la cubierta vegetal que permanece sobre el suelo lo resguarda, reduciendo las pérdidas de agua en los períodos críticos (21).

Tripplett y Van Doren (91) denotan que la humedad gravimétrica aumenta al aumentar el "mulch".

Según Boone y Kuipers (12) el laboreo afecta favorablemente el espacio poroso, hace más heterogénea la estructura del suelo y por consiguiente permite un mayor desarrollo de las raíces. Magartney y Northwood (57) encontraron que la densidad aparente del suelo es mayor en los tratamientos de mínimo laboreo en los 0 a 3.8 cm. de profundidad. También Van Ouwerkerk y Boone (97) comunican una mayor densidad del suelo en las parcelas no aradas, lo que fue confirmado por medidas de penetrabilidad. Estos últimos autores hallaron que el no laboreo no solamente reduce el espacio poroso sino que cambia la distribución de los distintos tipos de poros: los más grandes disminuyen y aumentan los más pequeños. El laboreo convencional ocasiona una menor penetrabilidad del suelo que el no laboreo (77) y cambia el tamaño y arreglo de las partículas (51). Van Doren (95) encontró una porosidad total

del suelo menor para el caso de no laboreo.

De acuerdo a Rosenberg (82) los implementos de tracción y arado, comprimen el suelo notablemente por el tránsito de vehículos y es considerado la mayor causa de compactación. Phillips y Young (76) denotan que la compactación del suelo es menor con el no laboreo continuado por varios años.

2.3 Población de malezas

Spain (87) señala que los pequeños agricultores de muchas zonas del trópico, practican un tipo de labranza mínima y uno de los principales problemas que tienen en sus sistemas actuales, es que el control de malezas resulta inadecuado. En general, el no laboreo no tomó auge hasta el desarrollo de los herbicidas modernos.

Derscheid, Durland y Shubeck (21) señalan a las malezas como uno de los serios problemas asociados con el mínimo laboreo.

Oschwald et al (73) afirman que en general el control de malezas ha sido más problemático en maíz con no laboreo, donde una infestación con Panicum sp. fue mayor que en campo arado. No obstante, Lal (50) encontró que las parcelas aradas, a pesar de haber tenido un control preemergente de malezas, mostraron una más alta población de malas hierbas que las parcelas de no laboreo.

Kapusta y Strierer (46) indican que el rendimiento de maíz en no laboreo fue influenciado primariamente por el grado de control de malezas realizado y en varias instancias, por efecto secundario sobre la población de plantas.

Burgos y Meneses (13) encontraron menor vigor de las malezas que crecieron en las parcelas de laboreo mínimo comparado con el de las malezas de las parcelas trabajadas mecánicamente.

Según Rockwood y Lal (81) en experimentos realizados en Nigeria, el peso de malezas en el tratamiento arado fue 40 veces más que el peso de las malezas del tratamiento de no laboreo.

Stibbe y Ariel (89) pudieron observar que cuanto más residuos de vegetales eran dejados sobre la superficie del suelo, se obtenía menor eficiencia en el control de malezas y más alta concentración de herbicida debía ser aplicado. Sin embargo, Erbach y Lovely (28) utilizando atrazina y alachlor, llegaron a la conclusión de que los residuos de plantas no afectan el control de malezas cuando los herbicidas son aplicados a las dosis recomendadas.

Roberts y Dawkins, citados por Baumer y Bakermans (6) hacen notar que al dejar el suelo sin disturbar, arado, hay una disminución de la tasa de emergencia de malezas anuales.

Dietz y Jennings (23) probaron diferentes mezclas de herbicidas en no laboreo. Todas las combinaciones usadas tuvieron buen resultado. Se probaron paraquat y glyphosate, cada uno en doce mezclas. En general, donde se aplicaron mezclas de herbicidas que incluían glyphosate se notaron rendimientos mayores que en las mezclas de paraquat. Por otro lado, Chappell y Link (20) encontraron más efectivo el glyphosate que el paraquat para eliminar la vegetación existente al sembrar en condiciones de no laboreo. No obstante, Webb (99) obtuvo resultados igualmente satisfactorios con glyphosate (1.5 lb/acre) que con paraquat (0.25 lib/acre).

2.4 Población de insectos

Según Triplett y Van Doren (93) y Grerory y Musick (38) los insectos han sido acusados de causar más problemas en cultivos bajo no laboreo que bajo laboreo convencional. Phillips y Young (76)

sostienen que las medidas de control necesarias son aproximadamente las mismas para todos los métodos de laboreo. Sin embargo, Lewis (55) considera que se requieren niveles más altos de insecticida en el caso de no laboreo.

Phillips y Young (76) encontraron los siguientes resultados con 16 especies de insectos: 1) Los insectos que dañan las semillas presentaron iguales problemas independientemente de los métodos de preparación del suelo (convencional y no laboreo); 2) los insectos que afectan la germinación y el crecimiento, presentan problemas algo mayores (en un 71% de estas especies) en el caso de no laboreo; 3) insectos que dañan las hojas, pecíolos y desarrollo del grano, producen iguales problemas para ambos métodos de laboreo.

Musik y Petty (67) observaron que en Ohio el gusano cortador negro (Agrostis ipsilon) atacó aproximadamente 15% de plantitas en campos bajo no laboreo, mientras que en campos adyacentes, trabajados convencionalmente, solamente 1% fue atacado; los autores infieren que el aumento de actividad puede ser debido a la preferencia de la mariposa por la basura de la superficie y al incremento de la sobrevivencia de la larva debido al menor número de operaciones implicadas en el no laboreo. Altieri, Van Shoonhoven y Doll (3) indican que la población de malezas puede tener, en ciertos casos, potencial como componente biológico para sistemas de manejo de plagas. Estos autores encontraron que la preferencia de Empoasca kraemeri por el frijol fue significativamente mayor en los sistemas de frijol limpio que en los sistemas de frijol con malezas.

Según Musick y Collins (66) la media del número de huevos de gusanos de la raíz en maíz (Diabrotica sp.) aumentaba a medida que incrementaba la cobertura del suelo.

2.5 Energía consumida en la producción

La "revolución verde" involucra tecnología asociada a valores muy altos de uso de la energía, especialmente en lo que respecta a fertilizantes, pesticidas y energía fósil (78). Heichel (40) sugiere, para aumentar la eficiencia energética, el uso de prácticas culturales que consuman menos energía.

Según Leach (54) el análisis energético no trata de reemplazar al económico pero lo complementa; en un mundo que padece del efecto de la escasez de combustible y alza de sus precios, si no existe una interpretación de los flujos complejos de energía en la sociedad, no pueden diseñarse políticas de desarrollo agropecuario; el análisis energético trata de presentar un modelo completo simplificado de la eficiencia de la utilización de la energía.

La producción de cultivos de subsistencia en áreas tropicales, que generalmente incluye alguna forma de mínimo o no laboreo, tiene una Razón de Energía -o sea, energía producida por la parte alimenticia dividida la energía total consumida en el proceso productivo, sin incluir la energía solar- de 13 a 40, en tanto que el promedio de toda la agricultura del Reino Unido donde se utiliza altos valores de energía de 0.3 a 0.4 (45).

Según Wittmuss, Olson y Lane (100) en los Estados Unidos de Norteamérica el gasto de galones de combustible diesel (37 Mcal/galón de combustible diesel) por acre fue de 4.06 para producción de maíz bajo laboreo convencional y de 1.51 para no laboreo. La Razón de la Energía fue de 4.78 y 5.23 para laboreo y no laboreo respectivamente.

Considerando que el arado de vertedera requiere más tracción que cualquier otra operación en las fincas de hoy (74), el no laboreo logra un ahorro de tiempo y energía (98).

2.6 Economía de la producción

Las tecnologías que se van a transferir a pequeños agricultores deben ser evaluadas biológica, económica y socialmente. Estos criterios de evaluación deben estar basados en los objetivos de generación de tecnología, es decir, mejorar el bienestar del agricultor, beneficiar a la sociedad, ser apropiados a las condiciones y contemplar la posibilidad de aceptación y adopción por los productores de escasos recursos (69).

Cuando se realiza investigación pensando en formular recomendaciones se debe pensar en las metas del agricultor y las restricciones que ellos enfrentan para lograr estas metas (75).

Al realizarse un menor número de labores o una reducción de las mismas en el no laboreo, se puede lograr un ahorro de tiempo y dinero y por lo tanto una disminución de los costos de producción (21, 29, 33, 77, 96).

Echeverría (27) encontró que el laboreo convencional tuvo un costo de producción por ha. de US\$ 58,45 más que el cero laboreo para condiciones de Costa Rica.

Según Doster (26) los costos de preparación de terreno para la producción de maíz en Indiana, EE.UU., fueron de US\$ 2,60 para no laboreo y US\$ 4,50 para laboreo convencional, en 1973.

Según Phillips y Young (76) la ventaja en el ingreso neto del no laboreo frente al laboreo tradicional fue de US\$ 14,00 por acre en Kentucky, EE.UU.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización, suelos y clima

El trabajo se efectuó en el área correspondiente al Programa de Producción Animal del CATIE, Turrialba, Costa Rica (9° 52' 45" latitud Norte y 83° 39' 28" longitud Oeste); con una elevación aproximada de 600 m.s.n.m. Los suelos corresponden a la Serie Instituto, Fase Instituto Pedregoso (1), de origen aluvial, con abundantes cantos rodados distribuidos irregularmente en forma de parches, drenaje de moderado a imperfecto; el lugar se encuentra en una zona de transición* con los suelos de la serie Colorado que son suelos de origen volcánico.

Las características del lugar experimental fueron (14): Temperatura media de 22.2°C (máxima 26.9°C y mínima 17.6°C); precipitación anual 2673,8 mm. con un promedio de 251 días anuales de lluvia. El mes más seco es marzo con un promedio de 71.6 mm.; el período lluvioso empieza en mayo con 218.5 mm., terminando en diciembre con 339,1 mm. El brillo solar diario es de 4.54 horas de sol (1.651,3 h anuales). La humedad relativa promedio es de 87.4%. El promedio de radiación diaria es de 423.7 Ly^{1/} y el de evaporación de 3.99 mm. En el balance hídrico atmosférico (lluvia- evaporación del tanque A) se registra un mes (febrero) con un balance negativo de -45 mm. y 11 meses con un balance positivo que fluctúa entre 9 y 269 mm., siendo el promedio mensual +137 mm. (31).

* Dr. Rufo Bazán, Edafólogo, CATIE, Comunicación Personal.

1/ Langleys = cal. cm⁻²

Según el sistema de clasificación ecológica de Holdridge (41, 90) el área experimental corresponde a la zona de vida de bosque húmedo premontano de la región tropical.

3.2 Antecedentes del terreno experimental

El terreno se aró dos años antes del comienzo del experimento y se dejó volver la vegetación. En el lugar predominaban Paspalum fasciculatum y Panicum maximum, ambas gramíneas perennes, de aproximadamente 2 metros de altura.

3.3 Material vegetal empleado

Se utilizaron semillas de maíz (Zea mays L.) de la variedad Tuxpeño, frijol (Phaseolus vulgaris L.) cv. Turrialba 4. Estos cultivos se sembraron durante el primer ciclo de siembra comprendido entre el 15 de diciembre de 1977 y el 20 de marzo de 1978 (para el frijol) y al 1º de abril de 1978 (para el maíz).

Para el segundo ciclo, comprendido entre el 7 de junio y el 8 de octubre de 1978, se utilizó maíz, tanto donde hubo maíz como donde hubo maíz asociado con frijol.

3.4 Densidad, espaciamiento y modalidad de la siembra

El maíz se plantó solo y asociado con frijol constituyendo dos sistemas de cultivos durante el primer ciclo del experimento (Cuadro 1). Para estos dos cultivos, la siembra se hizo manualmente abriendo un hoyo con un palo con punta metálica (espeque), modalidad de siembra utilizada por agricultores de gran parte del área centroamericana. El hoyo tuvo una profundidad aproximada de 2 a 3 cm., y se echaron tres semillas por golpe. Se raleó a los 20 días de sembrado

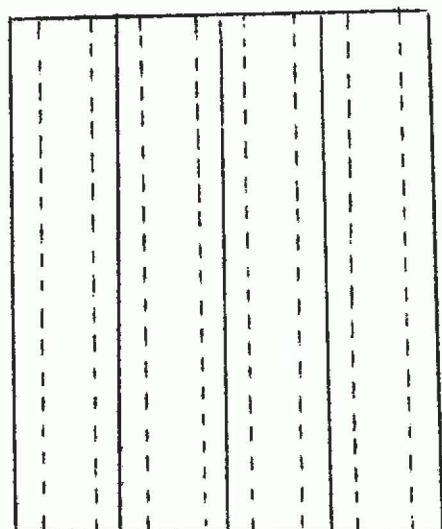
para dejar una planta por hoyo en el caso del frijol, y dos en el caso de maíz.

CUADRO 1. Simbología, sistemas de cultivos, densidad y distancia de siembra, primer y segundo ciclo.

Simbología	Sistemas de Cultivos	Densidad (1000 plantas/ha)	Distancia de siembra (m)	
			en la hilera	entre hileras
M + F	Maíz y frijol	40 (M)	1.00	0.50
		100 (F)	0.50	0.20
M	Maíz	40	1.00	0.50
M s	Maíz sin fertilizar	40	1.00	0.50
M	Maíz fertilizado	40	1.00	0.50

En la Figura 1 se puede apreciar el arreglo espacial del sistema maíz + frijol en el campo.

Los dos sistemas de cultivos del segundo ciclo los constituyeron M s f y M f. Se consideran además como Sistemas de Producción los manejos de vegetación previo a la siembra aplicados a los sistemas de cultivos.



———— Hileras de Maíz
 - - - - - Hileras de Frijol

Figura 1. Arreglo espacial de cultivos de una parcela para el Sistema M + F

3.5 Epoca de siembra y dimensiones del experimento

El experimento se realizó durante dos épocas de crecimiento consecutivos (de acuerdo al cronograma de la Figura 2):

- a) época generalmente seca diciembre 1977-abril 1978.
- b) época generalmente lluviosa junio 1978-octubre 1978.

El área total de cada parcela fue de 26 m^2 . El área total del experimento fue de 1.248 m^2 . El área total por parcela fue de $4 \text{ m} \times 6.5 \text{ m} = 26 \text{ m}^2$, el área útil, para maíz 16.5 m^2 (incluye 3 hileras) y el área útil para frijol 11 m^2 (incluye 4 hileras).

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



Figura 2. Cronograma de la siembra y cosecha de los sistemas de cultivos estudiados.

3.6 Tratamientos

En el primer ciclo se planificaron 6 manejos de vetación previo a siembra, pero 2 de estos 6 resultaron iguales, ya que se planeó inicialmente un manejo de "arado con control manual de malezas" en el cual no se realizó el desmalezado, ya que fue innecesario debido a que la población de malezas no se presentó como problema para el desarrollo del cultivo. Este hecho se ve corroborado por los rendimientos

similares del "arado con control" y "arado sin control". Por lo tanto, en el primer ciclo se tuvieron 5 manejos, los que se aplicaron a dos sistemas de cultivos M+F y M, constituyendo así 10 tratamientos o sistemas de producción. A continuación se describen los manejos:

(1) Chapia a ras más glyphosate (CRG)

Corte de la vegetación con machete a la altura del suelo (dejando tallos de alrededor de 10 cm. de altura). Veinte días después del corte se aplicó, sobre el rebrote el herbicida glyphosate, (N-(fosfometil) glicina) (ROUNDUP) a razón de 1.500 gr. de equivalente ácido por hectárea. El material se aplicó usando agua como diluyente, a razón de 300 litros por hectárea. La siembra se hizo 10 días después de la aplicación del herbicida.

(2) Chapia a caballo más glyphosate (CCG)

La chapia a caballo es un corte típico utilizado por el agricultor de la zona atlántica de Costa Rica y consiste en cortar la vegetación a una altura de aproximadamente 50 ó 60 cm. Veinte días después de esta operación se aplicó glyphosate a la misma dosis que la indicada para el tratamiento número 1. El herbicida se aplicó con agua como diluyente pero usando 600 litros por hectárea en lugar de 300.

(3) Chapia y mulch (CM)

Consiste en corte de la vegetación a ras y siembra el mismo día de realizado el corte. Los residuos vegetales se esparcieron sobre el área sembrada.

(4) Arado sin control (Asc)

Se realizó una primera labor con un arado de disco (una pasada) impulsado por tractor de 65 H.P. a una profundidad de 25 cm. Posteriormente se complementó con 2 pasadas de rastra de 14 discos

tirada también por un tractor de 65 H.P., quince días antes de la siembra.

(5) Arado con control (Ace)

Se realizó la preparación del suelo igual al tratamiento anterior, con la diferencia de que 14 días después de la última labor se aplicó glyphosate a razón de 1.500 gr. de equivalente ácido por hectárea diluido en 300 litros de agua por hectárea sobre los rebrotes o nuevas malezas. La siembra se realizó al día siguiente a la aplicación del herbicida.

En el segundo ciclo, se modificaron los manejos, teniendo en cuenta la acción que tomaría el agricultor, de acuerdo a la población de malezas presentes al final del primer ciclo. El único manejo que fue diferente de los realizados en el primer ciclo fue el que se describe a continuación:

Despunte más glyphosate (DG)

Corte de la vegetación que sobresale de una altura de 40 cm, mutilando, por lo tanto, la parte superior de las malezas. A los 15 días se aplicó glyphosate en la dosis indicada para los otros manejos.

En el Cuadro 2 se presentan los manejos de la vegetación aplicados en el primer y segundo ciclo. Nótese que los manejos aplicados a dos sistemas de cultivos constituyen 12 tratamientos o sistemas de producción; con esta última denominación se tratan en el texto.

En el segundo ciclo se aplicaron de 90, 120 y 75 kg. de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente, donde en el primer ciclo hubo maíz solo (Figura 2). El nitrógeno se fraccionó en 50 kg. a la siembra y 40 kg 30 días después; como fuente se utilizó un fertilizante compuesto (10-30-10) y se completó con Nitrato de Amonio y superfosfato simple.

CUADRO 2. Manejos de vegetación previo a la siembra, para el primer ciclo (diciembre 1978-abril 1979) y segundo ciclo (junio-octubre 1979) y simbología.

PRIMER CICLO	SEGUNDO CICLO	SIMBOLOGIA
1. Chapia al ras + Glyphosate	Despunte + Glyphosate (I)	CRG-DG
2. Chapia a caballo + Glyphosate	Chapia a caballo + Glyphosate	2CCG
3. Chapia y mulch	Chapia al ras + Glyphosate	CM-CRG
4. Arado sin control	Arado sin control	2 Asc
5. Arado con control	Arado con control	2 Acc
6. Arado sin control	Despunte + Glyphosate (II)	Asc-DG

3.7 Otras labores culturales

Para prevenir el posible ataque de insectos del suelo, en la siembra se aplicó Aldrin al suelo. Las semillas se curaron con Furadan. Se realizó una fertilización común de 40 kg de N, 120 kg de P_2O_5 y 40 kg de K_2O en la hilera en el primer ciclo, usándose como fuente un fertilizante compuesto 10-30-10. Se aplicó insecticida cuando la población de insectos lo exigió, pero posteriormente a los recuentos; los insecticidas fueron DDTOX (0.25 kg/ha) para controlar "cogollero", Spodoptera frugiperda, y Sevin (1.31 kg/ha) para controlar "vaquilla", Diabrotica sp. En el segundo ciclo sólo se aplicó Aldrin a la siembra.

3.8 Recolección de datos

3.8.1 Caracteres agronómicos

a. En los cultivos

- Altura: Se tomó cada 35 días; para el caso del maíz, desde el suelo hasta la inserción de la última hoja y para el frijol desde el suelo hasta la hoja más alta. Esta medición se realizó con la finalidad de conocer la variación en el vigor de las plantas a través del ciclo de cultivo.

- Población inicial y final: Se contaron las plantas en la parcela útil, a los 15 días de sembrados los cultivos y al final del ciclo. Se efectuó para conocer si los manejos afectaban la población y por lo tanto, el rendimiento.

- Area foliar: Fue determinada comparando el peso seco de las hojas dibujadas en papel y recortadas con el peso de un dm^2 del mismo papel. Esto se hizo en tres plantas por parcelas en el caso del maíz y 6 plantas por parcela para el frijol. Esta muestra fue tomada cuando los cultivos alcanzaron su crecimiento total, para el maíz

cuando se formaron las flores masculinas y para el frijol cuando aparecieron las primeras vainas. Con el área foliar se tuvo una estimación del vigor de las plantas al final del ciclo vegetativo.

- Biomasa total y biomasa comestible: La biomasa total (peso seco total) se calculó sumando el peso seco de granos más el peso seco de tallos, hojas, bracteas y raquis para el caso del maíz y en el caso del frijol las hojas, tallos, vainas y granos. La muestra de hojas y tallos se tomaron en el mismo momento que el indicado para área foliar. La biomasa comestible se calculó multiplicando el peso seco de los granos por los porcentajes que usa el CATIE (Cuadro 20A)*. Se consideró peso seco cuando se alcanzó un peso constante. La biomasa total sirve para conocer la capacidad de los sistemas en la producción de materia seca total y por lo tanto su importancia en análisis de sistemas integrados de producción. La biomasa comestible se utilizó para la comparación de diferentes sistemas de producción agrícola.

- Rendimiento comercial: Se calculó a 14% de humedad y el frijol a 13% según la metodología propuesta por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (94).

- Número de mazorca por planta: Se calculó dividiendo el número de mazorcas totales por el número de plantas totales.

- Peso de los granos por mazorca: Se calculó dividiendo el peso con 14% de humedad de los granos cosechados entre el número de mazorcas totales.

* La letra A junto al número de un cuadro significa que se encuentra en el Apéndice.

- Número de vainas por planta, tamaño de las vainas y número de granos por vaina:

Se midieron en una muestra de 10 plantas por parcela al momento de la cosecha. Estos últimos tres items constituyen componentes del rendimiento y se midieron con la finalidad de conocer en que forma contribuían cada uno de ellos al rendimiento total.

- Proteína, carbohidratos y grasa producida por ha. por los sistemas: Se utilizaron

los factores de conversión usados por el laboratorio de Fisiología Vegetal del CATIE (Cuadro 23A).

De los componentes biológicos se generó:

- i. Tasa de Producción de Area Foliar (TPAF)

$$\frac{\text{Area Foliar}}{\text{Tiempo de Permanencia del cultivo}} \quad \text{dm}^2/\text{día}$$

- ii. Eficiencia Energética (EE) %

$$EE = \frac{B}{A} \times 100$$

donde:

B = Energía contenida en la biomasa total por ha.

A = Energía de la radiación solar fotosintéticamente activa, expresada en la misma unidad de superficie.

Este estimador representa la eficiencia del sistema para transformar la energía solar fotosintéticamente activa en energía de la materia seca.

- iii. Índice de energía cosechada (IEC) %

$$IEC = \frac{C}{B}$$

donde: C = Energía contenida en la biomasa comestible. Este estimador nos da una idea de la eficiencia del sistema en invertir biomasa en la producción de alimentos.

El cálculo de la energía producida por la biomasa total - se hizo multiplicando, los kg de ésta por 4.000 Kcal y la energía contenida en la biomasa comestible se calculó mediante el uso de tablas dadas por Merrill y Watt (59) que se muestran en el Cuadro 19A. La radiación solar fotosintéticamente activa se calculó multiplicando la energía global total por 0.3948 (68).

b. En las malezas

En el primer ciclo se realizaron dos evaluaciones: la primera a los 40 días y la segunda cuando se cosechó el maíz.

En los muestreos se determinó: composición y número de malezas (gramíneas y hoja ancha) por m^2 , abarcando un área que cubrió el 15% de la parcela útil.

En el segundo ciclo se realizaron las mismas observaciones que en el primer ciclo, pero sólo al final del cultivo, además se cosecharon las malezas determinando su peso fresco por hectárea.

c. En el suelo

- Análisis químicos

Se realizaron análisis de lo siguiente: pH, Ca, Mg, K, P, S, Cu, Mn, Zn y materia orgánica.

Estas determinaciones se realizaron en muestras de 0 a 20 cm. de profundidad, al principio del primer ciclo, fin del primer ciclo o principio del segundo y fin del segundo ciclo, en esta última etapa, también se realizó un muestreo de 20 a 40 cm. Se empleó la metodología usada por el laboratorio de suelos del CATIE (22, 83).

Estas evaluaciones se realizaron con la finalidad de conocer si el no laboreo afecta la disponibilidad de elementos en el suelo y la acidez del mismo.

- Análisis físicos

Se determinaron penetrabilidad y humedad al final de los dos ciclos y densidad aparente y porosidad al final del segundo ciclo, para conocer el efecto de los manejos sobre la compactación y conservación de humedad del suelo. Para la determinación de la penetrabilidad se utilizó un penetrómetro de 0.5 cm. de diámetro. Las otras determinaciones se realizaron de acuerdo a la metodología de Forsythe (32).

d. En los insectos

En el primer y segundo ciclo se evaluó el daño que produjeron los principales insectos plaga de los 2 cultivos. En frijol: ataque de "vaquilla" Diabrotica balteata y en maíz: ataque de "cogollero" Spodoptera frugiperda, "cortador" Spodoptera frugiperda y "barrenador del tallo" Diatrea sp. y "helotero" Heliotis sp.

3.8.2 Aspectos climáticos

Se registró en la estación meteorológica del CATIE, durante todo el período experimental: radiación solar mensual, precipitación total mensual, humedad relativa mensual promedio, temperatura mínima mensual promedio, temperatura máxima mensual promedio y balance hídrico atmosférico mensual promedio.

3.9 Evaluación energética

La principal finalidad fue determinar cuales sistemas eran más eficientes en la conversión de la energía. Para esto se calculó la energía que entró a los sistemas de acuerdo a un "presupuesto

energético", incluyendo la energía consumida por los distintos sistemas de producción (Cuadro 21A). Se consideró el consumo de energía por actividades y materiales que presenta Leach (54) (Cuadro 22A). El Cuadro 23A muestra los coeficientes energéticos, utilizado en la elaboración de los valores del Cuadro 21A.

3.10 Evaluaciones económicas

La evaluación económica se hizo por sistemas de producción, la cual se basa en la teoría del producto compuesto. La aplicación de dicha teoría se justifica para este trabajo debido a la interacción biológica entre los cultivos de cada sistema. Tal interacción afecta tanto los costos como los ingresos y por consiguiente el análisis por cultivos no tendría validez.

a. Análisis de rentabilidad

En el análisis de rentabilidad se utilizaron las medidas de resultados que se definen a continuación (5):

Ingreso Total (IT) = es el valor de la producción total final en base a los precios del mercado.

Margen Bruto (MB) = IT (Ingreso Total) -
- CV (Costos Variables)

Representa el retorno bruto a los recursos fijos de la empresa; es lo que el agricultor cuenta para compensar los costos fijos y trabajos administrativos.

Ingreso Neto (IN) = MB - CV

Representa la ganancia neta del agricultor, después de compensar todos los costos.

Margen Bruto Familiar (MBF) = IT - CE (Costos en efectivo)

Representa el retorno bruto a los recursos de la familia como administración, mano de obra, tierra, después de compensar todos los gastos desembolsados tales como maquinaria, materiales y otros.

Ingreso Neto Familiar (INF) = MBF - CF

Representa el retorno neto a la mano de obra familiar y administración después de compensar todos los gastos con excepción de la mano de obra.

Para la elaboración de los costos de producción se utilizó la metodología del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (18), los cuales se definen a continuación:

Costos variables (CV): es la suma de los gastos de mano de obra, mecanización y materiales necesarios en el proceso de producción.

Costos efectivos (CE): es la suma de los gastos de maquinaria contratada y materiales.

Costos fijos (CF): por tratarse de un experimento, la renta de la tierra y el interés sobre gastos de mecanización y materiales.

Costos de producción (CT): es la suma de los CV más los CF.

En el cálculo de los costos se tomó en cuenta los precios en el mercado de Turrialba, y para el cálculo del IT los precios de los productos dados por el Consejo Nacional de Producción de Costa Rica.

b. Análisis de marginalidad

El análisis de marginalidad se realizó con el propósito de revelar la manera en que los Ingresos Netos de una inversión aumentan conforme la cantidad invertida crece (75). Por lo tanto, se utilizó el concepto de Tasa Marginal de Retorno (TMR):

$$\text{TMR} = \frac{\text{Aumento en el IN de pasar de un } CV_1 \text{ a un } CV_2}{\text{Aumento en CV de pasar de un } CV_1 \text{ a un } CV_2}$$

c. Análisis de sensibilidad

Se realizó con la finalidad de conocer el riesgo que involucran los sistemas ya sea por un aumento en los costos o por una disminución en los ingresos:

$$X_1 = \frac{(1-CT) \times 100}{IT}$$

$$X_2 = \frac{(IT - 1) \times 100}{CT}$$

Donde:

X_1 = porcentaje que restado al IT hace igual el IT y el CT, debido a una disminución de los ingresos.

X_2 = porcentaje que sumado a CT hace igual el IT y el CT, debido a un aumento de los costos.

d. Retribuciones a los factores de la producción

El investigador debe concentrar sus esfuerzos en desarrollar sistemas que sean útiles y apropiados a cada grupo de pequeños agricultores con quien trabaja. Para esto es importante conocer las retribuciones a los factores de producción (101):

$$\text{Retribuciones al capital en efectivo} = \frac{IT - \text{Renta} - \text{Gastos de mano de Obra} - CE \times 100}{CE}$$

Indica la retribución neta lograda del proceso de producción por cada unidad monetaria invertida como efectivo en gastos de mecanización e insumos.

$$\text{Retribución a la Mano de Obra} = \frac{IT - \text{Renta} - CE}{\text{Jornales}}$$

Significa la retribución monetaria por cada jornal después

de deducir los costos de renta, mecanización e insumos.

$$\text{Retribución a la tierra} = \frac{\text{IT} - \text{Gasto de Mano de Obra} - \text{CE}}{\text{Ha}}$$

Representa la retribución monetaria por Ha después de cubrir los costos de mano de obra, mecanización y materiales.

3.11 Análisis estadístico de la información

El análisis estadístico de las variables medidas se hizo de acuerdo al diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial de los tratamientos. En el caso del frijol por estar incluido en sólo uno de los sistemas de análisis se realizó en base a Bloques completos al Azar.

Las medias de manejos y sistemas de cultivos se evaluaron de acuerdo a la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) al nivel del 5% de acuerdo a comparaciones lógicas. Se realizaron dos análisis independientes para el primero y segundo ciclo y un análisis conjunto para todo el período experimental, considerando el primer y segundo ciclo.

4. RESULTADOS

4.1 Condiciones climáticas

Los datos de las condiciones climáticas que predominaron durante el período del experimento, diciembre de 1977 a octubre de 1978, se presentan en el Cuadro 1A.

A continuación se presentan los resultados agronómicos, energéticos y económicos. En cada caso se muestran resultados del primer y segundo ciclo del experimento y de los datos generados conjuntamente en estas dos etapas.

4.2 Resultados agronómicos

4.2.1 Primer ciclo

a. Maíz

En el Cuadro 3 se presentan las alturas para las tres fechas en que se tomaron. El efecto de los tratamientos y manejos indujo diferencias estadísticamente significativas, en las dos primeras fechas de muestreo, y en la última además, en sistemas de cultivo (Cuadro 2A). A través de los tres muestreos las alturas mayores se obtuvieron con los manejos de no laboreo con control químico (CRG y CCG) que fueron estadísticamente superiores al Acc. El manejo CM presentó las alturas más bajas. Las alturas de maíz solo, fueron significativamente superiores a las de maíz asociado.

No hubo diferencias significativas en la población inicial ni final, sin embargo, los manejos que tuvieron mejores valores fueron CRG y CCG.

En el Cuadro 4 se presentan las áreas foliares. El análisis de variancia denotó diferencias debidas a manejos (Cuadro 3A). El

CUADRO 3. Alturas de plantas de maíz (m), primer muestreo, segundo muestreo y tercer muestreo, primer ciclo.

Manejos*	Primer Muestreo			Segundo Muestreo			Tercer Muestreo		
	Ma ₁ /	Ms ₂ /	\bar{X}	Ma.	Ms	\bar{X}	Ma	Ms	\bar{X}
1. CRG	0,59	0,66	0,62	1,96	2,26	2,11	2,29	2,65	2,45
2. CCG	0,59	0,66	0,62	1,91	2,04	1,98	2,23	2,39	2,31
3. CM	0,46	0,52	0,49	1,34	1,41	1,37	1,47	1,55	1,51
4. Asc	0,46	0,46	0,46	1,47	1,48	1,48	1,60	1,73	1,67
5. Acc.	0,41	0,42	0,42	1,18	1,63	1,41	1,38	1,91	1,65
\bar{X}	0,50	0,54		1,57	1,76		1,79	2,05	
DMS _{0,05} =	Sistema de Cultivo:		0,04				0,18		
	Manejos		0,08				0,31		

* CRG= Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a Caballo + Glyphosate; CM = Chapia + Mulch;
Asc= Arado sin control; Acc= Arado con control.

1/ Maíz asociado con frijol

2/ Maíz solo

valor más bajo lo presentó el manejo CM. No hubo diferencias debidas a sistemas cultivos.

Al igual que en el caso del area foliar en la tasa de producción del área foliar, el manejo más bajo lo dio CM. Hubo diferencias estadísticas debido al efecto de los manejos (Cuadro 3A). No hubo diferencias estadísticas entre el maíz solo y asociado.

En el Cuadro 5 se presentan los rendimientos de maíz solo y asociado según los manejos a que fue sometido. El efecto de los manejos y sistemas de cultivo indujo diferencias de rendimiento estadísticamente significativas (Cuadro 2A). Los rendimientos mayores se obtuvieron con los manejos de no laboreo con control químico (CRG y CCG) que fueron estadísticamente superiores a Acc en un 50 y 38 por ciento respectivamente, en tanto que no difirieron entre si. Esto fue válido tanto para ambos sistemas de cultivos en conjunto como dentro de cada uno de los sistemas. El manejo de no laboreo con "mulch" presentó los rendimientos más bajos. El maíz solo rindió significativamente más que asociado.

No hubo diferencias entre manejos en el número de mazorcas por plantas (Cuadro 2A). En cuanto a sistemas de cultivos, maíz solo rindió significativamente más que asociado, siendo los promedios para dichos sistemas 1.03 y 0.93 respectivamente.

En el Cuadro 5 se presentan los valores promedios de peso de granos por mazorca obtenidos. El valor más alto correspondió a CRG el cual difirió de Acc. El manejo CM fue estadísticamente inferior a Asc. En el Cuadro 2A se muestra el análisis de variancia.

No hubo diferencias en el daño que produjo Spodoptera frugiperda, tanto cuando fue evaluado como "cogollero" o como "cortador". Sin embargo, el ataque del "barrenador del tallo" Diatrea sp. difirió según manejos, mostrando mayor número de larvas por planta los

CUADRO 4. Area foliar por planta de maíz (dm²), tasa de producción del área foliar (TPAF) dm²/día y ataque de Diatrea sp. (Nº de larvas por planta), primer ciclo.

Manejos*	Area foliar			TPAF			Ataque de <u>Diatrea</u> sp		
	Ma ₁ /	Ms ₂ /	\bar{X}	Ma	Ms	\bar{X}	Ma	Ms	\bar{X}
1. CRG	75,61	90,71	83,16	0,73	0,87	0,80	1,60	1,75	1,68
2. CCG	59,00	82,39	70,69	0,57	0,79	0,68	1,58	1,73	1,65
3. CM	43,68	25,37	34,53	0,41	0,24	0,33	1,23	1,33	1,28
4. Asc	41,53	54,51	48,02	0,40	0,52	0,46	0,48	0,59	0,54
5. Acc	72,26	57,01	64,64	0,70	0,55	0,62	0,50	0,63	0,59
\bar{X}	58,42	62,00		0,53	0,58		1,08	1,21	
DMS _{0,05} =	Sistema de Cultivo:		16,45			0,16			0,14
	(Manejos:		28,53			0,27			0,25

* CRG= Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CM = Chapia + Mulch;

Asc= Arado sin control; Acc= Arado con control.

1/ Maíz asociado con frijol

2/ Maíz solo

tratamientos de no laboreo (Cuadro 4 y Cuadro 3A).

b. Frijol

En la primera medición de las alturas de plantas no se detectaron diferencias estadísticas. En cambio, en la segunda fecha (al final del ciclo) hubo diferencias entre los manejos; el valor más alto fue el de CRG significativamente superior de Acc (Cuadro 6 y 4A).

En la población inicial no se observó diferencias estadísticamente significativas entre manejos, en cambio en la población final se observaron diferencias debidas a los manejos, siendo el CM el que presentó el valor más bajo (Cuadro 6 y 4A).

El análisis de variancia no detectó diferencias significativas para el área foliar según los manejos.

Tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas en la tasa de producción del área foliar.

El rendimiento de las plantas de frijol bajo el manejo CM difirió estadísticamente de CRG y CCG, pero éstos no difirieron entre si. El manejo CM también difirió de Asc pero éste no difirió de Acc (Cuadro 6 y 4A).

No hubo diferencias estadísticas en el número de granos por planta, ni longitud de las vainas, ni en vainas por planta.

El análisis estadístico no detectó diferencias en el daño producido por Diabrotica sp.

c. Comparación de los sistemas de producción

A continuación se consignan los resultados de producción y por último la infección de malezas y algunas características químicas y físicas del suelo.

CUADRO 5. Rendimiento de maíz con 14% de humedad y peso de granos por mazorca (gr), primer ciclo.

Manejos*	Rendimiento			Peso de los granos por mazorca		
	Ma ^{1/}	Ms ^{2/}	\bar{X}	Ma	Ms	\bar{X}
CRG	2485	3389	2937	68,74	99,15	83,94
CCG	2438	2955	2696	60,68	78,88	69,78
CM	570	505	537	35,93	42,99	39,46
Asc	1366	2094	1730	48,99	61,96	55,47
Acc	1443	2480	1960	45,78	78,53	62,15
\bar{X}	1660	2885		51,05	72,30	
DMS _{0,05} =	Sistema de Cultivo:		272	10,98		
	Manejos:		471	19,02		

* CRG= Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CM = Chapia + Mulch;

Asc= Arado sin control; Acc= Arado con control.

1/ Maíz asociado con frijol

2/ Maíz solo

CUADRO 6. Alturas (m), población final y rendimientos en frijol con 13% de humedad, primer ciclo.

Manejos*	Alturas (m) 22/2/78	Población final (plantas/ha)	Rendimientos (kg/ha)
1. CRG	0,56	56364	522
2. CCG	0,40	52576	458
3. CM	0,34 ±	16159	40
4. Asc	0,40	57100	403
5. Acc	0,39	51121	487

$DMS_{0,05} = 0,06$ $DMS_{0,05}: 14287$ $DMS_{0,05}: 136$

* CRG= Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate;
 CM = Chapia + Mulch;
 Asc= Arado sin control; Acc= Arado con control.

En el Cuadro 7 se observa que los manejos que produjeron más biomasa total fueron los CRG y CCR los cuales difirieron entre si, pero fueron significativamente diferente de Acc. El manejo CM presentó la biomasa más baja.

No se encontraron diferencias significativas entre los sistemas de cultivos (Cuadro 5A).

La misma tendencia que se halló en la producción de biomasa total se encontró en la producción de biomasa comestible. También los manejos que presentaron mayores valores fueron los de no laboreo y con control químico de malezas (Figura 3 y Cuadro 5A).

En la producción de energía contenida en la biomasa comestible hubo diferencias altamente significativas entre sistemas de producción debido al efecto de los manejos (Cuadro 7 y 5A).

Se detectaron diferencias altamente significativas en la eficiencia energética entre los tratamientos y los manejos. La tendencia es la misma que para producción de biomasa y energía (Cuadro 7 y 5A).

El análisis de variancia no detectó diferencias significativas en el índice de energía cosechada; el valor promedio de todo el experimento estuvo en 29.49%.

Los kg de proteína, carbohidratos y grasa por ha se muestran en el Cuadro 8. Los manejos que produjeron más proteína fueron CRG y CCG los cuales no difirieron entre si, pero difirieron significativamente con Acc. El análisis de variancia detectó diferencias altamente significativas entre sistemas de producción y manejos (Cuadro 6A).

Los manejos que produjeron más carbohidratos y grasa fueron los CRG y CCG que no difirieron estadísticamente con Acc.

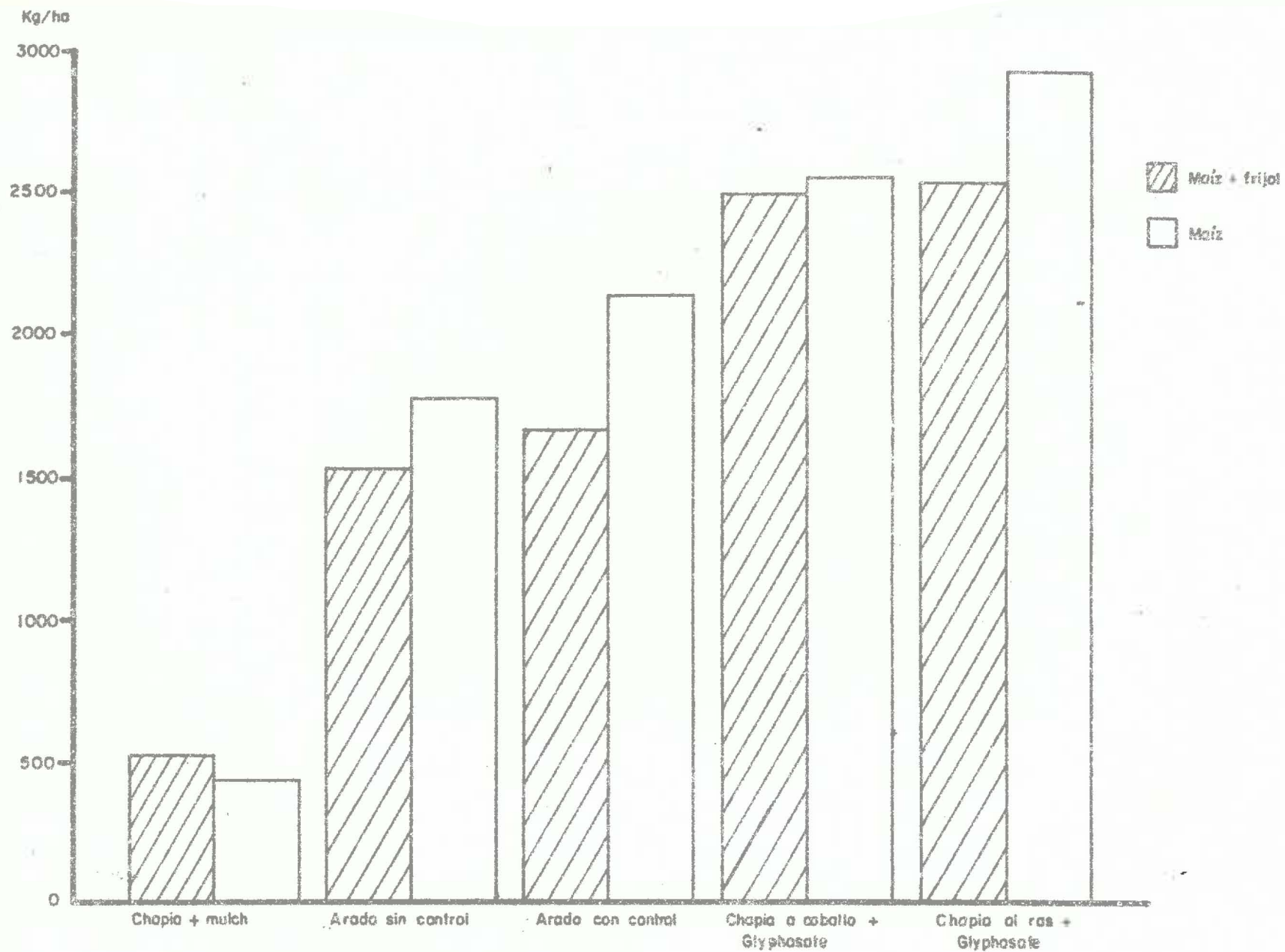


Fig. 3 Producción de biomasa comestible, primer ciclo

CUADRO 7. Producción de biomasa total, energía contenida en la biomasa comestible y eficiencia energética, de los sistemas de producción en el primer ciclo.

Manejos*	Biomasa (kg/ha)			Energía en la Biomasa Comestible (Mcal/ha)			Eficiencia Energética (%)		
	M+F	M	\bar{X}	M+F	M	\bar{X}	M+F	M	\bar{X}
1. CRG	8840	9335	9088	10122	11559	10840	2,00	2,11	2,05
2. CCG	8184	9535	8860	9760	10077	9918	1,85	2,16	2,01
3. CM	3321	2071	2646	2071	1722	1896	0,73	0,47	0,60
4. Asc	5054	6145	5599	5896	7014	6455	1,14	1,39	1,27
5. Acc	6237	6788	6513	6460	8459	7459	1,41	1,54	1,48
\bar{X}	6307	6775		6862	7766		1,43	1,53	
DMS _{0,05:}	(Sistema de Cultivo): 1165			956			0,26		
	(Manejos): 2018			1655			0,46		

* CRG= Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CM = Chapia + Mulch;
Asc= Arado sin control; Acc= Arado con control.

análisis de varianza detectó diferencias entre sistemas de producción, sistemas de cultivos y manejos (Cuadro 6A).

En un primer muestreo (7 de febrero de 1978) y en el segundo muestreo (12 de abril de 1978) se evaluó la infestación de Paspalum fasciculatum, Panicum maximum y malezas de "hoja ancha".

En el primer muestreo el número de plantas de Paspalum fasciculatum por m^2 no mostró diferencias significativas para sistemas de producción en el análisis estadístico. En cambio, en el caso de Panicum maximum hubo diferencias altamente significativas entre sistemas de cultivos; el sistema de maíz solo dio mayor número. La cantidad de gramíneas por m^2 , al igual que para Panicum maximum difirió altamente entre sistemas de cultivo pero no según el manejo (Cuadro 7A). En cambio, las malezas de hoja ancha difirieron significativamente (al 1%) en los sistemas de producción y en los manejos (Cuadro 7A). Los manejos que presentaron más malezas de hoja ancha fueron Acc y Asc.

En el Cuadro 9 se presentan el número de las malezas totales por m^2 . El análisis estadístico detectó diferencias significativas en sistemas de producción, sistemas de cultivos y manejos (Cuadro 7A). Los manejos de no laboreo con control químico presentaron significativamente menos malezas que el Acc.

En el segundo muestreo el análisis estadístico no mostró diferencias significativas en P. maximum, P. fasciculatum, gramíneas, ni en malezas totales por m^2 .

La población de malezas de hoja ancha presentó diferencias significativas en sistemas de producción y manejos (Cuadro 7A). Al igual que en el primer muestreo los valores más altos lo presenta los manejos CM.

CUADRO 8. Producción de proteína, carbohidratos y grasa, de los sistemas, primer ciclo.

Manejos*	Proteína (kg/ha)			Carbohidratos (kg/ha)			Grasa (kg/ha)		
	M+F	M	\bar{X}	M+F	M	\bar{X}	M+F	M	\bar{X}
1. CRG	349	329	339	2023	2358	2190	110	137	124
2. CCG	331	287	309	1954	2056	2005	107	119	113
3. CM	64	49	56	419	351	385	24	21	22
4. Asc	216	200	208	1177	1431	1256	63	83	73
5. Acc	240	241	241	1278	1726	1502	67	101	84
\bar{X}	240	221		1338	1559		74	92	
DMS _{0,05:}	(Sistema de Cultivos)= 30			194			11		
	(Manejos) = 51			336			19		

* CRG= Chapia al ras + Glyphosate; CCG + Chapia a caballo + Glyphosate; CM = Chapia + Mulch;

Asc= Arado sin control; Acc= Arado con control

En el Cuadro 8A. se presenta una lista de las malas hierbas más abundantes, identificadas en el lote experimental.

La penetrabilidad del suelo tomada al final del ciclo se muestra en el Cuadro 9. Los esfuerzos de penetración más altos fueron en los manejos de arado. El análisis de variancia mostró diferencias significativas entre sistemas de producción y manejos (Cuadro 9A).

Los manejos que conservaron más la humedad del suelo fueron los de no laboreo (Cuadro 9). Las muestras obtenidas tanto de entre las hileras de frijol como en las hileras de maíz mostraron diferencias estadísticas en los respectivos análisis de variancia (Cuadro 9A).

En las características químicas del suelo no se detectaron diferencias significativas, en ninguna de las que se analizaron al final del primer ciclo.

4.2.2 Segundo ciclo

Las alturas de las plantas de maíz del primer muestreo se pueden observar en el Cuadro 12A. Hubo diferencias entre sistemas de producción, fertilización y manejos (Cuadro 10A). En el segundo muestreo no hubo diferencias estadísticas.

Las alturas del tercer muestreo se muestran en el Cuadro 10. Los manejos que tuvieron mayores alturas fueron: Acc y CCG. El análisis detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos, fertilización y manejos (Cuadro 10A).

La población inicial no tuvo diferencias significativas; en cambio, en la población final se detectaron diferencias significativas entre sistemas de producción y manejos (Cuadro 10A). Los valores más altos los presentaron los manejos CRG y Acc, pero no difirieron entre sí (Cuadro 11A).

CUADRO 9. Malezas totales por m² (7 de febrero de 1978), esfuerzo de penetración en el suelo (en bares) y humedad gravimétrica del suelo, primer ciclo.

Manejos*	Malezas			Penetrabilidad			Humedad del suelo (en proporción)		
	M+F	M	\bar{X}	M+F	M	\bar{X}	M+F	M	\bar{X}
1. CRG	163	232	198	1,87	2,21	2,04	0,488	0,485	0,486
2. CCG	167	132	150	1,23	1,37	1,30	0,548	0,505	0,526
3. CM	290	354	322	1,60	1,04	1,32	0,519	0,573	0,546
4. Asc	204	233	219	2,44	2,21	2,33	0,357	0,411	0,384
5. Acc	204	274	239	2,27	1,85	2,06	0,394	0,431	0,413
\bar{X}	166	205		1,88	1,74		0,461	0,481	
DMS _{0,05:}	(Sist.de Cul.) = 37			0,40			0,028		
	(Manejos) = 65			0,70			0,048		

* CRG= Chapia al ras + Glyphosate; CCG + Chapia a caballo + Glyphosate; CM = Chapia + Mulch;
Asc= Arado sin control; Acc= Arado con control

En el Cuadro 10 se muestra el Area Foliar, el único manejo que difirió con el Acc fue Asc. Se obtuvieron diferencias significativas entre sistemas de producción, fertilización y manejo (Cuadro 13A).

El análisis estadístico en tasa de producción del área foliar indicó las mismas diferencias altamente significativas que para AF (Cuadro 13A). La tendencia fue también similar a la de AF (Cuadro 10).

En la Figura 4 se presentan los rendimientos de maíz. El análisis de variancia detectó significancia entre sistemas de producción, manejos, fertilización y manejos x fertilización (Cuadro 10A).

Los rendimientos mayores se obtuvieron con los manejos CRG y Asc los que no difirieron entre si; el Acc difirió significativamente con los manejos Asc, DG (II), DG (I) y CCG. El maíz fertilizado fue estadísticamente superior al maíz sin fertilizar. Nótese que en el M sf el manejo que tuvo mayor rendimiento fue Acc, en cambio, para Mf el CRG tuvo el mayor rendimiento.

No hubo diferencias significativas en el número de mazorcas por planta.

Los pesos de los granos de una mazorca siguen la misma tendencia que el rendimiento total (Cuadro 11). El análisis estadístico detectó diferencia altamente significativa debido al efecto de la fertilización. No hubo diferencias significativas entre manejos

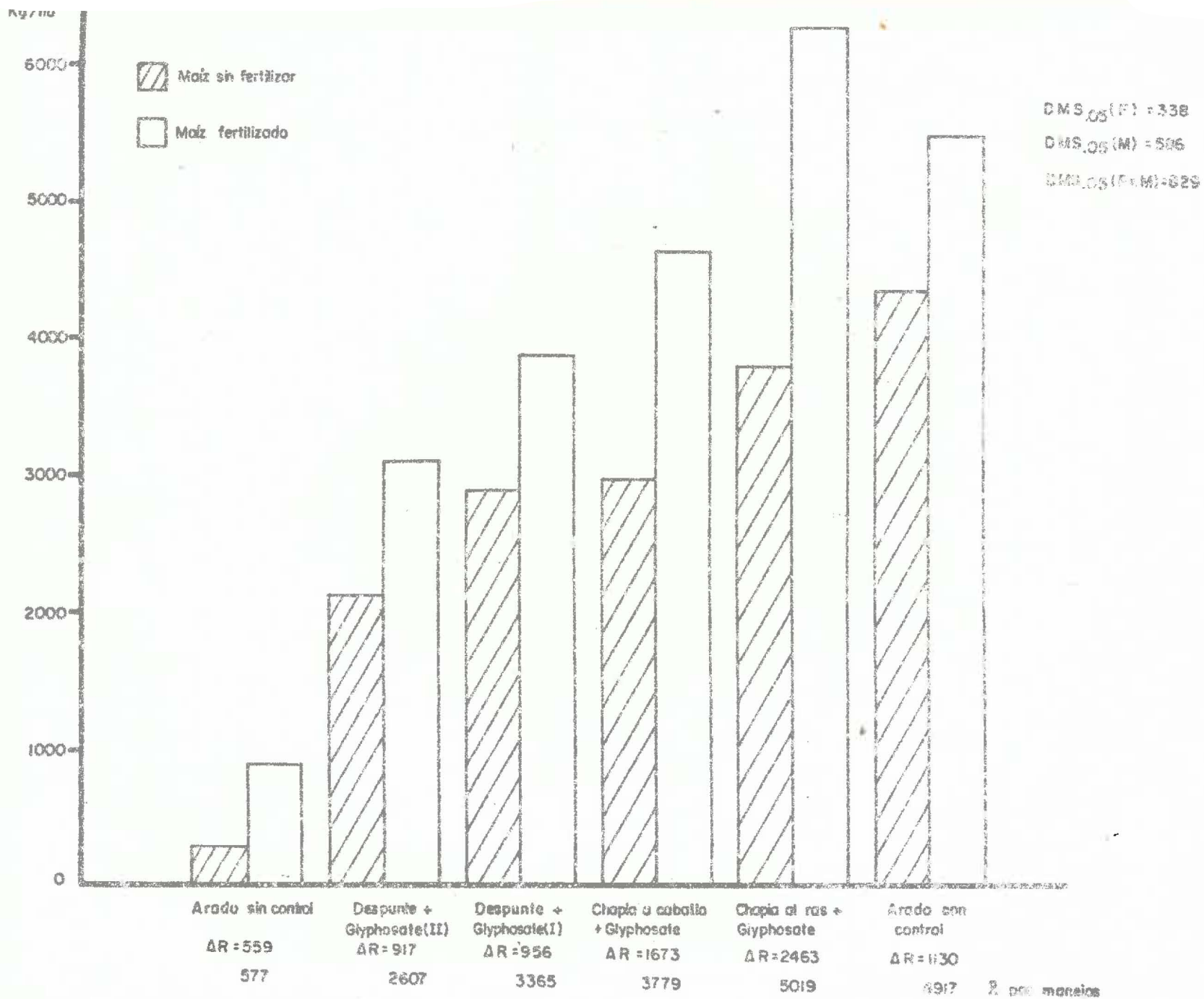


Fig. 4 Rendimiento de maíz, segundo ciclo

CUADRO 10. Alturas de plantas (m), tercer muestreo, área foliar (dm²) y tasa de producción del área foliar (TPAF), dm/día, en maíz, segundo ciclo.

Manejos*	Alturas			Area foliar			TPAF		
	Msf	Mf	\bar{X}	Msf	Mf	\bar{X}	Msf	Mf	\bar{X}
DG (I)	1,90	2,41	2,16	57,18	106,13	81,65	0,46	0,86	0,66
CCG	2,31	2,50	2,40	60,63	79,68	70,15	0,49	0,65	0,57
CRG	2,13	2,49	2,31	73,58	98,33	85,95	0,59	0,80	0,70
Asc	2,10	2,17	2,14	35,58	45,45	40,51	0,29	0,36	0,32
Acc	2,35	2,61	2,48	60,63	118,60	89,61	0,40	0,69	0,72
DG (II)	2,10	2,41	2,25	71,83	105,88	88,65	0,58	0,86	0,72
\bar{X}	2,15	2,43		59,90	92,34		0,48	0,75	
DMS _{0,05:}	(Fertilizac.) = 0,09			13,84			0,09		
	(Manejos) = 0,156			23,97			0,15		

*DG (I) = Despunte + Glyphosate precedido de chapia al ras + Glyphosate; CCG = chapia a caballo + Glyphosate; CRG = Chapia al ras + Glyphosate; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control; DG/(II) = Despunte + Glyphosate, precedido de Asc.

(Cuadro 10A).

La biomasa total tuvo sus valores más altos en Acc y CRG (Cuadro 11). La biomasa de Mf fue significativamente superior a Msf. La biomasa comestible siguió la misma tendencia de los rendimientos como se puede notar en los Cuadros 11 y 10A. También el análisis estadístico para biomasa comestible dio diferencias significativas para la interacción manejo x fertilización, no obstante, al igual que para el análisis de variancia para rendimientos, el valor de F calculado supera pobremente el F tabular (Cuadro 10A).

La energía contenida en biomasa comestible naturalmente sigue exactamente la misma tendencia que la biomasa comestible. El análisis estadístico detectó las mismas significancias que en los casos de rendimiento y biomasa comestible (Cuadro 12 y 13A). La misma tendencia se encontró en la producción de energía total (Cuadro 13A y 18A).

Los valores de eficiencia energética siguieron la misma tendencia que la biomasa comestible, siendo por lo tanto, los valores más altos los manejos de Acc y CRG (Cuadro 12 y 14A).

El análisis estadístico no detectó diferencias significativas en el índice de energía cosechada.

Al ser un solo cultivo la tendencia de producción de proteína, carbohidrato y grasa siguieron el mismo patrón que rendimiento (cuadro 13 y 14A).

No hubo diferencia significativa para penetrabilidad, porosidad y densidad aparente del suelo entre los tratamientos.

El análisis estadístico detectó diferencias significativas de humedad gravimétrica del suelo entre manejos (Cuadro 15A).

CUADRO 11. Peso de granos/mazorca (gr), Biomasa Total (kg/ha) y Biomasa Comestible (kg/ha), segundo ciclo.

Manejos*	Peso de granos/mazorca			Biomasa total			Biomasa comestible		
	Msf	Mf	\bar{X}	Msf	Mf	\bar{X}	Msf	Mf	\bar{X}
DG (I)	84,29	123,42	103,86	6398	9060	7729	2483	3305	2894
CCG	84,24	132,26	108,25	6533	9992	8262	2530	3970	3250
CRG	87,31	130,68	109,00	8447	13534	10990	3257	5376	4316
Asc	66,84	89,44	78,14	775	1644	1209	239	756	497
Acc	92,56	138,79	115,68	8988	16093	12541	3743	4715	4229
DG (II)	75,16	129,31	102,24	6194	7300	6747	1847	2636	2242
\bar{X}	81,73	123,98		6222	9604		2350	3450	
DMS _{0,05:}	(Fertilizac.) = 15,72			1246			291		
	(Manejos) = 27,22			2158			504		

* DG (I) = Despunte + Glyphosate precedido de chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CRG = Chapia al ras + Glyphosate; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control; DG (II) = Despunte + Glyphosate, precedido de Asc.

CUADRO 12. Energía contenida en la biomasa comestible (Mcal/ha/ciclo), eficiencia energética (%) y porcentaje de materia orgánica de 0 - 20 cm. de profundidad del suelo, segundo ciclo.

Manejos*	Energía en la Biomasa Comestible			Eficiencia Energética			% de Materia Orgánica
	Msf	Mf	\bar{X}	Msf	Mf	\bar{X}	\bar{X}
DG (I)	9848	13109	11478	1,38	1,96	1,67	6,2
CCG	10034	15745	12890	1,41	2,16	1,78	6,1
CRG	12915	21319	17117	1,83	2,93	2,37	6,0
Asc	945	2998	1972	0,32	0,15	0,23	5,6
Acc	14843	18698	16770	1,94	3,48	2,71	5,5
DG (II)	7326	10455	8890	1,34	1,58	1,46	5,0
\bar{X}	9319	13721		1,37	2,04		
DMS _{0,05} :	(Fertilizac.) =	11520		0,28			
	(Manejos) =	1999		0,48			0,7

* DG (I) = Despunte + Glyphosate precedido de chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CRG = Chapia al ras + Glyphosate; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control; DG (II) = Despunte + Glyphosate, precedido de Asc.

CUADRO 13. Producción de proteína, carbohidratos y grasa por hectárea proveniente de maíz, segundo ciclo.

Manejos	Kg. de Proteína por Ha.	Kg. de Carbohidratos por Ha.	Kg de Grasa por Ha.
M. fertilizado			
Despunte + Glyphosate (I)	374	2674	155
Chapia a caballo + Glyphosate	449	3212	187
Chapia al ras + Glyphosate	608	4349	253
Arado sin control	86	610	36
Arado con control	532	3814	221
Despunte + Glyphosate (II)	298	2133	124
M. sin fertilizar			
Despunte + Glyphosate (I)	280	2009	117
Chapia a caballo + Glyphosate	286	2047	119
Chapia al ras + Glyphosate	386	2635	152
Arado sin control	29	193	11
Arado con control	423	3028	176
Despunte + Glyphosate (II)	209	1495	87

DMS_{0,05} = 80

DMS_{0,05} = 577

DMS_{0,05} = 34

Los tratamientos de mayor humedad gravimétrica fueron los de no laboreo, sin embargo, las diferencias entre manejos fueron menor que en el primer ciclo (Cuadro 18A).

En relación a las características químicas del suelo, los análisis de variancia, sólo detectaron diferencias significativas entre manejos para el porcentaje de materia orgánica entre los 0 - 20 cm de profundidad (Cuadro 15A).

En el Cuadro 14 se muestran el número de las gramíneas por m^2 . El manejo Acc no difirió de los manejos CRG, CCG y difirió con los otros manejos. El análisis de varianza denotó diferencias significativas entre sistemas de producción y entre manejos (Cuadro 15A).

La significancia en número de malezas de hoja ancha fue la misma que para las malezas gramíneas, pero, el manejo que presentó mayor cantidad de maleza de hoja ancha por m^2 fue Acc el cual difirió de todos los otros manejos (Cuadro 14 y 15A).

La cantidad de malezas totales por m^2 no mostró diferencias significativas.

Los manejos que produjeron más malezas por hectárea en peso fresco fueron los Asc el cual fue el único que difirió del Acc. El sistema Mf tuvo significativamente más malezas que Msf (Cuadro 14).

- Ataque de insectos

El análisis estadístico para número de larvas de Diatrea sp. por caña, denotó diferencias significativas para sistemas de producción y para fertilización, pero no entre manejos (Cuadro 14A). Los promedios fueron de 4.07 y 6.25 para maíz sin fertilizar y fertilizado respectivamente.

CUADRO 14. Número de malezas gramíneas por m², malezas de hoja ancha por m² y peso fresco de malezas, kg/ha, segundo ciclo.

Manejos*	Gramíneas/m ²			Hoja ancha/m ²			Peso fresco de malezas/ha		
	Msf	Mf	\bar{X}	Msf	Mf	\bar{X}	Msf	Mf	\bar{X}
DG (I)	42	104	73	23	19	21	502	3425	1963
CCG	47	26	36	20	26	23	703	4523	2613
CRG	6	3	5	18	19	18	1046	924	985
Asc	133	158	145	27	10	19	5559	16636	11098
Acc	22	4	13	47	97	72	1160	1304	1232
DG/ (II)	81	97	89	18	25	21	2349	5545	3947
\bar{X}	55	65		25	32		1886	5393	
DMS _{0,05} :	(Fertilizac.) =	19		12			1622		
	(Manejos) =	33		20			2810		

* DG (I) = Despunte + Glyphosate precedido de chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CRG = Chapia al ras + Glyphosate; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control; DG (II) = Despunte + Glyphosate, precedido de Asc.

El ataque de elolero (Heliothis sp.) no mostró diferencias significativas.

4.2.3 Análisis conjunto, primero y segundo ciclo

En el Cuadro 15 se puede observar la producción de biomasa total obtenida a través de todo el período experimental. Los manejos que produjeron más fueron 2 Acc, CRG-DG y 2 CCG, los cuales no difirieron entre si, pero difirieron con los otros manejos. El análisis estadístico indicó diferencias significativas para tratamientos, manejos y sistemas de cultivos (Cuadro 16A).

Los manejos que presentaron valores más altos de biomasa comestible fueron 2 Acc, CRG-DG y 2 CCG, los cuales no difirieron entre si.

Los sistemas de cultivo M-Mf fueron estadísticamente superiores a los M+F-M sf. El análisis de variancia denotó diferencias entre sistemas de producción, sistemas de cultivos y manejos (Cuadro 16A).

La tendencia observada para la producción de energía fue exactamente la misma que para la biomasa total (Cuadro 16A).

En los Cuadros 16 y 16A se pueden notar los valores de la energía contenida en la biomasa comestible y la significancia estadística de los mismos. La tendencia también fue igual que la de biomasa comestible.

En el Cuadro 16 se nota que los valores de eficiencia energética presentan la misma jerarquía que la producción de biomasa comestible.

El análisis de variancia detectó diferencias altamente significativas entre sistema de producción, sistemas y manejos (Cuadro 16A).

No se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los índices de energía cosechada.

CUADRO 15. Biomasa total y biomasa comestible (kg/ha), primer y segundo ciclo.

Manejos*	Biomasa total			Biomasa comestible		
	M+F-Msf	M-Mf	\bar{X}	M+F-Msf	M-Mf	\bar{X}
CRG-DG	15238	20534	17886	4906	6511	5768
2 CCG	14717	19527	17122	4370	6220	5563
CM-CRG	11668	12343	12006	3513	4389	3951
2 Asc	11669	8151	6779	1622	2540	2081
2 Acc	15224	22821	19053	5025	6847	5768
Asc-DG	5408	13081	12375	3782	5810	4796
\bar{X}	12321	16086		3869	5386	
DMS _{0,05:}	(Sistema de Cultiv.) =	2019		516		
	(Manejos) =	3497		894		

* CRG-DG = Chapia al ras + Glyphosate seguido de Despunte + Glyphosate; 2 CCG = 2 Manejos sucesivos de chapia a caballo + Glyphosate; CM-CRG = Chapia + "mulch" seguido de chapia al ras + Glyphosate; 2 Asc = 2 Manejos sucesivos de arado sin control; 2 Acc = 2 Manejos sucesivos de arado con control; Asc-DG = Arado sin control seguido de Despunte + Glyphosate.

CUADRO 16. Energía contenida en la biomasa comestible (Mcal/ha) y eficiencia energética (%), primer y segundo ciclo.

Manejos*	Energía en la Biomasa Comestible			Eficiencia Energética		
	M+F-Msf	M-Mf	\bar{X}	M+F-Msf	M-Mf	\bar{X}
CRG-DG	19969	24668	22318	1,28	1,54	1,41
2 CCG	19794	25822	22809	1,23	1,64	1,44
CM-CRG	14986	23041	19014	0,98	1,31	1,14
2 Asc	6325	10074	8200	0,45	0,68	0,57
2 Acc	21302	27156	24229	1,28	1,92	1,60
Asc-DG	13810	17408	15609	0,98	1,10	1,04
\bar{X}	16031	21361		1,03	1,37	
DMS _{0,05} : (Sistema de Cultiv.)=	1559			0,16		
(Manejos) =	2701			0,28		

* CRG-DG = Chapia al ras + Glyphosate seguido de Despunte + Glyphosate; 2 CCG = 2 Manejos sucesivos de chapia a caballo + Glyphosate; CM-CRG = Chapia + "mulch" seguido de chapia al ras + Glyphosate; 2 Asc = 2 Manejos sucesivos de arado sin control; 2 Acc = 2 Manejos sucesivos de arado con control; Asc-DG = Arado sin control seguido de Despunte + Glyphosate.

CUADRO 17. Producción de proteína, carbohidratos y grasa por ha, primero y segundo ciclo.

Manejos*	Kg de Prot./ha	Kg de Carbohidratos/ha	Kg de Grasa/ha
2 Acc	283	4923	718
2 CCG	261	4634	676
CRG-DG	260	4532	666
CM-CRG	225	3877	544
Asc-DG	181	3166	470
2 Asc	93	1658	254
	DMS _{0,05} = 79	DMS _{0,05} = 550	DMS _{0,05} = 32

* CRG-DG = Chapia al ras + Glyphosate seguido de Despunte + Glyphosate; 2 CCG = 2 Manejos sucesivos de chapia a caballo + Glyphosate; CM-CRG = Chapia + "mulch" seguido de chapia al ras + Glyphosate; 2 Asc = 2 Manejos sucesivos de arado sin control; 2 Acc = 2 Manejos sucesivos de arado con control; Asc-DG = Arado sin control seguido de Despunte + Glyphosate.

Los sistemas M-Mf tuvieron valores significativamente más altos que M+F-Msf, en la producción de kg. de proteína, carbohidratos y grasa.

Los valores de proteínas, carbohidratos y grasa se muestran en el Cuadro 18, según los manejos a que se sometieron. Los tratamientos de mayores valores fueron 2 Acc y 2 CCG.

Se detectaron diferencias altamente significativas entre sistemas de producción, sistemas de cultivos y manejos (Cuadro 17A).

4.3 Resultados energéticos

4.3.1 Primer ciclo

En el Cuadro 21A se presenta el "presupuesto energético", con la energía consumida por los distintos sistemas de producción en las diferentes actividades e insumos que entran al sistema de producción. El Cuadro 22A presenta el consumo de energía para actividades y materiales y el Cuadro 23A los coeficientes energéticos, utilizados en la elaboración de los valores del Cuadro 21A.

El Cuadro 18 muestra los valores de energía producida, consumida y Razón de la Energía (Er). Los sistemas de producción que consumieron más energía fueron los arados, (Asc (M+F) y Acc (M+F) y los más eficientes en cuanto a conversión de energía (Er) resultaron ser CRG (M) y CCG (M).

En el Cuadro 19 se presentan índices energéticos basados en entrada o consumo de energía. Los sistemas que consumieron menos energía por jornal utilizado en la producción fueron CM (M+F) y CRG (M+F). Los que consumieron menos energía por colón (℄) gastado fueron CRG (M+F) y CCG (M+F). Los que consumieron menos energía por kg de biomasa producida fueron CRG (M) y CCG (M). Los que gastaron menos

energía por kg de proteína producida fueron el CRG (M) y CRG (M+F).

En el Cuadro 20 se muestran índices energéticos basados en la producción de energía. Los sistemas de producción que rindieron más energía por jornal empleado fueron el CCG (M) y CRG (M). Los que produjeron más energía por ¢ gastado fueron el CRG (M) y CCG (M).

4.3.2 Segundo ciclo

En el Cuadro 24A se consignan los "presupuestos energéticos" para cada uno de los sistemas de producción. Los tratamientos que consumieron más energía fueron los Acc y Asc en Mf; asimismo, se nota una gran diferencia entre los valores de los sistemas M sf y Mf.

En el Cuadro 21 se presenta la energía producida, consumida y la Razón de Energía; los valores más altos de E_r se obtuvieron en los sistemas de producción CRG y DG (I) en M sf.

La energía consumida por jornal y el consumo de Energía por ¢ gastado fue menor en CRG y CCG aplicados a M sf. Los que consumieron menos energía por kg. de biomasa comestible fueron el DG (I) y CCG, en M sf, los que gastaron menos energía por kg. de proteína producida CCG y DG (I) en M sf. (Cuadro 22).

Los tratamientos que produjeron más energía por jornal empleado fueron los Acc aplicados a Mf. y M sf debido a que el empleo de mano de obra es menor; los tratamientos que dieron más energía por ¢ gastado fueron los Acc y CRG, en M sf.

4.3.3 Primero y segundo ciclo

En el Cuadro 24 se presentan la energía producida, consumida y la E_r para los distintos sistemas de producción. Los que produjeron más energía fueron 2 Acc (M-Mf) y el 2 CCG (M-Mf), los que consumieron

más energía 2 Acc y 2 Asc (en M-Mf), y las mejores conversiones se lograron en los tratamientos CRG-DG y 2 CCG (en M+F-Msf.).

Los sistemas de producción que consumieron menos energía por jornal empleado fueron los mismos que tuvieron las E_p más altas, también en los otros índices que incluyen consumo de energía los sistemas CRG-DG y 2 CCG (en M+F-Msf) fueron más adecuados (Cuadro 25).

Los tratamientos que produjeron más energía con menos esfuerzo de mano de obra fueron el 2 Acc y 2 CCG (en M-Mf); los que produjeron más energía e implicaron menor gasto de colones fueron el CRG-DG y CCG (aplicados a M-Mf).

CUADRO 18. Energía producida, consumida y Razón de Energía (E_r), primer ciclo.

Manejos*	Energía producida (MJ/ha)		Energía ^{1/} consumida (MJ/ha)		E_r ^{2/}	
	M+F	M	M+F	M	M+F	M
CRG	42381	48397	6729	6303	6,30	7,68
CCG	40865	42192	6683	6251 ^a	6,12	6,75
CM	7210	8671	6344	5907	1,37	1,22
Asc	24687	29368	8391	7967	2,94	3,69
Acc	27048	35418	8794	8370	3,08	4,23

* CRG = Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CM = Chapia + Mulch; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control.

^{1/} No se incluye energía solar

^{2/} $E_r = \frac{\text{Energía producida}}{\text{Energía consumida}}$

CUADRO 19. Indices energéticos basados en consumo de energía ^{1/}, primer ciclo.

Manejos*	Energía Consumida por jornal (MJ/Jor)		Energía Consumida por ℓ gastado (MJ/ℓ)		Energía Consumida por Biomasa Comestible prod. (MJ/kg)		Energía Consumida por Kg de Prote. prod. (MJ/kg)	
	M+F	M	M+F	M	M+F	M	M+F	M
CRG	113	158	1,49	1,72	2,67	2,16	19,28	19,16
COG	128	198	1,57	1,86	2,68	2,46	20,19	21,78
CM	104	149	1,58	1,92	12,08	13,66	9,12	120,50
Asc	144	206	1,81	2,08	5,50	4,53	38,85	39,83
Acc	148	210	1,89	1,89	5,28	3,92	36,64	34,73

* CRG = Chapia al ras + Glyphosate; COG = Chapia a caballo + Glyphosate; CM = Chapia + Mulch; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control.

^{1/} No se incluye energía solar.

CUADRO 20. Índices energéticos basados en producción de energía, primer ciclo.

Manejos*	Energía Producida por jornal (MJ/Jor.)		Energía Producida por ¢ gastado (MJ/¢)	
	M+F	M	M+F	M
CRG	714,20	1216,31	9,37	13,19
COG	784,06	1336,03	9,61	12,56
CM	141,79	182,12	2,16	2,34
Asc	424,61	761,03	5,31	7,66
Acc	455,81	890,12	5,13	8,02

* CRG = Chapia al ras + Glyphosate; COG = Chapia a caballo + Glyphosate; CM = Chapia + Mulch; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control.

CUADRO 21. Energía producida, consumida y Razón de la Energía (E_r), segundo ciclo.

Manejos *	E. Producida MJ/ha		E. Consumida ^{1/} MJ/ha		E_r ^{2/}	
	M sf	Mf	M sf	Mf	Msf	Mf
DG (I)	41234	54887	771	10345	53,49	5,31
CCG	42012	65924	808	10382	52,00	6,35
CRG	54075	89263	860	10435	62,85	8,55
Asc	3961	12553	2089	11663	1,90	1,08
Acc	62148	78289	2602	12067	23,89	6,49
DG (II)	30674	43775	771	10345	39,79	4,23

* DG (I) = Despunte + Glyphosate precedido de Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CRG = Chapia al ras + Glyphosate; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control; DG (II) = Despunte + Glyphosate precedido de Asc.

^{1/} No se incluye energía solar.

^{2/} $E_r = \frac{\text{Energía producida}}{\text{Energía consumida}}$

CUADRO 22. Indices energéticos basados en el consumo de energía, segundo ciclo ^{1/}

Manejos*	Energía Consumida por Jornal (MJ/Jor.)		Energía Consumida por ¢ gastado (MJ/¢)		Energía Consumida Por Biomasa Comestible (MJ/kg)		Energía Consumida por Kg de Proteína Producida (MJ/kg)	
	M sf	Mf	M sf	Mf	M sf	Mf	M sf	Mf
DG (I)	32,12	383,15	0,45	2,97	0,31	3,13	1,27	24,46
CCG	28,85	334,91	0,43	2,86	0,32	2,61	1,52	28,21
CRG	23,90	267,55	0,39	2,65	0,26	1,94	1,92	36,30
Asc	99,40	485,97	1,32	3,48	8,74	15,43	5,58	41,65
Acc	118,26	482,68	1,17	3,04	0,70	2,56	8,73	57,74
DG (II)	31,12	383,15	0,45	2,96	0,42	3,92	8,96	35,73

* DG (I) = Despunte + Glyphosate precedido de Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CRG = Chapia al ras + Glyphosate; ASc = Anado sin control; Acc = Anado con control; DG (II) = Despunte + Glyphosate precedido de Asc.

^{1/} No se incluye energía solar.

CUADRO 23. Índices energéticos, basados en la producción de energía, segundo ciclo.

Manejos*	Energía Producida por Jornal (MJ/Jor.)		Energía Producida por ¢ gastado (MJ/¢)	
	M sf	Mf	M sf	Mf
DG (I)	1718,08	2032,85	23,83	15,73
CCG	1500,43	2126,58	22,42	18,14
CRG	1502,08	2288,79	24,76	22,63
Asc	188,62	523,04	2,49	3,75
Acc	2824,90	3131,56	28,04	19,69
DG (II)	1278,08	1621,29	17,73	12,54

* DG (I) = Despunte + Glyphosate precedido de Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CRG = Chapia al ras + Glyphosate; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control; DG (II) = Despunte + Glyphosate precedido de Asc.

CUADRO 24. Energía producida, consumida y E_r , primer y segundo ciclo.

Manejos*	Energía Producida (MJ/ha)		Energía Consumida ^{1/} (MJ/ha)		E_r ^{2/}	
	M+F-Msf	M-Mf	M+F-Msf	M-Mf	M+F-Msf	M-Mf
CRG-DG	83610	103285	7499	11648	11,15	8,87
2 CCG	82877	108117	7491	16633	11,06	6,50
CM-CRG	62746	96473	7204	16341	8,71	5,90
2 Asc	26483	42180	10480	19630	2,53	2,15
2 Acc	89191	113707	11396	20437	7,83	5,56
Asc-DG	57822	72887	9162	18312	6,31	3,98

* CRG-DG = Chapia al ras + Glyphosate seguido de Despunte + Glyphosate; 2 CCG = 2 Chapias a caballo + Glyphosate; CM-CRG = Chapia + Mulch seguido de chapia al ras + Glyphosate; 2 Asc = 2 Arados sin control; 2 Acc = 2 Arados con control; Asc-DG = Arado sin control seguido de Despunte + Glyphosate.

^{1/} No se incluye energía solar.

^{2/} $E_r = \frac{\text{Energía producida}}{\text{Energía consumida}}$

CUADRO 25. Indices energéticos, que incluyen consumo de energía, primer y segundo ciclo.

Manejos*	Energía Consumida por Jornal (MJ/Jor.)		Energía Consumida por ℓ gastado (MJ/ℓ)		Energía Consumida por Biomasa Comes- tible (MJ/kg)		Energía Consumida por kg de Proteína Producida (MJ/kg)	
	M+F-M-sf	M-Mf	M+F-M-sf	M-Mf	M+F-M-sf	M-Mf	M+F-M-sf	M-Mf
CRG-DG	90	174	1,13	1,62	1,49	1,70	11,91	16,58
2 CCG	94	264	1,22	2,49	1,53	2,55	12,15	22,61
CM-CRG	74	207	1,16	2,33	1,65	2,63	16,69	24,89
2 Asc	105	312	1,68	2,73	2,77	3,38	47,26	68,40
2 Acc	141	314	1,52	2,44	3,24	4,66	17,19	26,42
Asc-DG	112	277	1,44	2,50	5,65	7,21	20,61	36,94

* CRG-DG = Chapia al ras + Glyphosate seguido de Despunte + Glyphosate; 2 CCG = 2 Chapias a caballo + Glyphosate; CM-CRG = Chapia + Mulch seguido de chapia al ras + Glyphosate; 2 Asc = 2 Arados sin control; 2 Acc = 2 Arados con control; Asc-DG = Arado sin control seguido de Despunte + Glyphosate.

1/ No se incluye energía solar.

CUADRO 26. Índices energéticos basados en la producción de energía, primer y segundo ciclo.

Manejos *	Energía Producida por Jornal (MJ/Jor.)		Energía Producida por ¢ gastado (MJ/¢)	
	M+F-M sf	M-Mf	M+F-Msf	M-Mf
CRG-DG	1007,35	1541,57	12,56	14,36
2 CCG	1035,96	1716,14	13,69	16,16
CM-CRG	646,86	1221,18	10,13	13,74
2 Asc	264,83	669,52	4,25	5,87
2 Acc	1101,12	1749,34	11,91	13,55
Asc-DG	705,15	1104,35	7,72	9,95

* CRG-DG = Chapia al ras + Glyphosate seguido de Despunte + Glyphosate; 2 CCG = 2 Chapias a caballo + Glyphosate; CM-CRG = Chapia + Mulch seguido de chapia al ras + Glyphosate; 2 Asc = 2 Arados sin control; 2 Acc = 2 Arados con control; Asc-DG = Arado sin control seguido de Despunte + Glyphosate.

4.4 Resultados económicos

A continuación se presentan los resultados económicos para el primer ciclo, segundo ciclo, y primer y segundo ciclo en forma conjunta.

4.4.1 Primer ciclo

4.4.1.1 Rentabilidad de los sistemas

Se puede apreciar que los costos de producción más altos (Cuadro 26A) corresponden a los sistemas mecanizados.

El Cuadro 27 muestra cuales de los sistemas son más rentables; el MB y el IN es negativo en los sistemas mecanizados y en los sistemas de mulch.

La preparación mecanizada del suelo representa un porcentaje relativamente alto de los costos de producción, no solamente por la propia mecanización sino también porque a esta labor hubo que sumarle la chapia, ya que por la densidad y altura de las malezas existentes era imposible entrar con el tractor. Los porcentajes del corte de la vegetación y arado en relación a los costos de producción van desde 25% en Acc (M+F) a 33% en Asc (M). Los porcentajes del no laboreo en relación a los costos de producción son de 7% en COG (M+F) a 16% en CRG (M).

Los manejos que se comportaron mejor, en términos de cualquiera de los parámetros anotados arriba, fueron CRG y COG aplicados a M+F.

4.4.1.2 Análisis de marginalidad

Observando el Cuadro 27 el productor de mayor recursos escogería los tratamientos que producen mayor IN o en caso de un pequeño agricultor los de mayor MBF o INF, o sea el CRG (mayor IN y mayor INF).

CUADRO 27. Ingreso Total, Margen Bruto (MB), Ingreso Neto (IN), Margen Bruto Familiar (MBF) e Ingreso Neto Familiar (INF), primer ciclo (en colones costarricense)^{1/}

Manejos*	IT		MB		IN		MBF		INF	
	M+F	M	M+F	M	M+F	M	M+F	M	M+F	M
CRG	6603	5524	2327	2100	2078	1856	4562	3599	4314	3355
CCG	6207	4817	2203	1703	1954	1458	4166	2892	3917	2648
CM	1125	823	-2659	-2028	-2885	-2249	-356	-541	-582	-763
Asc	4197	3353	-193	-185	-448	-478	-1997	1268	1742	1125
Acc	4685	4042	-312	-101	-589	-374	-1924	1398	1646	1125

* CRG = Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CM = Chapia + Mulch; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control.

^{1/} 8.54 colones costarricenses = 1 dólar estadounidense.

No obstante, es importante saber cuánto estaría dispuesto a gastar un agricultor si dispusiera de una información como la que se presenta en el Cuadro 28 y la Figura 5. El cambio más conveniente resulta del sistema CCG (M) a CRG (M), donde la Tasa Marginal de Retorno (TMR) es mayor.

Los "puntos dominados", o sea, aquellos para los cuales existe otra alternativa con un mayor IN y un menor costo variable no se muestran en la gráfica pues presentaron IN negativo. Estos puntos no se incluyen en el análisis marginal pues difícilmente el productor desearía escoger estas alternativas cuando podría recibir un mayor IN con un CV menor.

El cambio producido cuando se mantienen constantes los manejos y se cambian los sistemas de cultivos se expresa en la Figura 6, donde se anota una interacción económica manejo x sistema de cultivo, ya que la pendiente es diferente para los distintos manejos. Por lo tanto, la TMR de pasar de CCG (M) a CCG (M+F) es 56% en cambio de pasar del CRG (M) a CRG (M+F) es 26%, indicando que para un mismo manejo el sistema más conveniente es el de M+F.

4.4.1.2 Análisis de sensibilidad

Para formular una recomendación económica es importante conocer cuán sensible son los sistemas en estudio, es decir, determinar en que medida soportará disminución en el IN, ya sea por aumento en los costos o por disminución en los ingresos. Para conocer esto se elaboró el Cuadro 29 en donde se muestran valores de sensibilidad para los sistemas que produjeron IN positivo. SE nota que el sistema CRG (M) es el menos sensible tanto al aumento de los costos como a la disminución de los ingresos, es decir, que soporta más los cambios en

CUADRO 28. Análisis del ingreso marginal, primer ciclo.

Sistemas*	IN	CV	CAMBIO CON RESPECTO AL INGRESO PROXIMO SUPERIOR		
			Incremento marginal en Ingreso Neto	Incremento marginal en costo variable	Tasa marginal de retorno
CRG (M+F)	2078	4276	125	272	46%
CCG (M+F)	1954	4004	98	581	17%
CRG (M)	1856	3424	398	310	128%
CCG (M)	1459	3114	---	---	---

* CRG = Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate.

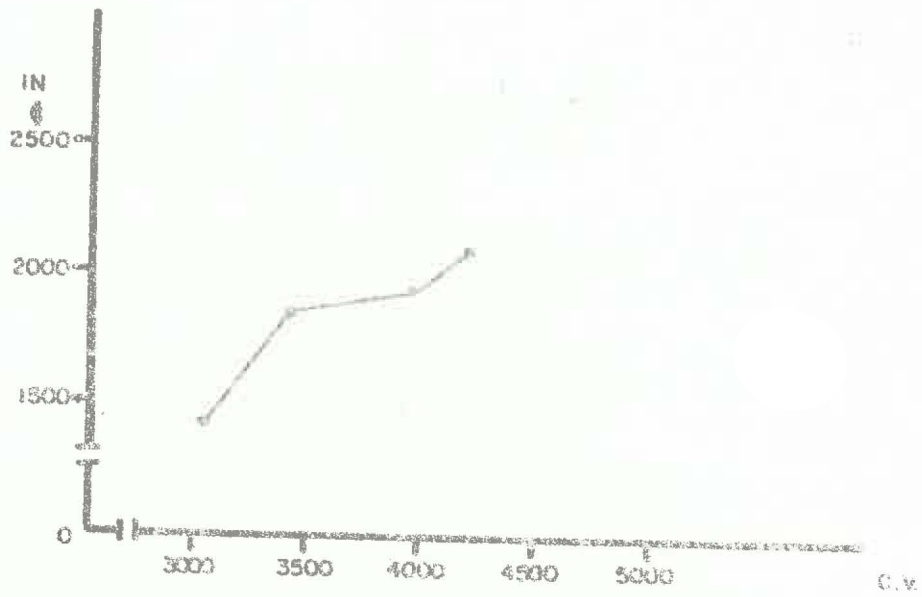


Fig. 5 Relación entre los costos variables y el ingreso neto, primer ciclo

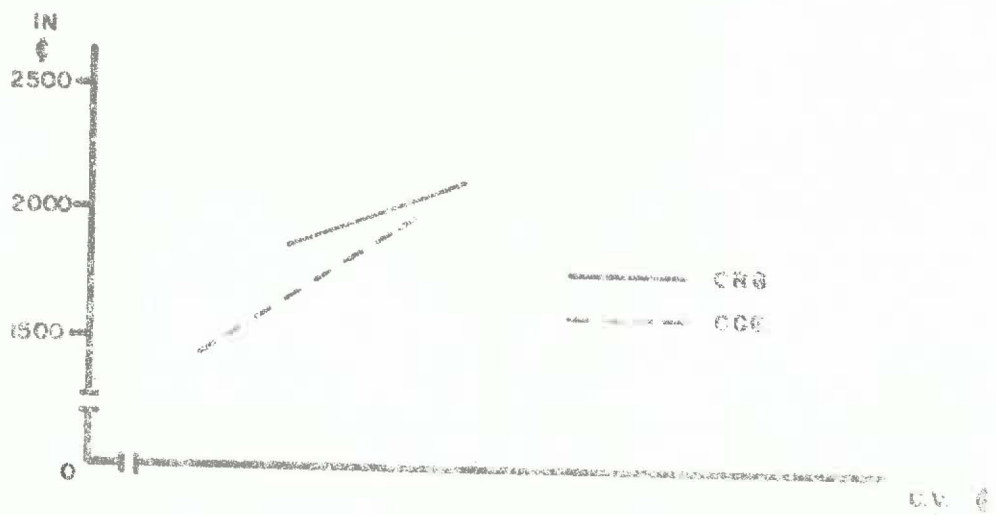


Fig. 6 Incremento gráfico de cambiar de sistema de cultivos y mantener la misma preparación del suelo, primer ciclo

las entradas y en los gastos. El sistema CCG (M) es el más riesgoso y los sistemas CRG (M+F) y CCG (M+F) presentan valores intermedios.

En el Cuadro 30 se presentan otros índices de retorno, algunos de ellos más adecuados a las condiciones del pequeño agricultor (15). La columna de MB/CV expresa el retorno sobre la inversión, suponiendo que un agricultor contrate toda la mano de obra y a la vez pague todos sus materiales, también por este índice el sistema CRG (M) sigue siendo el más conveniente. En cambio, si se asume que toda la mano de obra utilizada proviene de la familia o la comunidad, la comparación de los sistemas debería estar basada en el INF que es el neto después de compensar sólo los materiales usados y los costos fijos.

Por último, las columnas de INF/CV e INF/CE indican el retorno en INF por inversiones en Mano de Obra más materiales y sólo gastos de operación respectivamente. Los mejores sistemas tomando en cuenta estos dos índices son CRG (M+F) y CCG (M+F).

4.4.1.3 Retribuciones a los factores de producción

En el Cuadro 31 se presentan las retribuciones a los factores de la producción. Se nota que la retribución al capital y a la tierra es mayor en los sistemas CRG (M+F) y CCG (M+F). La retribución a mano de obra total es mayor en los sistemas CRG (M) y CCG (M), debido en parte a que corresponden al menor gasto de jornales.

Estos índices muestran la importancia que tienen los diferentes factores en la decisión de un agricultor en adoptar un nuevo sistema, de acuerdo a una situación específica.

CUADRO 29. Análisis de sensibilidad de los sistemas de producción con IN positivo, primer ciclo.

Manejos*	Debido a disminución de ingresos x_1		Debido a un aumento de costos x_2	
	<u>M+F</u>	<u>M</u>	<u>M+F</u>	<u>M</u>
CRG	31	34	46	51
CCG	31	30	46	43

* CRG = Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate.

$x_1 = (1 - \frac{CT}{IT}) \times 100$ porcentaje que restado al IT hace igual el IT y el CT.

$x_2 = (\frac{IT}{CT} - 1) \times 100$ porcentaje que sumado al CT hace igual el IT y la CT.

CUADRO 30. Índices de retorno: relaciones entre ingresos y costos, para sistemas de producción con IN positivo, primer ciclo.

Manejos*	IN/CT		MB/CV		INF/CV		INF/CE <u>1/</u>	
	M+F	M	M+F	M	M+F	M	M+F	M
CRG	0,46	0,51	0,54	0,61	1,01	0,98	2,11	1,74
CCG	0,46	0,43	0,55	0,55	0,98	0,85	1,82	1,37
CM	--	--	--	--	--	--	--	--
Asc	--	--	--	--	0,11	0,02	0,19	0,03
Acc	--	--	--	--	0,09	0,00	0,14	0,00

* CRG = Chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CM = Chapia + Mulch; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control.

1/ CE = Costos en efectivo.

CUADRO 31. Retribuciones a los factores de la producción para sistemas con IN positivo, primer ciclo.

Manejos*	Al capital efectivo <u>1/</u> en materiales y mecanización (%)		A la mano de <u>2/</u> obra total (¢/Jor.)		A la tierra <u>3/</u> (¢/ha)	
	M+F	M	M+F	M	M+F	M
CRG	106	100	74	86	2327	2100
CCG	106	80	77	88	2203	1703

* CRG = Chapia al ras + Glyphosate; CCR = Chapia a caballo + Glyphosate.

1/ = Retribución al Capital en Efectivo = $\frac{IT - Renta - MO - Costo\ en\ Efectivo}{Costo\ en\ Efectivo} \times 100$

2/ = Retribución a la mano de obra = $\frac{IT - Renta - Costo\ en\ Efectivo}{Jornales}$

3/ = Retribución a la tierra = $\frac{IT - Costo\ de\ Mano\ de\ Obra - Costo\ en\ Efectivo}{Ha}$

MO = Mano de Obra

4.4.2 Segundo ciclo

4.4.2.1 Rentabilidad de los sistemas

En el Cuadro 27A se muestran los costos de producción para los diferentes sistemas. Los costos más altos se concentran en los sistemas fertilizados y dentro de estos el manejo Acc.

En el Cuadro 32 se presentan los sistemas más rentables; el tratamiento que dió mayores MB, IN, MBF e INF fue CRG (en Mf).

4.4.2.2 Análisis de marginalidad

En el Cuadro 33 se puede observar la TMR de los sistemas no dominados.

En la Figura 7 se muestra la relación entre IN y CV y los puntos dominados, la alternativa más prometedora es la Acc. En la Figura 8 se presentan los cambios en IN, producidos por fertilizar en un mismo manejo. Se puede apreciar la interacción económica manejo x fertilización, en el caso de DG no resulta conveniente fertilizar, en el caso de de Acc la TMR es muy baja (5%), en cambio para los manejos de no laboreo es mucho mayor, máxime, en el manejo CRG (133%).

4.4.2.3 Análisis de sensibilidad

En el Cuadro 34 es posible notar que los sistemas que implican menor riesgo son los tratamientos Acc (M sf) y Ch.R+G (M f).

En el Cuadro 35 se presentan algunos índices de retorno, los retornos mayores son los de los tratamientos Acc (M sf) y CRG (M sf), para IN/CT, MB/CV, INF/CV, en cambio, para INF/CE los valores más altos los dieron los tratamientos CRG (M sf) y DG (M sf).

CUADRO 32. Ingreso total (IT), Margen Bruto (MB), Ingreso Neto (IN), Margen Bruto Familiar (MBF) e Ingreso Neto Familiar (INF) en colones costarricenses; segundo ciclo.

Manejos*	IT		MB		IN		MBF		INF	
	M s/fert.	M fert.	M s/fert.	M fert.	M s/fert.	M fert.	M s/fert.	M fert.	M s/fert.	M fert.
DG (I)	4706	6264	3167	3029	2975	2774	4081	4056	3889	3801
CCG	4797	7524	3115	4146	2923	3890	4172	5316	2299	5061
CRG	6173	10187	4181	6499	3989	6244	5548	7979	5356	7724
Asc	453	1433	-944	-1661	-1135	-1916	-151	-755	-342	-500
Acc	7094	8936	5091	5236	4877	4959	5929	6188	5716	5911
DG (II)	3501	4996	1963	1761	1771	1506	2876	2788	2684	2533

* DG (I) = Despunte + Glyphosate precedido de chapia al ras + Glyphosate; CCG = Chapia a caballo + Glyphosate; CRG = Chapia al ras + Glyphosate; Asc = Arado sin control; Acc = Arado con control; DG (II) = Despunte + Glyphosate precedido de Asc.

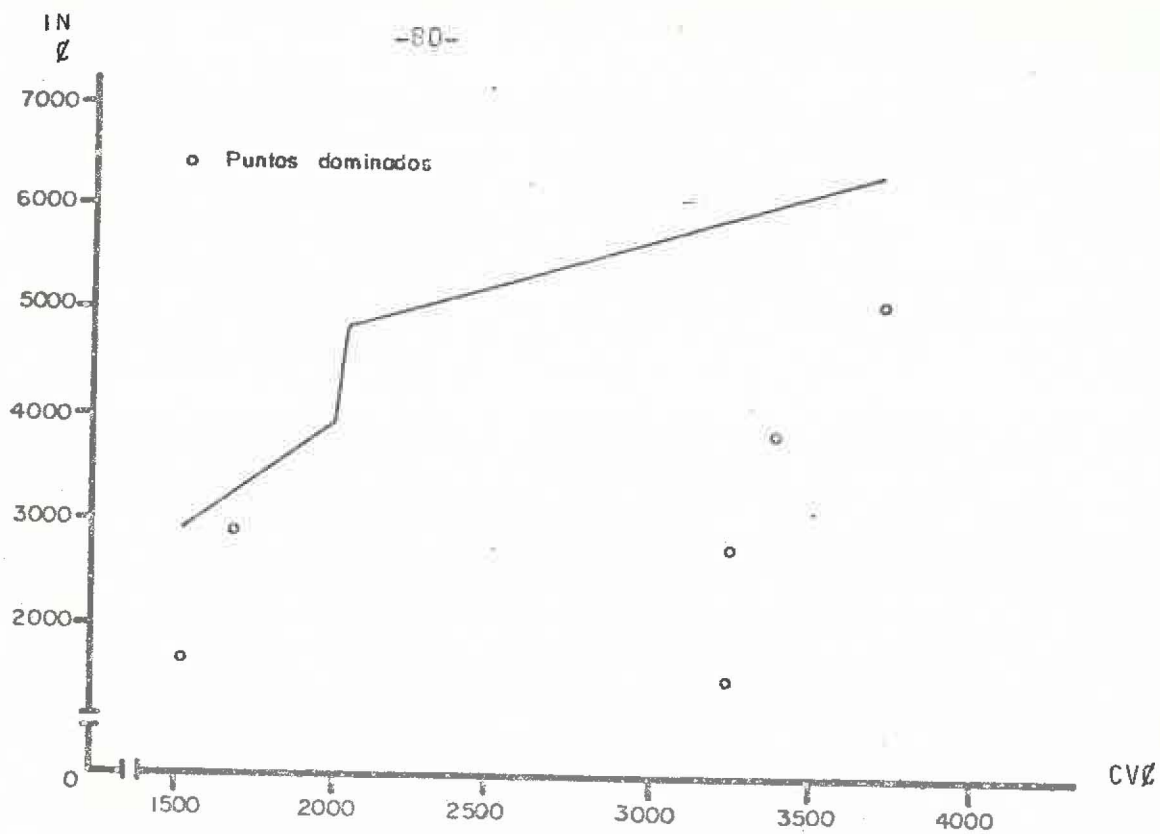


Fig. 7 Relación entre costos variables e ingresos netos, segundo ciclo

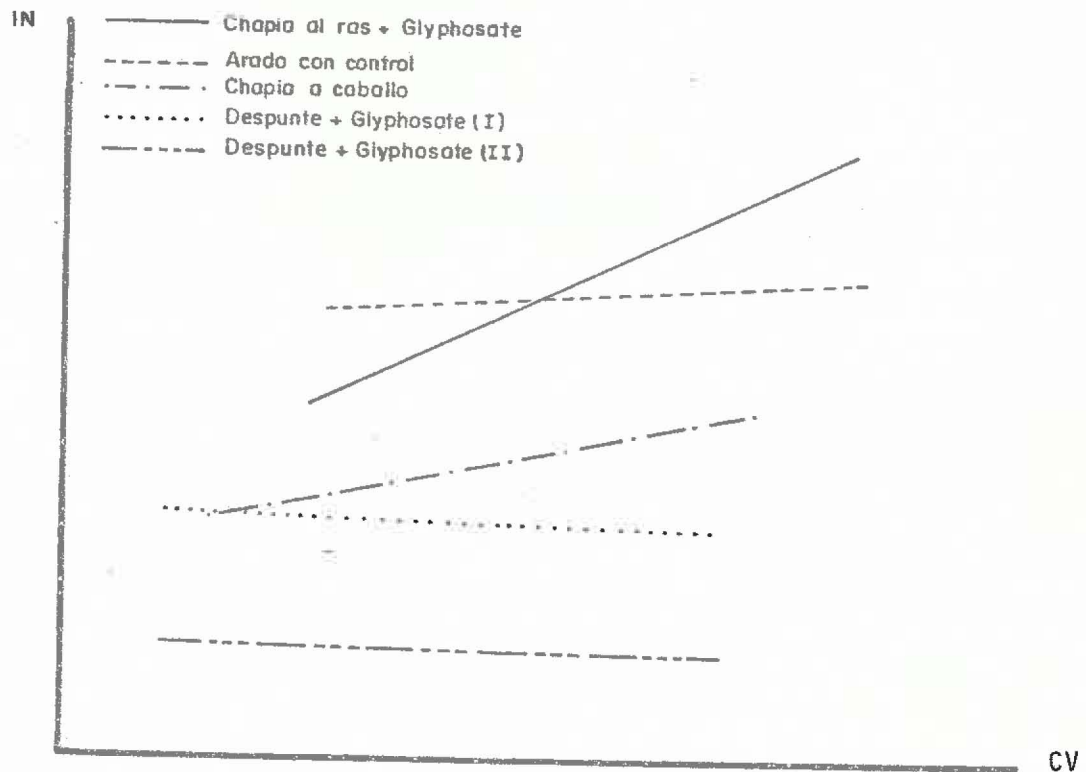


Fig. 8 Cambio en el IN debido a la aplicación de fertilizante en un manejo, segundo ciclo

CUADRO 33. Análisis marginal del ingreso marginal, segundo ciclo.

Manejos*	CON RESPECTO AL INGRESO PROXIMO SUPERIOR				
	IN	CV	Increment. marginal en Ingreso Neto	Increment. marginal en costo variable	Tasa marginal de retorno
CRG (M f)	6244	3688	1367	1685	81%
Acc (M sf)	4877	2003	888	11	7817%
CRG (M sf)	3989	1991	-	-	223%
DG (I) (M sf)	2975	1538			

* CRG = Chapia al ras + Glyphosate; Acc = Arado con control; DG (I) = Despunte + Glyphosate precedido de CRG.

4.4.2.4 Retribuciones a los factores de producción

El tratamiento que resultó más conveniente, para retribuir al capital efectivo fue el tratamiento CRG (M sf), a la mano de obra el Acc (M sf) y a la tierra el CRG (M f) (Cuadro 36).

Cuadro 34. Análisis de sensibilidad de los sistemas agrícolas, segundo ciclo.

Manejos*	Debido a una disminución de los ingresos		Debido a un aumento en los costos	
	Msf	Mf	Msf	Mf
DG(I)	63	44	172	79
CCG	61	51	156	107
CRG	65	61	183	158
Asc	--	--	---	---
Acc	69	56	220	125
DG(II)	51	30	102	43

* DG(I) = Despunte + Glyphosate precedido de chapia al ras + Glyphosate;

CCG = Chapia a caballo + Glyphosate;

CRG = Chapia al ras + Glyphosate;

Asc = Arado sin control;

Acc = Arado con control;

DG(II) = Despunte + Glyphosate precedido de Asc.

Cuadro 35. Indices de Retorno, relaciones entre ingresos y costos, para sistemas de producción con IN positivo, segundo ciclo.

Manejos*	IN/CT		MB/CV		INF/CV		INF/CE	
	Msf	Mf	Msf	Mf	Msf	Mf	Msf	Mf
DG(I)	1,72	0,79	2,06	0,94	2,53	1,17	6,23	1,72
CCG	1,66	1,07	1,66	1,23	1,37	1,50	3,68	2,29
CRG	2,00	1,58	1,91	1,76	2,69	2,09	3,57	3,50
Asc	--	--	--	--	--	--	--	--
Acc	2,20	1,25	2,54	1,42	2,85	1,50	4,91	1,00
DG(II)	1,02	0,43	1,28	0,54	1,74	0,78	4,30	1,15

- * DG(I) = Despunte + Glyphosate precedido de chapia al ras + Glyphosate;
 CCG = Chapia a caballo + Glyphosate;
 CRG = Chapia al ras + Glyphosate;
 Asc = Arado sin control;
 Acc = Arado con control;
 DG(II) = Despunte + Glyphosate precedido de Asc.

Cuadro 36. Retribuciones a los factores de la producción, segundo ciclo.

Manejos*	Al capital efectivo en materiales y mecanización (%)		A la mano de obra total (¢/jor.)		A la tierra (¢/ha.)	
	Msf	Mf	Msf	Mf	Msf	Mf
DG(I)	480	130	163	144	3167	6519
CCG	641	180	143	166	3115	7779
CRG	643	287	149	200	6365	10443
Asc	-	-	-	-	--	--
Acc	423	184	262	241	7307	9213
DG(II)	287	72	113	97	3693	5251

- * DG(I) = Despunte + Glyphosate precedido de chapia al ras + Glyphosate;
 CCG = Chapia a caballo + Glyphosate;
 CRG = Chapia al ras + Glyphosate;
 Asc = Arado sin control;
 Acc = Arado con control;
 DG(II) = Despunte + Glyphosate precedido de Asc.

4.4.3 Análisis conjunto: primero y segundo ciclo

4.4.3.1 Rentabilidad de los sistemas

El análisis de rentabilidad denotó como mayores MB e IN el 2 CCG (M-M f) y CRG-DG (M+F-M f) y mayor MBF e INF el CRG-DG (M+F-M sf) y 2 CCG (M+F-M sf) (Cuadro 37). Los costos de producción utilizados para llegar a esas medidas de resultado se pueden observar en el Cuadro 28A.

4.4.3.2 Análisis de marginalidad

En el Cuadro 38 se calcularon las TMR para los puntos no dominados. En el Cuadro 30A se pueden observar todos los tratamientos ordenados de mayor a menor según el IN.

En la Figura 9 se representan gráficamente las relaciones entre CV e IN. La alternativa más atrayente para un productor, según este análisis, sería el tratamiento Ch.R+G, con una TMR de 137%.

En la Figura 10 se puede observar el cambio de M+F-M sf a M-M f, se nota que en los manejos CRG-DG y Asc-DG el cambio no es conveniente, en cambio, en los otros manejos graficados el cambio es favorable. El cambio de sistemas de cultivos resulta más conveniente en el caso de CM-CRG (TMR = 376%), luego le sigue el 2 CCG (58%) y por último el 2 Acc (35%).

4.4.3.3 Análisis de sensibilidad

En el Cuadro 39 se presenta el análisis de sensibilidad y se puede apreciar los tratamientos que involucran menos riesgo son el 2 CCG (M-M f) y 2 CCG (M+F-M sf).

Cuadro 37. Ingreso Total, Margen Bruto, Ingreso Neto, Margen Bruto Familiar e Ingreso Neto Familiar, primero y segundo ciclos.

Manejos*	IT		MB		IN		MBF		INF	
	M+F-M sf	M-M f	M+F-M sf	M-M f	M+F-M sf	M-M f	M+F-M sf	M-M f	M+F-M sf	M-M f
CRG-DG	11309	11788	5494	5094	5054	4594	8643	7655	8203	7156
2 CCG	11004	12341	5318	5848	4877	5347	8339	8208	7898	7709
CM-CRG	7298	11011	1521	4467	1104	3990	5192	7438	1104	6961
2 Asc	4650	4786	-1137	-1846	-1583	-2394	1845	513	1400	-35
2 Acc	11778	12978	4779	5135	4288	4585	7853	7585	7362	7036
Asc-DG	7698	8349	1769	1576	1322	1027	4873	4056	4426	3507

* CRG-DG = Chapia al ras + Glyphosate seguido de despunte + Glyphosate;

2 CCG = 2 Chapia a caballo + Glyphosate;

CM-CRG = Chapia + mulch seguido de chapia al ras + Glyphosate;

2 Asc = 2 Arado sin control;

2 Acc = 2 Arado con control;

Asc-DG = Arado sin control seguido de despunte más glyphosate.

Los índices de retorno más altos fueron para el caso del primero 2 CCG (M-M f) y 2 CCG (M+F-M f) y el caso de los otros tres, CRG-DG (M+F-M sf) y 2 CCG (M+F-M sf) (Cuadro 40).

4.4.3.4 Retribución de los factores de producción

La retribución al capital en efectivo invertido fue mayor en los tratamientos CRG-DG (M+F-M sf) y 2 CCG; a la mano de obra los 2 Acc (M-M f) y 2 CCG (M-M f); a la tierra el 2 CCG (M-M f) y CRG-DG (M+F-M sf) (Cuadro 41).

Cuadro 38. Análisis marginal de los Ingresos Netos, primer y segundo ciclo.

Manejos *	IN	CV	CAMBIO CON RESPECTO AL INGRESO PROXIMO SUPERIOR		
			Incremento marginal en Ingreso Neto	Incremento marginal en costo variable	Tasa marginal de retorno
2 CCG (M M f.)	5349	6492	295	678	44%
CRG-DG (M+F-M sf.)	5054	5815	176	128	137%
2 CCG (M+F-M sf.)	4877	5686	---	---	

* 2 CCG = 2 Chapia a caballo + Glyphosate;

CRG-DG = Chapia al ras + Glyphosate seguido de despunte + Glyphosate.

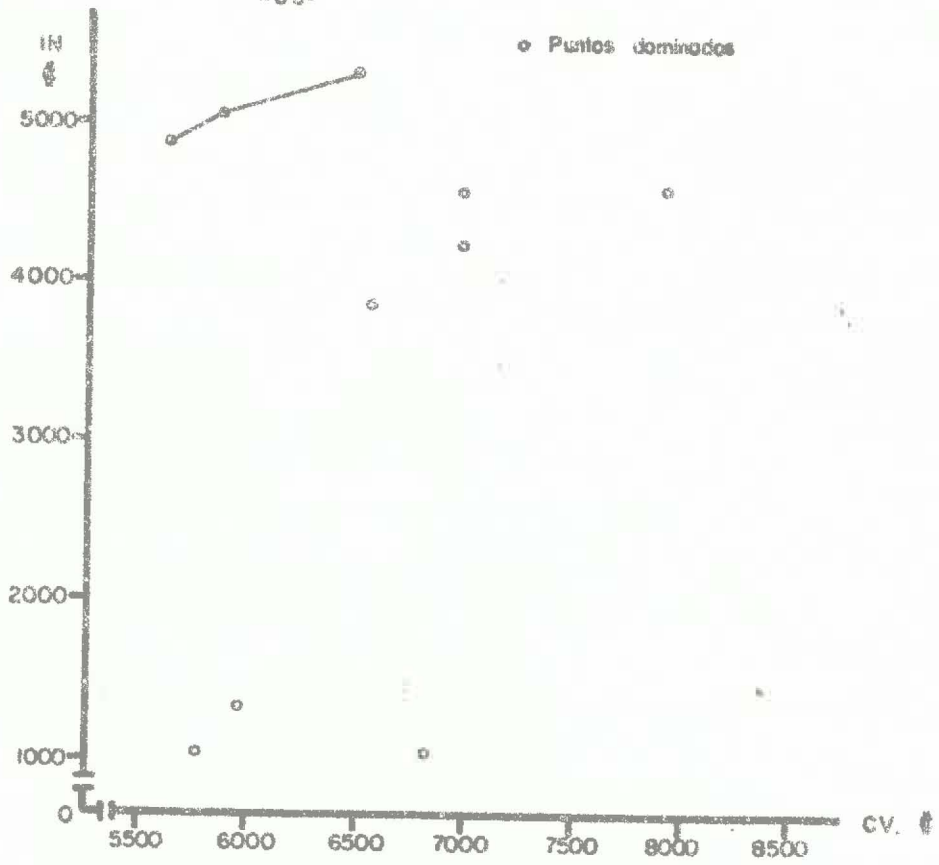


Fig. 9 Relación entre costos variables y el ingreso neto, primer y segundo ciclo

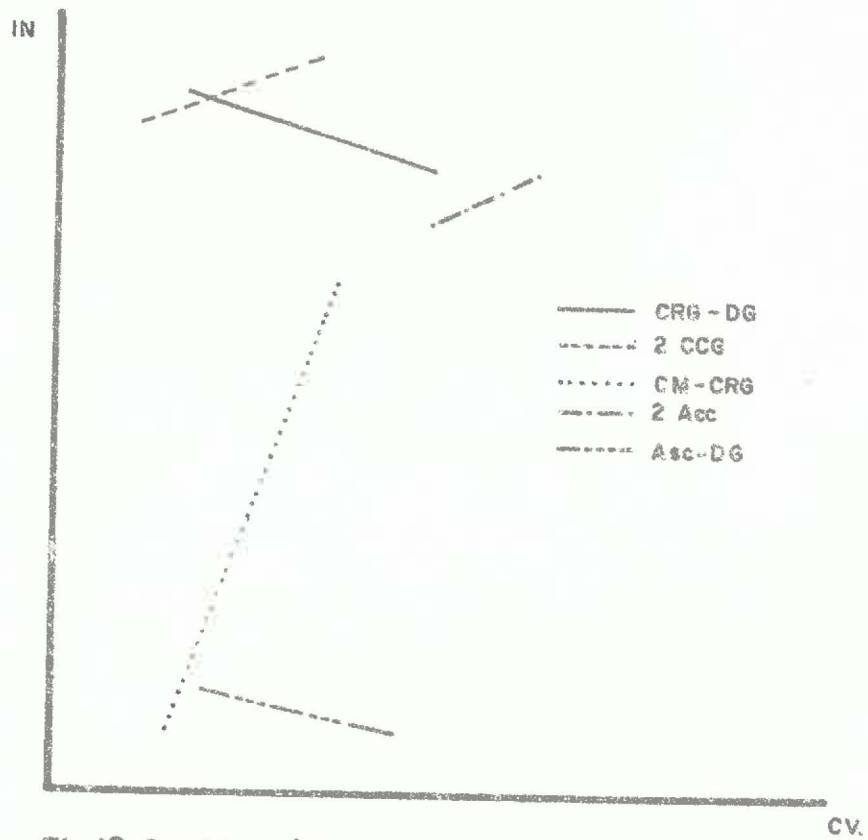


Fig. 10 Cambio gráfico de cambiar de sistemas de cultivos y mantener los mismos manejos, primer y segundo ciclo

Cuadro 39. Análisis de sensibilidad de los sistemas agrícolas, primero y segundo ciclo.

Manejos*	Debido a disminución de Ingreso		Debido a aumento de Costos	
	M+F-M sf	M-M f	M+F-M sf	M-M f
CRG-DG	41	38	70	67
2 CCG	44	46	80	84
CM-CRG	15	36	18	57
2 Asc	--	--	--	--
2 Acc	36	35	57	55
Asc-DG	17	12	21	14

- * CRG-DG = Chapia al ras + Glyphosate seguido de despunte + Glyphosate;
- 2 CCG = 2 Chapia a caballo + Glyphosate;
- CM-CRG = Chapia + mulch seguido de chapia al ras + Glyphosate;
- 2 Asc = 2 Arado sin control;
- 2 Acc = 2 Arado con control;
- Asc-DG = Arado sin control seguido de despunte + Glyphosate.

Cuadro 40. Relaciones entre Ingresos y costos: Indices de Retorno, primer y segundo ciclo.

Manejos*	IN/CT		MB/CV		INF/CV		INF/CO	
	M+F-M sf	M-M f	M+F-M sf	M-M f	M+F-M sf	M-M f	M+F-M sf	M-M f
CRG-DG	0,70	0,67	2,06	1,23	3,08	1,73	3,08	2,80
2 CCG	0,80	0,84	1,99	1,41	2,96	1,86	2,96	0,60
CM-CRG	0,18	0,57	0,72	1,25	0,52	1,95	0,52	1,72
Asc	--	--	--	--	--	--	--	--
Acc	0,57	0,55	1,26	0,95	1,93	1,30	2,33	1,50
Asc-DG	0,21	0,14	0,62	0,37	1,57	0,82	1,40	0,85

* CRG-DG = Chapia a ras + Glyphosate seguido de despunte + Glyphosate;

2 CCG = 2 Chapia a caballo + Glyphosate;

CM-CRG = Chapia + mulch seguido de chapia a ras + Glyphosate;

Asc = Arado sin control;

Acc = Arado con control;

Asc-DG = Arado sin control seguido de despunte + Glyphosate.

Cuadro 41. Retribuciones a los factores de la producción, primer y segundo ciclo.

Manejo*	Al capital efectivo en materiales y mecanización (%)		A la mano de obra total (¢/jor.)		A la tierra (¢/ha)	
	M+F-M sf	M-M f	M+F-M sf	M-M f	M+F-M sf	M-M f
CRG-DG	194	92	100	102	5494	5094
2 CCG	187	108	100	119	5318	5848
CM-CRG	56	90	50	84	1522	4467
2 Asc	--	--	--	--	--	--
2 Acc	165	118	102	122	4779	5135
Asc-DG	67	34	57	59	1769	1576

* CRG-DG = Chapia a ras + Glyphosate seguido de despunte + Glyphosate;

2 CCG = 2 Chapia a caballo + Glyphosate;

CM-CRG = Chapia + mulch seguido de chapia a ras + Glyphosate;

2 Asc = 2 Arado sin control;

2 Acc = 2 Arado con control;

Asc-DG = Arado sin control seguido de despunte + Glyphosate.

5. DISCUSION

5.1 Aspectos agronómicos

La altura promedio de las plantas mostraron una relación estrecha con el rendimiento para el muestreo final de maíz ($r = 0.669^{**}$) y para el muestreo final de frijol ($r = 0.565^{**}$).

El maíz se ve afectado por el hecho de asociar el frijol. Sin embargo, su área foliar no presentó diferencias entre sistemas pero si entre manejos.

En general, los rendimientos de maíz fueron superiores al promedio obtenido por los agricultores de Costa Rica (30).

En el primer ciclo la producción de maíz por ha, fue significativamente superior en el caso de no laboreo con control químico, que en el laboreo convencional, lo que coincide con lo hallado por varios investigadores (17, 43, 48, 53, 92, 96). La hipótesis de que el laboreo afectó los rendimientos ha sido comprobada para maíz; sin embargo, en el caso del frijol, el no laboreo no tuvo igual efecto que en el maíz, ya que los manejos de no laboreo con control químico y los de laboreo con control químico y los de laboreo convencional no difirieron entre si. A pesar de esto existen trabajos, con frijol sólo (16) y con frijol asociado con yuca ^{1/} que indican que el no laboreo con control químico ha mostrado unos mejores rendimientos que con arado.

El manejo CM dio rendimientos extremadamente bajos. Esto se

** Correlación altamente significativa ($P < 0.01$)

^{1/} Ing. Helio A. Burity, Estudiante Graduado, CATIE, Comunicación personal.

debió a la gran agresividad de las malezas perennes. La disminución causada por estas malezas en el manejo CM, en comparación con el no laboreo con control y del arado con control, da una idea de la agresividad de las malas hierbas, en cuanto a la disminución de rendimientos y también en la dificultad para cosechar el frijol. No obstante, existen situaciones en donde predominan malezas de ciclo anual en que este manejo fue superior^{1/}. El "frijol tapado" -corte de la vegetación y siembra al voleo- es una práctica común entre los pequeños agricultores de Costa Rica, y generalmente aplicado en lugares donde predominan malezas de hoja ancha y específicamente seleccionado por el agricultor. Experimentos anteriores^{1/} en los cuales se sembraba con espeque, en lugar de sembrar las semillas al voleo, han dado rendimientos significativamente más altos que los obtenidos con "frijol tapado".

La diferencia en rendimiento del maíz según los distintos manejos, podría atribuirse, tal como lo reporta Blevins et al (10) a una mayor disponibilidad de agua ya que en los meses de marzo y abril, que comprende la iniciación de la floración en adelante, fueron meses secos, con balance hídrico negativo (Cuadro 1A). Esto lo corrobora el hecho de que en el segundo ciclo (época lluviosa) los tratamientos de no laboreo no tuvieron un tan buen comportamiento como en el primer ciclo. La correlación entre rendimientos del primer ciclo y humedad del suelo al final no mostró significancia estadística cuando se incluyeron todas las observaciones ($r = 0.042$). En cambio, cuando no se incluyó las observaciones correspondientes a CM se encontró significancia

^{1/} Eduardo Locatelli y Myron Shenk, Especialistas en Control de Malezas Tropicales, CATIE, Comunicación Personal.

($r = 0.392^*$). Los rendimientos de frijol mostraron estar correlacionados con la población final de plantas ($r = 0.729^{**}$).

La producción de biomasa y biomasa comestible de los sistemas de cultivos (M+F y M) no fue estadísticamente diferente debido a que el maíz rindió significativamente más cuando estaba sólo que asociado con frijol, lo que compensó la producción de éste. No obstante, experimentos anteriores realizados en CATIE (15) no mostraron diferencias entre el maíz sembrado sólo y asociado con frijol.

Como lo reportan varios autores (38, 67, 93) el ataque Diatrea sp, en el primer ciclo, fue mayor en los sistemas de no laboreo, pero no se halló correlación entre los rendimientos y el ataque de insectos ($r = 0.30$).

En el segundo ciclo los rendimientos del maíz sin fertilizar fueron superiores al del sistema maíz del primer ciclo debido probablemente a mayor disponibilidad de agua durante la estación lluviosa, lo que coincide con trabajos anteriores (15).

La diferencia en rendimientos para los distintos manejos puede haberse debido al efecto de las malezas, ya que el peso fresco de estas mostró una correlación de -0.488^{**} con rendimientos. Alturas de planta y área foliar fueron buenos indicadores de rendimiento como se notó por la correlación existente (0.565^{**} y 0.556^{**} respectivamente).

Es interesante observar (Figura 5) que el manejo DG (I) tuvo un rendimiento significativamente superior (DMS al 5% al DG (II), esto se podría atribuir al efecto "residual" del manejo aplicado en el primer

* $P < 0.05$

ciclo, pues el DG (I) fue precedido de un tratamiento de no laboreo y el DG (II) fue precedido de "arado sin control". El efecto residual pudo influir en el vigor de las malezas y quizás en algunas condiciones físicas del suelo no analizadas en este experimento.

Tal cual lo reportan Moshler y Marteus (64) la eficiencia de la fertilización fue mayor en el no laboreo, lo que puede verse por los diferentes incrementos en los rendimientos producidos por aplicar las mismas dosis de fertilizante (ΔR); el Asc tiene un $\Delta R = 559$ y el Acc de 1130 en tanto que el CRG es de 2463 y el CGG de 1673. Esto es posible que se deba a una distribución más superficial de raíces y mejor distribución como lo hace notar Phillips y Young (76).

Al final del cultivo se notó un cambio en la composición de las malezas; los manejos de Asc y DG presentaron dominancia de gramíneas; las malezas de hoja ancha, que por su tamaño y vigor fueron menos agresivas en competencia por luz y agua, se presentaron en mayor cantidad en el manejo Acc, lo que coincide con lo reportado por Abumer y Bakermans (6). En cambio, al final del primer ciclo la composición botánica de las malezas no varió entre manejos.

El ataque de Diatrea sp. fue mayor en el segundo ciclo que en el primero, quizás debido a una mayor humedad (66).

El análisis conjunto del primer y segundo ciclo, de biomasa comestible mostró que los tratamientos de no laboreo con control químico no difirieron del laboreo con control químico. Sin embargo, si el manejo CRG se hubiese superpuesto en el segundo ciclo quizás se hubiese tenido una producción de biomasa comestible promedio cercano a los 7036 kg (valor obtenido de sumar CRG, en el primer ciclo y CRG en el segundo ciclo) el cual sí difiere altamente con el manejo 2 Acc; esta suposición

resulta lógica considerando la cantidad de malezas existentes al final del primer ciclo.

5.2 Aspectos energéticos

La necesidad actual de hacer más útil la investigación agrícola ha motivado a varios autores (24, 62, 85, 88) a proponer el enfoque de sistemas. El cálculo de producción de biomasa total, biomasa comestible, eficiencia energética y la evaluación económica son forma de evaluar estas modalidades de producción de cultivos como subsistemas de producción vegetal dentro de una finca. Otra de la forma es tratar de conocer cuál fue la eficiencia del uso de la energía y por lo tanto considerando al sistema como una caja negra a la que entra energía (en forma de materiales, mano de obra, etc.) y sale energía (en forma de productos); es decir, una unidad que puede ser evaluada sin especificar su contenido interno (72).

En el primer ciclo los tratamientos más eficientes en la conversión de la energía fueron los de no laboreo con control químico ya que consumieron menos energía y produjeron igual o mayor energía que los mecanizados, lo que coincide con otras investigaciones anteriores (45,98,100). Los sistemas de M tuvieron una E_r mayor que los M+F debido a igual o ligeramente mayor producción de energía y menor consumo de energía.

Los sistemas de no laboreo con control químico son los que consumen menos energía por insumos empleados; también los que gastaron menor energía por kg de biomasa o kg de proteína producida. Estos índices que incluyen energía consumida serían útiles para seleccionar sistemas de producción que se piensan promover en un marco de planificación de políticas agrarias que conduzca a disminuir el gasto de energía

en la producción de alimentos.

Naturalmente que a muchos productores les interesará producir lo máximo con el mínimo esfuerzo o con el mínimo gasto, en dicho caso se deberá optar por los sistemas de no laboreo con control químico aplicados al maíz. Este resultado se debe a que como en el primer ciclo hubo que aplicar más jornales a los tratamientos arados, es decir, en los manejos mecanizados hubo que cortar la vegetación existente. En realidad, la condición de la vegetación fue de las más difíciles que puede encontrarse. En condiciones normales de vegetación (anuales o malezas más pequeñas) en laboreo convencional la chapia no se haría. En el segundo ciclo, como era de esperar, los tratamientos mecanizados con control produjeron más energía con menor esfuerzo en mano de obra.

También en el segundo ciclo los tratamientos más eficientes fueron los de no laboreo. Es interesante notar que los tratamientos sin fertilizar dieron E_r notablemente superiores a los fertilizados (aproximadamente 10 veces más), esto se debe a la gran energía que involucra el fertilizante.

El análisis conjunto del primero y segundo ciclo permitió detectar que los manejos continuos de no laboreo con control químico aplicados a los sistemas M+F-M sí fueron los más eficientes debido al menor consumo de energía y tuvieron igual o mayor producción de energía que los manejos mecanizados.

5.3 Aspectos económicos

En el primer ciclo se nota un verdadero fracaso económico de las prácticas mecanizadas debido fundamentalmente a los costos mayores, lo que coincide con lo hallado por varios investigadores

(21, 26, 76). El manejo CM presentó una rentabilidad negativa debido a los bajos rendimientos. Los sistemas de producción que aparecen como más prometedores, pensando en el pequeño agricultor, son los CRG en M+F o en M, fundamentalmente en M+F, pues le brinda una mejor composición de la dieta. Los agricultores no querrán hacer una inversión a menos que tengan un retorno de 40% en relación lo que ellos invierten (15), vale decir, que la TMR debería ser mayor de 40%. En el primer ciclo, la TMR que más se acerca a este valor fue la de pasar del manejo CCG (M) a CRG (M).

En el segundo ciclo, nuevamente el manejo que resultó más rentable fue CRG, en este caso fertilizado. Los valores negativos de rentabilidad en los manejos Asc se debieron a los bajos rendimientos. Si el productor se percatara de lo que percibe por su inversión al cambiar de sistema se quedaría con el sistema de Acc fertilizado. En cambio, si está decidido a fertilizar, porque supone que le otorga mayor ganancia, lo haría en el manejo CRG. Los tratamientos fertilizados representan mayor riesgo que aquellos sin fertilizar (Cuadro 35).

El análisis conjunto del primer y segundo ciclo detectó como más rentable los sistemas 2 CCG en M-Mfy CRG-DG en M+F-M sf, este último también es más atrayente desde el punto de vista del ingreso marginal. Si se desea pasar de los sistemas M+F-M sf a M-M resulta más conveniente hacerlo en el manejo CM-CRG y en el 2 CCG, en cambio en los manejos CRG-DG y 2 Asc es más conveniente pasar de M-M a M+F-M sf; los menos riesgosos son los 2 CCG.

Si el productor tiene como factor más limitante el capital efectivo el sistema CRG-DG (M+F-M sf) es más conveniente, si el productor carece de mano de obra el sistema 2 Acc será más atrayente si el problema es la tierra optaría por el sistema 2 CCG (M-M sf).

5.4 Discusión general

En realidad, existe cierta relación entre el análisis agronómico, energético y económico. No obstante, a través de todo el experimento agronómicamente, los manejos de no laboreo con control químico y arado con control químico no difirieron en producción de biomasa comestible, el análisis energético y económico determinaron como más eficiente los sistemas de no laboreo con control químico. Esto denota la importancia de agregar siempre a los estudios agronómicos los aspectos energéticos y más importante aún a corto plazo, los aspectos económicos, ya que estrechan la gama de alternativas a seleccionar.

Los sistemas de no laboreo mostraron potencialidad como práctica a ser empleada por el agricultor en este estudio que duró un año. Existen una serie de ventajas a largo plazo como lo señalan numerosos autores (14, 15, 76) en relación a disminución de la erosión y lixiviación, conservación de fertilidad, etc.; empero, coexisten algunas dudas o puntos contradictorios, máxime en condiciones tropicales donde la información es menos abundante, lo que está señalando la necesidad de continuar con este tipo de investigaciones.

El pequeño agricultor centroamericano no posee generalmente maquinaria y se encuentra en suelos de pendiente. Los sistemas de producción, con no laboreo, que aparecieron como más promisorios en este trabajo necesitan solamente aspersor de mochila, machete, lima y espeque para su implementación.

En definitiva, se pretendió evaluar en forma bastante completa algunas alternativas comunes en sistemas de producción de cultivos de pequeños agricultores. La evaluación agronómica permitió conocer la potencialidad de los diferentes manejos y su efecto sobre el uso de fertilizante. La evaluación energética, -que aún no se ha llegado a

incluir en el ámbito de ciencias agrícolas como instrumento para seleccionar opciones de transferencia de tecnología agropecuaria y que indudablemente deberá ser considerado en el futuro- permitió conocer los más eficientes energéticamente, por lo pronto, se propone una metodología viable y sencilla de análisis. La evaluación económica, sirvió de buena base para conocer si el productor estaría dispuesto a modificar ciertas labores de acuerdo a los beneficios y sacrificar correspondientes a los sistemas de manejo.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las condiciones en que se realizó el presente trabajo permitieron establecer las siguientes conclusiones:

Agronómicas

1. En el primer ciclo los manejos de no laboreo con control de malezas (CRG y CCG) fueron estadísticamente superiores a los manejos convencionales. En el segundo ciclo, los manejos CRG y Acc no difirieron estadísticamente.
2. Los manejos que presentaron mayor producción de biomasa comestible fueron: 2 Ch.Cab, 2 Acc y CRG-DG, los cuales no difirieron entre sí.
3. El sistema M-M fert. tuvo una producción de biomasa significativamente superior al sistema M+F-M sf.
4. El esfuerzo de penetrabilidad en el suelo se vio afectado en el primer ciclo por los manejos siendo los valores más bajos los de no laboreo, en el segundo ciclo no se encontraron diferencias significativas.
5. La humedad del suelo fue significativamente superior en los manejos de no laboreo en los dos ciclos.
6. No se detectaron diferencias significativas en las propiedades químicas del suelo, excepto en el porcentaje de materia orgánica al final del experimento ($P < 0.05$).

7. Se detectó diferencias al final de experimento en el peso fresco de malezas/ha, el mayor valor lo tuvo el arado sin control y esta variable tuvo una correlación negativa altamente significativa con el rendimiento.
8. En el ataque de insectos Spodoptera frugiperda, Heliothis sp. y Diabrotica sp. no presentaron diferencias estadísticas. El ataque de Diatrea sp. mostró diferencias estadísticas en el primer ciclo debidas a manejos y el segundo debidas a fertilización, los valores más altos se hallaron en no laboreo y en M fert. respectivamente.

Energéticas

1. Los sistemas de no laboreo (CRG-DG y 2 CCG) aplicados a M+F-M sf fueron los más eficientes en la conversión de energía en los sistemas.
2. Los sistemas que consumieron menos energía por jornal, por ℓ gastado, por biomasa comestible y por kg de proteína producidos fueron los mismos.
3. Los sistemas que produjeron más energía con menos esfuerzo de mano de obra fueron 2 Acc y CCG en M-M f y los que produjeron más energía con menor gasto de dinero el CRG-DG y 2 CCG en M-M f.

Económicas

1. Los sistemas más rentables fueron los de no laboreo (2 CCG en M-M f

- y CRG-DG en M+F-M sf).
2. Los sistemas que incluyen menos riesgos son los 2 CCG aplicados a M-M f y M+F-M sf.
 3. La mayor tasa marginal de retorno se obtuvo de pasar de 2 CCG en M+F-M sf a CRG-DG en M+F-M sf.
 4. La retribución a los factores de la producción fue mayor, al capital efectivo en CRG-DG, M+F-M sf, a la mano de obra 2 Acc en M-M f y a la tierra 2 CCG en M-M sf.

7. RESUMEN

El trabajo se realizó en el Centro Agrónomico Tropical de Investigación y Enseñanza, en Turrialba, Costa Rica.

La preparación del suelo es uno de los componentes que más energía y dinero consumen en los sistemas de producción de cultivos.

El objetivo del trabajo fue evaluar agroeconómicamente y energéticamente varias alternativas de laboreo y no laboreo en una época seca -primer ciclo- (Diciembre 1977 a abril 1978) y época lluviosa -segundo ciclo- (Junio 1979 a octubre de 1979). Se efectuaron varios manejos de no laboreo con y sin aplicación de glyphosate, de arado y sin aplicación de glyphosate. Estos manejos se realizaron en los sistemas: Maíz+Frijol (primer ciclo) seguido de maíz sin fertilizar (segundo ciclo) y Maíz (primer ciclo) seguido de Maíz fertilizado (segundo ciclo).

En el primer ciclo los sistemas que produjeron más biomasa comestible fueron los de no laboreo con glyphosate aplicados a maíz. En el segundo ciclo, el maíz sin fertilizar tuvo el mejor rendimiento con arado con control, y fertilizado con no laboreo con control. A través de todo el período experimental los tratamientos de no laboreo con control y arado con control no presentaron diferencias significativas entre ellos, en la producción de biomasa comestible.

Según las varias medidas de resultado económicas y energéticas analizadas los sistemas de no laboreo con control químico fueron notablemente superiores.

7.a.- SUMMARY

This work was done at the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza at Turrialba, Costa Rica.

Soil preparation is one of the most energy and money consuming processes in a crop production system.

The objective of this work was to evaluate various methods of tillage and no-tillage systems in terms of economics and energy, in a dry period -the first planting period- (December 1977 to April 1978) and a rainy period -the second planting period- (June 1979 to October 1979). Various no-tillage methods, with and without glyphosate application, and tillage with and without application of glyphosate were tested. These management practices were tested in the following systems: maize-beans (in the first period) followed by maize without fertilizer (in the second period); and maize (in the first period) followed by maize with fertilizer (in the second period).

In the first period, the no-tillage systems with glyphosate applied to the maize produced more edible biomass than any other systems: In the second period, the yield of unfertilized maize was highest in the systems with tillage and chemical weed-control, while the fertilized maize yield was highest in the systems with no-tillage and chemical weed-control. Throughout the experimental period there were no significant differences in the production of edible biomass between the treatments with no-tillage and chemical weed-control and the treatments with tillage and chemical weed-control.

The no-tillage systems with chemical weed-control were notably superior to the other systems when analyzed according to the economic and energy criteria.

8. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. IICA. 1971. 139 p.
2. ALLEN, R., STEWART, B. A. y UNDER, P. W. Conservation tillage and energy. *Journal of Soil and Water Conservation*. 32(2):84-87. 1977.
3. ALTIERI, M., VAN SCHOONHOVEN, A. y DOLL, J. The ecological role of weeds in insect pest management systems: a review illustrated by bean (*Phaseolus vulgaris*) cropping systems. *PANS* 23(2):195-205. 1977.
4. ARAUJO, J.E. Desarrollo agrícola. In Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico. Turrialba, Costa Rica, 1975. Informes. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. p. irr.
5. AVILA, M. Economía de la empresa agropecuaria. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 22 p. Documento preparado para su presentación en el Curso de Administración Ganadera BCH-CATIE. Choluteca, Honduras, Mayo 6-10. 1978.
6. BAEUMER, K. y BAKERMANS, W. A. P. Zero-tillage. *Advances in Agronomy* 25:77-120. 1973.
7. BANDEL, V. A., LEGG, J. O. y STANDFORD, G. Influence of nitrogen source and rate on no tillage and conventional tillage corn. Agronomy Dept., Univ. of Maryland and Agricultural Research Service, USDA, Beltsville, Maryland, American Society of Agronomy. Los Angeles, California, November 13-18. 1977.
8. BARKER, M. R. No tillage in the wheat soya bean rotation. In Latin American Wheat Conference, Porto Alegre, Brasil, 1974. pp. 226-237.
9. BAZAN, R. *et al.* Desarrollo de sistemas de producción agrícola, una necesidad para el trópico. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1974. 12 p.
10. BLEVINS, R. L. *et al.* Influence of no-tillage on soil moisture. *Agronomy Journal* 63(5):593-596. 1971.

11. BLEVINS, R. L., THOMAS, G. W. y CORNELIUS, D. C. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after five years of continuous corn. *Agronomy Journal* 69(3):383-386. 1977.
12. BOONE, F. R. y KUIPERS, H. Remarks on soil structure in relation to zero-tillage. *Netherland Journal of Agricultural Science* 18(4):262-269. 1970.
13. 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 Programa Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 24a, San Salvador, El Salvador, 1978. Memoria: San Salvador, El Salvador, 1978. V. 2.
14. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Resumen de los datos meteorológicos desde la iniciación de las observaciones hasta 1977. Turrialba, Costa Rica, 1977. 2 p.
15. _____. Memoria anual 1976-1977. III. Informe del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales. Turrialba, Costa Rica, 1977. pp. 24-30.
16. _____. Small farmer cropping systems for Central America; second annual report, July 1976-1977. Turrialba, Costa Rica, 1978. 51 p.
17. COOK, R. L., TURK, L. M. y Mc COLLY, H. F. Tillage methods influence crop yields. *Soil Science Society of America, Proceedings* 17(4):410-414. 1953.
18. COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. DIRECCION DE PLANEAMIENTO. Costos de Producción de Arroz. Pacífico Sur, Noviembre 1976. San José, Departamento de Economía y Estadísticas Agropecuaria, 1976. 26 p.
19. CROON, F. W. Zero-tillage for rice on vertisols. *World Crops* 30(1):12-13. 1978.
20. CHAPPELL, W. E. y LINK, L. A. Evaluation of herbicides in no-tillage production of Burley tobacco (*Nicotiana tabacum*). *Weed Science* 25(6):511-520. 1977.
21. DERSCHIED, L. A., DURLAND, G. R. y SHUBECK, F. E. Minimum tillage for corn. FS 526. Cooperative Extension Service, South Dakota State University, U. S. Department of Agriculture. Bol. No. 79. 1970. 6 p.

22. DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Proyecto Centroamericano de Fertilidad de Suelos, 1978. 62 p.
23. DIETZ, M. y JENNINGS, V. M. Herbicides studied on no-till corn. *Agrichemical Age*. 19(6):4-5. 1976.
24. DILLON, J. L. The economic of systems research. *Agricultural Systems* 1(1):5-22. 1976.
25. DOSPEKHOW, B., PUPONIN, A. I. y KARASEN, N. G. D. Minimum cultivation of soil for maize. (En ruso). *Kukuruza* 1:17-18. 1977. (Consultado el resumen en inglés).
26. DOSTER, D. H. Economics of alternative tillage systems. *Bulletin of the Entomological Society of America* 22(3): 295-297. 1976.
27. ECHEVERRIA, L. C. Ensayo de cero-labranza. In Reunión anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 24a. San Salvador, El Salvador, 1978. Memoria. San Salvador, El Salvador, 1978. v. 2.
28. ERBACH, D. y LOVEZY, J. Effect of plant residue on herbicide performance in no-tillage corn. *Weed Science* 23(6):512-515. 1975.
29. ESTES, G. O. Elemental composition of maize grown under no-till and conventional tillage. *Agronomy Journal* 64(6):733-735. 1972.
30. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Anuario de producción. 1977. Roma, FAO. 1978. 291 p.
31. FORSYTHE, W. M. Relaciones suelo-agua en suelos derivados de ceniza volcánica de Centro América. In Bornemisza, E. y Alvarado, A. ed. *Manejo de Suelos en América Tropical*. Raleigh, North Carolina State University. 1974. pp. 158-171. Seminario sobre manejo de suelos y el proceso de desarrollo en América.
32. _____ . Física de suelos, manual de laboratorio. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975. 212 p.

33. FREE, G. R. Minimum tillage for soil and water conservation. *Agricultural Engineering* 41(2):96-99. 1960.
34. GALLAHER, R. N. Soil moisture conservation and yield of crops no-till planted in rye. *Soil Science Society of America Journal* 41:145-147. 1977.
35. GLOVER, B. T. y VAN DOVER, D. M. Jr. Agriculture without tillage. *Scientific American* 236(1):28-33. 1977.
36. GOUTHAMAN, K. C. y SAWKARA, S. Effect of minimal tillage in Deccan hibrid maize. *Madras Agricultural Journal* 63(8-10):445-448. 1976.
37. GREENLAND, D. J. Bringing the green revolution to the shifting cultivator. Better seed, fertilizers, zero or minimum tillage and mixed cropping are necessary. *Science* 190(4217):841-844. 1975.
38. GREGORY, W. W. y MUSICK, G. J. Insect management in reduced tillage systems. *Bulletin of the Entomological Society of America* (22(3):302-304. 1976.
39. HARDY, F. *Edafología tropical*. México, D. F., Herrero, 1979. 416 p.
40. HEICHEL, G. M. Comparative efficiency of energy use in crop production. *Connecticut Agricultural Experimental Station, Bulletin No. 739*. 1973. 26 p.
41. HOLDRIDGE, L. R. *Life zone ecology*. 2a. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1976. 206 p.
42. JONES, J. N. *et al.* The no-tillage system for corn (*Zea mays* L.) *Agronomy Journal* 60(1):17-20. 1968.
43. _____, MOODY, J. E. y LILLARD, J. H. Effects of tillage, no tillage, and mulch on soil water and plant growth. *Agronomy Journal* 61(5):719-721. 1969.
44. JONES, M. J. The maintenance of soil organic matter under continuous cultivation at Samurn, Nigeria. *Journal of Agricultural Science* 77(3):473-482. 1971.
45. JURENCAK, J. The effect of progressive cultural practices on the structure of loamy chernozem soil. *Rostlinná Vy-roba* 22(5):515-524. 1976. (Consultado el resumen en inglés).

46. KAPUSTA, G. y STRIERER, C. F. Herbicidal weed control in stubble no-till planted corn. *Weed Science* 24(6): 605-611. 1976.
47. KUPERS, L. J. y ELLEN, J. Experience with minimum tillage and nitrogen fertilization. *Netherland Journal of Agricultural Science* 18(4):270-276. 1970.
48. LAL, R. Soil temperature, soil moisture and maize (*Zea mays* L.) production in Western Nigeria. *Plant and Soil* 40(2):321-331. 1974.
49. _____ . Role of mulching techniques in tropical soil and water management. *International Institute of Tropical Agriculture. Technical Bulletin No. 1.* 1975. 24 p.
50. _____ . No tillage effects on soil properties under different Crops in Western Nigeria. *Soil Science Society of America Journal* 40(5):762-768. 1976.
51. LARSON, W. E. Tillage: enough is enough. *Crops and Soils Magazine.* 1967:12-13. April-May 1967.
52. _____ y SWAN, J. Tillage of wet and dry soils. *Crops and Soils Magazine.* 1970:8-11. March 1970.
53. _____ *et al.* Problems with no-till crops. Will it work everywhere? *Crops and Soils Magazine.* 1970: 14-20. December 1970.
54. LEACH, G. Energy and food production. London, IPC Science and Technology Press. 1976. 137 p.
55. LEWIS, W. M. Principles of field crop production with reduced tillage systems. *Bulletin of the Entomological Society of America* 22(3):291-293. 1976.
56. LOCATELLI, E. y SHENK, M. Manejo de la vegetación previo a la siembra con énfasis en laboreo mínimo en un área de pequeños agricultores en Costa Rica y sus aspectos socio económicos. *In Seminario de COMALFI X y Congreso de ALAM IV, Cali, Colombia, 1978. Resúmenes, Cali, Colombia.*
57. MAGARTNEY, J. C. y NORTHWOOD, P. J. The effect of different cultivation techniques on soil moisture conservation techniques and the establishment and yield of maize at Konwa, Central Tanzania. *Tropical Agriculture* 48(1): 9-22. 1971.

58. MELVILLE, D. R. y RABB, J. I. Studies with no-till soybean production. Louisiana Agricultural Experiment Station 20(2):3, 16. 1976-1977.
59. MERRIL, A. L. y WATT, B. K. Energy value of foods basics and derivations. U. S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook No. 74. 1955. 105 p.
60. MITCHELL, W. M. y TEEL, M. R. Winter-animal cover crops for no-tillage corn production. Agronomy journal 69(4):569-573. 1977.
61. MOODY, E., SKEAR, G. M. y JONES, J. N. Growing corn without tillage. Soil Science Society of America Proceedings 25(6):516-517. 1961.
62. MORENO, R. Sistema y enfoque de sistemas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. Documento presentado en el Seminario en Sistemas de Producción de Cultivos Anuales, Turrialba, Costa Rica, 1977.
63. MOSCHLER, W. W. *et al.* Comparative yield and fertilizer efficiency of no tillage and conventionally tilled corn. Agronomy Journal 64(2):229-231. 1972.
64. _____ MARTENS, D. C. y SHEAR, G. M. Residual fertility in soil continuously field cropped to corn by conventional tillage and no-tillage methods. Agronomy Journal 67(1):45-48. 1975.
65. _____ y MARTENS, D. C. Nitrogen, Phosphorous and Potassium requirements in no-tillage and conventionally tilled corn. Soil Science Society of America Proceedings 39(5):886-897. 1975.
66. MUSIK, G. J. y COLLINS, D. C. Northern corn rootworm affected by tillage. Ohio Report 56(6):88-91. 1971.
67. _____ y PETTY, G. B. Insect control in conservation tillage systems. Conservation tillage... A handbook for farmers. Soil Conservation Society of America. 1977. 52. p.
68. NAIR, P. K., SINGH, A. y MODGAL, S. C. Harvest of solar energy through intensive multiple cropping. Indian Journal of Agricultural Science 43(11):983-988. 1973.
69. NAVARRO, L. Evolución socio-económica de la tecnología en estudio. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 9 p. Documento presentado en el Seminario en Sistemas de Producción de Cultivos Anuales, Turrialba, Costa Rica, 1977.

70. NELSON, L. R. *et al.* Corn forage production in no-till and conventional tillage double. Cropping systems. *Agronomy Journal* 69(4):635-638. 1977.
71. NORTHWOOD, P. J. y MACARTNEY, J. C. The effect of different amounts of cultivation on the growth of maize on some soil types in Tanzania. *Tropical Agriculture* 48(1):25-33. 1971.
72. ODUM, E. *Fundamentals of ecology.* Saunders, Philadelphia. 1971. 22 p.
- 73* OSCHWALD, W. R. *etal.* No-tillage planting roundtable. *Crops and Soil Magazine.* 1969:14-19. December 1969.
74. PARSONS, S. No-plow once-over planting. *Crop and soils Magazine.* 1967:9-13. January 1967.
75. PERRIN, R. *etal.* From agronomic data to farmer recommendations, an economics training manual. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. *Information Bulletin No. 27.* 1976. 54 p.
76. PHILLIPS, S. H. y YOUNG, H. M. Jr. *No tillage farming.* Milwaukee, Wisc., Reinan Associates, 1973. 224 p.
77. PIDGEON, J. D. y SOANG, B. D. Effects of tillage and direct drilling on soil properties during the growing season in a long-term barley mono-culture system. *Journal of Agricultural Science.* 88:431-442. 1977.
78. PIMENTEL, D. *etal.* Food production and the energy crisis. *Science* 182(4111):443-449. 1973.
79. REGIONAL OFFICE FOR CENTRAL AMERICA AND PANAMA OF THE AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. Regional Rural Development Division. A preliminary assesment of rural economic development in Central America. Guatemala, 1974. 81 p.
80. ROBERTSON, W. K. *etal.* Planting corn in sod and small grain residues with minimum tillage. *Agronomy Journal* 68(2):271-274. 1976.
- 81* ROCKWOOD, W. G. y LAL, R. Mulch tillage: a technique for soil and water conservation in the tropics. *SPAN* 17: 77-79. 1974.

82. ROSENBERG, N. J. Response of plants to the physical effects of soil compactation. Nebraska, Agricultural Experiment Station, Journal Series. 1976. 7 p.
83. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos; metodología de laboratorio para diagnósticos de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 107 p.
84. SORIA, J. Introducción a la agricultura de cultivos tropicales perennes. In Curso intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico. Trabajos presentados. Turrialba, Costa Rica, 1975. p. irr.
85. _____ *et al.* Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba (Costa Rica) 25(3):283-293. 1975.
- c
86. SOZA, R. F. *et al.* Cero-labranza en el cultivo del maíz. In Reunión anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 24a. San Salvador, El Salvador, 1978. Memoria, San Salvador, El Salvador.
87. SPAIN, J. M. Labranza mínima en suelos tropicales. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, s. f., 3 p. (Mimeografiado).
88. SPEDDING, G. R. y BROCKINGTON, N. R. Experimentation in Agricultural systems. Agricultural Systems 1(1): 47-55. 1976.
89. STIBBE, E. y ARIEL, D. No-tillage as compared to tillage practices in dry-land farming of a semi-arid climate. Netherlands Journal of Agricultural Science 18(4): 293-307. 1970.
90. TOSI, J. A. Ecological maps of Costa Rica. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1966. 1:500.000.
91. TRIPLETT, G. B., VAN DOREN, D. M. y SCHMIDT, 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.
92. _____ y VAN DOREN, D. M. Jr. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization of non-tilled maize. Agronomy Journal 61(4):637-639. 1969.

93. TRIPLETT, G. B. y VAN DOREN, D. M. Jr. Agriculture without tillage. *Scientific American* 236(1):28-33. 1977.
94. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Consumer and marketing service grain division. Official Grain Standard of the United States. 1970. pp. 2-8.
95. VAN DOREN, D. M. Influence of plowing, disking, cultivation, previous crop and surface residues on corn yield. *Soil Science Society of America Proceedings* 29(5):595-597. 1965.
96. _____ y RYDER, G. J. Factors affecting use of minimum tillage for corn. *Agronomy Journal* 54(2):447-450. 1962.
97. VAN OUWERKER y BOONE, F. R. Soil-physical aspects of zero-tillage experiments. *Netherland Journal of Agricultural Science* 18(4):247-261. 1970.
98. WATSON, G. A. Possible minimal cultivation techniques for crop establishment on Malaysia. *In Crop Diversification Conference, 1969.* 6 p.
99. WEBB, F. J. Herbicide performance in no-tillage corn. *Proceedings of the Netherland Weed Science Society* 31: 30-33. 1977.
100. WITTMUSS, H., OLSON, L. y LANE, O. Energy requirements for conventional versus minimum tillage. *Journal of Soil and Water Conservation* 30(2):72-75. 1975.
101. ZANDSTRA, M. G., SWANBERG, K. G. y ZULBERTI, C. A. Venciendo las limitaciones a la producción del pequeño agricultor. II. El sistema de producción del pequeño agricultor. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario s. f. pp. 5-10.

9. APENDICE

Cuadro 1A. Datos climáticos mensuales, correspondientes al período experimental, Diciembre 1977 a Octubre 1978.

Datos	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Radiación total solar (Kcal/cm ²)	13.1	14.9	10	13.8	12.7	11.4	11.2	12.2	12.2	12.6	11.1
Precipitación total (mm)	74.2	62.6	267.1	85.5	50.5	233.1	252.7	244.1	173.3	221.7	234.8
Humedad relativa promedio (%)	89.6	86.7	90.6	88.4	85.1	89.4	91.3	90.6	90.6	90.3	90.2
Temperatura Mínima promedio	17.4	16.1	17.6	17.6	17.6	19.1	18.6	18.6	18.7	18.6	18.7
Temperatura máxima promedio	26.4	26.1	25.4	26.8	27.7	28.6	27.5	27.5	27.3	27.5	27.4
Balance hídrico Atmosférico (mm)*	-80.4	-39.7	184.3	-26.0	-80.50	113.6	153.7	150.9	73.4	121.70	129.6

* Precipitación menos evaporación del tanque A.

Cuadro 2A. Cuadrados medios y significancia del rendimiento en grano de maíz, peso de los granos de una mazorca, número de mazorcas por planta y alturas, primer ciclo.

F. de V.	G.L.	Rendimiento C.M.	Peso de granos de una mazorca, C.M.	Nº de mazorca por planta, C.M.	Alturas 22/1/78	Alturas 1/3/78	Alturas 12/4/78
Repeticiones	3	1104431 *	1103	0.012	0.006	0.041	0.024
Tratamientos	11	3233200 **	1324 **	0.031	0.032 **	0.433 **	0.685 **
Sistemas (S)	1	4936984 **	4358 **	0.124 *	0.014	0.31	0.644 *
Manejos (M)	5 2/	5797969 **	1825 **	0.035	0.065 **	0.82 **	1.314 **
(S) x (M)	5	327675	215	0.009	0.003	0.07	0.064
Error	33	215775	351	0.027	0.005	0.056	0.096

* P < 0.05

** P < 0.01

2/ Aquí se consigna 5 pues el tratamiento "Arado sin control" estuvo repetido.

Cuadro 3A. Cuadrados medios y significancia de área foliar, tasa de producción del área foliar (TPAF) de maíz y ataque de Diatrea sp., primer ciclo.

F.V.	G.L.	Area foliar dm ² , C.M.	TPAF C.M.	Ataque de <u>Diatrea</u> sp. nº de larvas por planta, C.M.
Repeticiones	3	1404.94	0.13	0.116
Tratamientos	11	1482.79	0.14	1.169 **
Sistemas (S)	5	317.96	0.03	0.188
Manejos (M)	5	2543.98 *	0.24 *	2.532 **
(S) x (M)	1	654.57	0.06	0.002
Error	33	790.24	0.07	0.060

Cuadro 4A. Cuadrados medios y significancia de rendimientos de frijol y población final.

F.V.	G.L.	Rendimientos (kg/ha) C.M.	Población final (kg/ha) C.M.
Repeticiones	3	88597	0.014
Manejos	5	125870 **	0.122 **
Error	15	8209	0.022

Cuadro 5A. Cuadrados medios y significancia para los sistemas de cultivos, primer ciclo: biomasa total, biomasa comestible, energía contenida en la biomasa total y eficiencia energética.

F.V.	G.L.	Biomasa total (kg/ha) C.M.	Biomasa comestible (kg/ha) C.M.	Energía contenida en la biomasa comestible (Mcal/ha) C.M.	Eficiencia Energética (%), C.M.
Repeticiones	3	1280341	1092280	1.77×10^7	0.065
Tratamientos	11	2.21×10^7 **	2402139 **	3.81×10^7 **	1.134 **
Sistemas (S)	1	3918204	564417	1.03×10^7	0.207
Manejos (M)	5	4.59×10^7 **	5064534 **	8.00×10^7 **	2.344 **
(S) x (M)	5	2138953	107288	1683862	0.109
Error	33	3933789	180349	2646362	0.202

Cuadro 6A. Cuadrados medios y significancia de kg de Proteína por ha, kg de Carbohidratos por ha y kg de grasa por ha, primer ciclo.

F.V.	G.L.	Kg de Prot./ha C.M.	Kg de Carbohidratos, C.M.	Kg de Grasa: C.M.
Repeticiones	3	20373	708590	2141
Tratamientos	11	36693 **	1571800 **	5226 **
Sistemas (S)	5	3939	584325 *	4089 **
Manejos (M)	5	79129 **	3263738 **	10317 **
(S) x (M)	1	809	77357	362
Error	33	2532	108832	356

Cuadro 7A. Cuadrados medios y significancia de NQ de plantas de Panicum maximum por m^2 , gramíneas por m^2 , malezas de hoja ancha por m^2 , malezas totales por m^2 , primer muestreo (1m) y maleza de hoja ancha, segundo muestreo (2m), primer ciclo.

F.V.	G.L.	Panicum maximum (1m), C.M.	Gramíneas (1m), C.M.	Malezas de hoja Ancha (1m), C.M.	Malezas totales (1m), C.M.	Maleza de hoja ancha (2m), C.M.
Repeticiones	3	12857	9848	3348	10693	1617
Tratamientos	11	3510 *	3100 *	5495 **	10802 *	1285 *
Sistema (S)	1	12805 **	14805 **	105	17404 *	15
Manejos (M)	5	2927	2074	8781 **	17021 **	1584 *
(S) x (M)	5	2236	1785	3288	3262	1241
Error	33	1612	1440	1459	4075	582

Cuadro 8A. Malezas observadas al final del período experimental.*

Nombre científico	Familia	Nombre vulgar
<i>Paspalum fasciculatum</i>	Graminae	Genalote
<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae	
<i>Cassia tora</i>	Leguminosae	Pico de loro
<i>Axonopus scoparius</i>	Graminae	*Estrella
<i>Mimosa pudica</i>	Leguminosae	Dormilosa
<i>Drymaria cordata</i>	Caryophyllaceae	
<i>Ecliptera alba</i>	Compositae	
<i>Kyllinga cf. pumila</i>	Cyperaceae	
<i>Cyperus odoratus</i>	Cyperaceae	Coyolillo
<i>Panicum maximum</i>	Graminae	Guinea
<i>Browalia americana</i>	Solanaceae	
<i>Hyptis capitata</i>	Labiatae	
<i>Cyniza bonariensis</i>	Compositae	
<i>Sclerocarpus divaricatus</i>	Compositae	
<i>Verbena littoralis</i>	Verbenaceae	
<i>Elephantopus spicatus</i>	Compositae	
<i>Phyllanthus cf. urinaria</i>	Euphorbiaceae	
<i>Dygitaria cf. decumbens</i>	Graminae	

* Comunicación Personal,

Br. M. Bermúdez, Estudiante Graduado, UCR-CATIE.

Cuadro 9A. Cuadrados medios, significancia de penetrabilidad y humedad gravimétrica del suelo entre hilera y en la hilera, primer ciclo.

F.V.	G.L.	Penetrabilidad en bares, C.M.	Humedad Gravimétrica (en proporción), C.M. entre hileras	Humedad Gravimétrica (en proporción), C.M. en la hilera
Repeticiones	3	7.036	0.053	0.087
Tratamientos	11	1.090 *	0.021 **	2.006 **
Sistemas (S)	5	0.307	0.006	0.000
Hanejos (M)	5	1.772 **	0.043 **	0.024 **
(S) x (M)	1	0.521	0.001	0.010
Error	33	0.469	0.002	0.308

Cuadro 10A. Cuadrados medios y significancia de rendimientos, población final, alturas de raíz (1er muestreo y 3er muestreo), biomasa total y biomasa cosechable del segundo ciclo.

F.V.	G.L.	Rendimientos (kg/ha), C.M.	Población final/ha C.M.	Peso de los granos de unaazorca C.M.	Alturas 1er muestreo C.M.	Alturas 3er muestreo C.M.	Biomasa total (kg/ha) C.M.	Biomasa Cosechable (kg/ha) C.M.
Repeticiones	3	308080	1.17×10^7	72.7	0.013	0.062	6520032	277985
Tratamientos	11	1.22×10^7 **	9.18×10^7 **	2549.5 **	0.176 **	0.175 **	7.40×10^8 **	2094680 **
Fertilizac. (F)	1	2.1×10^7 **	802165	21921.2 **	1.49 **	0.963 **	1.37×10^8 **	1.41×10^7 **
Hanejos (M)	5	2.19×10^7 **	1.51×10^8 **	3349.6	0.076 *	0.147 **	1.21×10^8 **	1.08×10^7 **
F x M	5	911008 *	3.91×10^7	235.3	0.017	0.045	1.15×10^8	673233 *
Error	33	333292	1.83×10^7	723.1	0.025	0.022	4520743	248356

Cuadro 11A. Población final de maíz por ha, segundo ciclo.

Manejos	Plantas/ha
Despunte + Glyphosate (I)	37575
Chapia a Caballo + Glyphosate	39924
Chapia al ras + Glyphosate	40000
Arado sin control	28466
Arado con control	40000
Despunte + Glyphosate (II)	38337

DMS .05 = 4350

Cuadro 12A. Alturas (primer muestreo) de maíz, segundo ciclo.

Manejos	M s/fert.	M fert.	\bar{X}
D+G (I)	0.86	1.23	1.04
Ch.Cab+G	0.89	1.13	1.01
Ch.R+G	0.92	1.28	1.10
A s/c	0.65	1.10	0.87
A c/c	0.90	1.31	1.11
D+G (II)	0.77	1.05	0.91
\bar{X}	0.83	1.18	

DMS .05: (F) = 0.09

(M) = 0.16

Cuadro 13A. Cuadrados medios y significancia de área foliar, Índice del Área Foliar (IAF), Tasa de Producción del Área Foliar (TPAF), energía total y energía contenida en la biomasa comestible, segundo ciclo.

F.V.	G.L.	Área foliar (dm ²), C.M.	TPAF C.M.	Energía total (Mcal/ha/ciclo) C.M.	Energía producida por la Biom. Comest. (Mcal/ha/ciclo), C.M.
Repeticiones	3	757	0.049	1.05 x 10 ⁸	3586610
Tratamientos	11	2744**	0.182 **	1.18 x 10 ⁹ **	1.42 x 10 ⁸ **
Fertilización (F)	5	12629 **	0.84 **	2.20 x 10 ⁹ **	2.33 x 10 ⁸ **
Manejos (M)	5	2840 **	1.188 **	1.98 x 10 ⁹ **	2.54 x 10 ⁸ **
(F) x (M)	1	670	0.044	1.84 x 10 ⁸ *	1.06 x 10 ⁷ *
Error	33	558	0.037	7.25 x 10 ⁷	3878611

Cuadro 14A. Cuadrados medios y significancia para eficiencia energética, kg de proteína, carbohidratos y grasa por ha y nº de larvas de Diatrea sp/planta, segundo ciclo.

F.V.	G.L.	Eficiencia energética (%), C.M.	Kg Proteína/ha C.M.	Kg Carbohidratos/ha C.M.	Kg de Grasa/ha C.M.	Staque de <u>Diatrea</u> sp C.M.
Repeticiones	3	0.307	3000	148948	497	6.144
Tratamientos	11	3.504 **	114356 **	5888917 **	19919 **	11.83 **
Fertilización (F)	5	5.394 **	187500 **	9669665 **	32761 **	57.203 **
Manejos (M)	5	5.894 **	205391 **	1.06 x 10 ⁷ **	35794 **	9.852
(F) x (M)	1	0.737 *	8692 *	441563 *	1476 *	4.732
Error	33	0.224	1332	161498	545	4.094

Cuadro 15A. Cuadrados medios y significancia de malezas gramíneas por m² y maleza de hoja ancha, peso fresco de maleza por ha., % de Materia Orgánica y humedad gravimétrica del suelo, segundo ciclo.

F.V.	G.L.	Gramíneas C.M.	Hoja Ancha C.M.	Peso fresco de maleza, C.M.	% de Mat. Org. C.M.	Humedad gravimétrica C.M.
Repeticiones	3	7668	109	1.46×10^7	1.947	0.093
Tratamientos	11	11269 **	2153 **	8.10×10^7 **	0.792	0.063
Fertilización (F)	5	1180	616	1.48×10^8 **	0.179	0.004
Manejos (M)	5	22562 **	3559 **	1.16×10^8 **	1.518 *	0.109 *
(F) x (M)	1	1992	1055	3.29×10^7 **	0.190	0.028
Error	33	1075	389	7626058	0.419	0.031

Cuadro 16A. Cuadrados medios y significancia de biomasa total, biomasa comestible, energía producida por los sistemas, energía contenida en la biomasa comestible y eficiencia energética, primer y segundo ciclo.

F.V.	G.L.	Biomasa total (kg/ha) C.M.	Biomasa comestible (kg/ha) C.M.	Energía total (Mcal/ha/ciclo) C.M.	Energía en la biomasa comestible, (Mcal/ha/ciclo) C.M.	Eficiencia energética C.M.
Repeticiones	3	2.14×10^7	2696438	1.08×10^5	2.40×10^7	0.048
Tratamientos	11	1.01×10^8 **	1.02×10^7 **	1.48×10^9 **	1.65×10^8 **	0.651 **
Sistemas (S)	5	1.70×10^8 **	2.76×10^7 **	3×10^9 **	3.41×10^8 **	1.32 **
Manejos (M)	5	1.74×10^8 **	1.62×10^7 **	2.49×10^9 **	2.89×10^8 **	1.103 **
(S) x (M)	1	1.39×10^7	798335	1.47×10^8 **	2.39×10^8 **	0.065
Error	33	1.19×10^7	775203	1.73×10^8	5634506	0.076

Cuadro 17A. Cuadrados medios y significancia de kgs de proteínas, carbohidratos y grasa/ha, primero y segundo ciclo.

F.V.	G.L.	Kg de Proteína/ha	Kg de Carbohidratos/ha	Kg de grasa/ha
		G.M.	G.M.	G.M.
Repeticiones	3	26209	970478	5486
Tratamientos	11	126241 **	6911469 **	24007 **
Sistemas (S)	5	138138 **	1.50 x 107 **	63075 **
Manejos (M)	5	242099 **	1.20 x 107 **	39451 **
(S) x (M)	1	8002	222387	749
Error	33	6000	293786	997

Cuadro 18a. Energía contenida en la biomasa total (Kcal/ha) y humedad gravimétrica del suelo, segundo ciclo.

Manejos	Energía en la Biomasa			Humedad Gravimétrica		
	M s/fert.	M fert.	\bar{X}	M s/fert.	M fert.	\bar{X}
D+G (I)	25593	36239	30916	0.648	0.668	0.658
Ch. Cab+G	26150	39968	33049	0.695	0.635	0.665
Ch. R+G	33760	54135	43948	0.800	0.780	0.790
A s/g	3099	6602	4851	0.558	0.595	0.576
A c/c	35951	64373	50162	0.540	0.640	0.590
D+G (II)	24777	23200	26989	0.635	0.643	0.641
\bar{X}	24885	38420		0.646	0.664	

DMS .05: (F) = 4984
 (M) = 8633
 (F) x (M) = 12208

DMS .05: (F) = 0.104
 (M) = 0.180
 (F) x (M) = 0.255

Cuadro 198. Energía (cal/gr o Mcal/Tn) contenida en las proteínas, carbohidratos y grasa de los alimentos estudiados.

Cultivos	Proteínas	Carbohidratos	Grasas
Maíz	2730	4030	8370
Frijol	3470	4070	8370

Cuadro 20A. Composición (%) de la materia seca en la proporción alimenticia de los productos cosechados en el experimento.

Cultivos	Proteínas	Carbohidratos	Grasas
Maíz	11.3	80.9	4.7
Frijol	23.6	64.7	2.1

Fuentes: Datos facilitados por el Laboratorio de Fisiología Vegetal, Programa de Cultivos Anuales, CATIE.

Cuadro 21A. "Presupuesto energético", energía consumida por los sistemas (MJ/ha/ciclo), primer ciclo.

Labor	S I S T E M A S									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A. Mano de Obra										
Chapía al ras	89.4	-	89.4	89.4	89.4	89.4	-	89.4	89.4	89.4
Chapía a caballo	-	33.92	-	-	-	-	33.92	-	-	-
Aplicación de herbicida 2/	7.68	7.68	-	-	7.68	7.68	7.68	-	-	7.68
Siembrá	83.20	82.80	102.4	83.2	83.2	25.60	25.80	32	25.6	25.6
Aplicación de abono 3/	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
Aplicación de insecticida 4/	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6
Cosecha	166.4	166.4	166.4	166.4	166.4	108.8	108.8	108.8	108.8	108.8
B. Mecanización										
Arado	-	-	-	1377.60	1377.60	-	-	-	1377.60	1377.60
Rastreada	-	-	-	688.80	688.80	-	-	-	688.80	688.80
C. Materiales										
Semilla 1/	492.60	492.60	492.60	492.60	492.60	219.19	219.19	219.19	219.19	219.19
Herbicida 2/	396.15	396.15	-	-	396.15	396.15	396.15	-	-	396.15
Abono 3/	5298.41	5298.41	5298.41	5298.41	5298.41	5298.41	5298.41	5298.41	5298.41	5298.41
Insecticida 4/	162.75	162.75	162.75	162.75	162.75	136.50	136.5	136.5	136.5	136.5
Total	6728.59	6682.72	6343.96	8391.16	8793.99	6303.13	6250.85	5906.70	7366.70	8369.53

1/ 18 kg de frijol y 13.20 kg de maíz

2/ 4.27 lit/Ha

3/ 40 kg de N, 120 kg de P₂O₅ y 40 kg de K₂O

4/ 13 kg de Sovin y 0.25 de DDT/HA

Cuadro 22A. Consumo de Energía de las distintas actividades e insumos, primer ciclo.

Laber	Energía (MJ)
Trabajo manual (8 horas)	6.40
Arado <u>1/</u>	1377.60/ha
Rastreadas	638.80/ha
Herbicidas	95 /kg
Insecticidas	105 /kg
Fertilizantes	
Nitrógeno	80 /kg
Fósforo	14 /kg
Potasio	9 /kg

1 MJ (Mega Joule) = 238.83 Kcal

1/ 1 hora = 229.60 MJ

Fuente: Leach (54)

Cuadro 23A. Coeficientes energéticos utilizados para el Análisis Energético, primer ciclo.

		Energía* (MJ/ha/ciclo)
Chapia al ras		89.6
Chapia a caballo		33.92
Despunte		12.80
Arado		1377.60
Rastreada		688.80
Aplicación de herbicida		7.68
Siembra	MAIZ	FRIJOL
Arado	25.60	57.60
Chapia y Mulch	32	70.40
Chapia a Caballo	28.8	64
Chapia al ras	25.60	57.6
Despunte	25.60	57.6
Aplicación de abono		12.8
Aplicación de insecticida		9.6
Cosecha	108.0	57.60

Coeficientes calculados en base al Cuadro 22A y 25A.

Cuadro 24A. Presupuesto energético, energía consumida por los sistemas (MJ/ha), segundo ciclo.

	TRATAMIENTOS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Mano de Obra												
Despunte	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
Chapia a caballo	-	33.92	-	-	-	-	-	33.92	-	-	-	-
Chapia al ras	-	-	89.4	-	-	-	-	-	89.40	-	-	-
Aplic. de herbicida	7.68	7.68	7.68	-	7.68	7.68	7.68	7.68	7.68	-	7.68	7.68
Siembra	25.6	28.64	25.6	25.6	25.6	25.6	25.6	28.64	25.6	25.6	25.6	25.6
Aplicación de abono	-	-	-	-	-	-	19.20	19.20	19.20	19.20	19.20	19.20
Aplic. de Insectic.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cosecha	108.8	108.80	108.80	108.80	108.80	108.80	108.80	108.80	108.80	108.80	108.80	108.80
B. Mecanización												
Arado	-	-	-	1377.60	1377.60	-	-	-	-	1377.60	1377.60	-
Rastreada	-	-	-	344.40	344.40	-	-	-	-	344.40	344.40	-
C. Materiales												
Semilla	219.90	219.90	219.90	219.90	219.90	219.90	219.90	219.90	219.90	219.90	219.90	219.90
Herbicida	396.15	396.15	396.15	-	396.15	396.15	396.15	396.16	396.15	-	396.15	396.15
Abono	-	-	-	-	-	-	9555	9555	9555	9555	9555	9555
Insecticida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	770.85	807.89	860.33	2089.10	2601.73	770.85	10345.13	10382.09	10434.53	11663.30	12067.13	10345.13

Cuadro 25A. Coeficientes técnicos para las distintas labores.

Laber	Coeficiente			
Chapia a Raz	14	jornales/ha		
Chapia a Caballo	5.3	jornales/ha		
Despunte	2	jornales/ha		
Arado <u>1/</u>	6	horas/ha		
Rastreado <u>1/</u>	3	horas/ha		
Aplicación de herbicida	1.2	jornales/ha		
Siembra	MAIZ	FRIJOL		
Arado	4	jornales/ha	9	jornales/ha
Chapia + Mulch	5	jornales/ha	11	jornales/ha
Chapia a Caballo	4.5	jornales/ha	10	jornales/ha
Chapia a Raz	4	jornales/ha	9	jornales/ha
Despunte	4	jornales/ha		
Aplicación de Abono	2	jornales/ha		
Aplicación de Insecticida	1.5	jornales/ha		
Cosecha	17 <u>2/</u>		9 <u>3/</u>	

1 Jornal = \$37.76

1 hora de tractor = \$60.00

1/: de 65. H.P.

2/: Incluye beneficio

3/: Incluye apaleo

Cuadro 20. Costos de Producción (¢/ha): Tratamientos 1 al 10, primer ciclo.

Labor	TRATAMIENTOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A. Mano de Obra										
Chapia a Ras	528.64		528.64	528.64	528.64	528.64		528.64	528.64	528.64
Chapia a Caballo		200.13					200.13			
Aplicación de Herbicida	45.31	45.31			45.31	45.31	45.31			45.31
Siembra 1/	490.88	547.52	604.16	490.88	490.88	151.04	169.92	188.80	151.04	151.04
Aplicación de abono	75.52	75.52	75.52	75.52	75.52	75.52	75.52	75.52	75.52	75.52
Aplicación de insecticida	113.28	113.28	113.28	113.28	113.28	56.64	56.64	56.64	56.64	56.64
Cosecha	981.76	981.76	981.76	981.76	981.76	641.92	641.92	641.92	641.92	641.92
B. Mecanización 2/ 3/										
Arado				360	360				360	360
Rastrado				360	360				360	360
C. Materiales										
Semilla	130.73	130.73	130.73	130.73	130.73	51.35	51.35	51.35	51.35	51.35
Herbicida	560.31	560.31			560.31	560.31	560.31			560.31
Abono	1296	1296	1296	1296	1296	1296	1296	1296	1296	1296
Insecticida 4/	53.90	53.90	53.90	53.90	53.90	16.97	16.97	16.97	16.97	16.97
D. Otros Costos										
Renta	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167
Interés sobre préstamos										
B y C	81.33	81.64	59.20	88.03	110.44	76.99	76.99	54.57	126.57	105.7
Total	4524.66	4253.10	4010.19	4645.74	5273.77	3667.69	3358.06	3077.41	3831.65	4416.49

1/ Se presentan varios valores debido a diferente tiempo que incurre cada labor.

2/ Se supuso que el productor lo arrienda.

3/ Se realizaron una aradas y dos rastreados

4/ Aplicación de Aldrin a la siembra, una aplicación de Sevin al frijol contra "vaquilla" (*Diabrotica* sp.) una D D Tox contra "cogollero" (*Spodoptera frugiperda*)

Cuadro 27A. Costos de producción, segundo ciclo.

Labor	TRATAMIENTOS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Mano de Obra												
Despunte	75.52	-	-	-	-	75.52	75.52	-	-	-	-	75.52
Chapía a caballo	-	200.13	-	-	-	-	-	200.13	-	-	-	-
Chapía al ras	-	-	528.64	-	-	-	-	-	528.64	-	-	-
Aplicación de herbicida	45.31	45.31	45.31	-	45.31	45.31	45.31	45.31	45.31	-	45.31	45.31
Siembra	151.04	169.92	151.04	151.04	151.04	151.04	151.04	169.92	151.04	151.04	151.04	151.04
Aplicación de abono	-	-	-	-	-	-	113.01	113.01	113.01	113.01	113.01	113.01
Aplicación de insecticida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cosecha	641.92	641.92	641.92	641.92	641.92	641.92	641.92	641.92	641.92	641.92	641.92	641.92
B. Mecanización												
Arado	-	-	-	360	360	-	-	-	-	360	360	-
Rastreadas	-	-	-	180	180	-	-	-	-	180	180	-
C. Materiales												
Semilla	51.35	51.35	51.35	51.35	51.35	51.35	51.35	51.35	51.35	51.35	51.35	51.35
Herbicida	560.31	560.31	560.31	-	560.31	560.31	560.31	560.31	560.31	-	560.31	560.31
Abono	-	-	-	-	-	-	1583.45	1583.45	1583.45	1583.45	1583.45	1583.45
Insecticida	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
D. Otros Costos												
Renta	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167
Interés sobre B y C	24.99	24.99	24.99	23.65	46.59	24.99	88.32	88.32	88.32	87.51	109.92	88.32
Total	1730.44	1873.93	2183.56	1587.96	2216.51	1730.44	3490.23	3633.72	3943.35	3348.28	3976.31	3490.23

Cuadro 28A. Costos de producción, primero y segundo ciclo.

Labor	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
A. Mano de obra	3149.18	3020.80	3670.27	2983.04	3073.66	3103.87
B. Mecanización	---	---	---	1260	1260	720
C. Materiales	2665.60	2665.60	2105.29	1544.98	2665.56	2105.29
D. Otros costos	440.32	440.63	418.19	445.68	491.03	447.02
Total	6655.10	6127.03	6193.75	6233.70	7490.25	6376.18

Cuadro 28A. Continuación

Labor	Tratamientos					
	7	8	9	10	11	12
A. Mano de obra	2561.75	2359.73	2971.44	2359.73	2450.35	2480.56
B. Mecanización				1260	1260	720
C. Materiales	4132.74	4132.74	3572.43	3012.12	4132.74	3572.43
D. Otros costos	499.31	499.31	476.89	548.08	549.62	548.89
Total	7193.80	6691.78	7020.76	7179.93	8392.71	7321.88

Cuadro 29A. Ingreso Neto y Costos Variables ordenados (según IN)
de menor a mayor, primero y segundo ciclo.

Tratamiento	IN	CV
8	5348.93	6492.47
1	5053.84	5814.78
2	4877.46	5686.40
7	4594.29	<u>6694.49</u>
11	4585.35	<u>7843.09</u>
5	4288.03	<u>6994.49</u>
9	3989.89	<u>6543.87</u>
6	1322.31	<u>5929.16</u>
3	1103.76	<u>5775.56</u>
12	1026.98	<u>6772.99</u>

Los subrayados denotan las alternativas dominadas