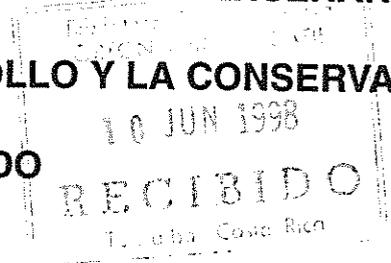


CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION
ESCUELA DE POSTGRADO



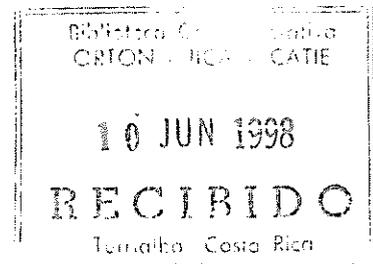
**EVALUACION DE SISTEMAS DE PRODUCCION ORIENTADOS
AL MANEJO SOSTENIBLE DE LAS TIERRAS DE LADERA
EN LA FRAYLESCA, CHIAPAS, MEXICO**

POR

RUBEN DE LA PIEDRA CONSTANTINO



Turrialba, Costa Rica
1997



**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA
AREA DE POSTGRADO**

**EVALUACION DE SISTEMAS DE PRODUCCION ORIENTADOS AL
MANEJO SOSTENIBLE DE LAS TIERRAS DE LADERA EN
LA FRAYLESCA, CHIAPAS, MEXICO.**

**Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico de Postgrado y
Capacitación del Programa de Enseñanza en Ciencias Agrícolas
y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza, para optar el grado de**

Magister Scientiae

por

RUBEN DE LA PIEDRA CONSTANTINO

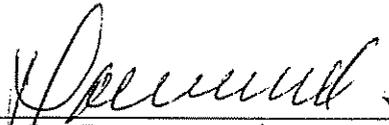
Turrialba, Costa Rica

1997

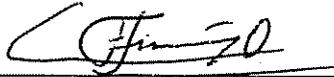
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

CIENCIAS
MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



Ph. D. Jorge Faustino
Profesor Consejero



Ph. D. Francisco Jiménez
Miembro Comité Asesor



M. Sc. José Arze
Miembro Comité Asesor



Ph. D. Juan A. Aguirre
Jefe, Area de Postgrado



Ph. D. Juan A. Aguirre
Director, Programa de Enseñanza



Rubén de la Piedra Constantino
Candidato

DEDICATORIA

A Dios, que ha sido generoso conmigo y mi familia.

A mis padres:

Jóvita y Enrique que con amor y sufrimiento
han hecho de mí, lo que soy

A mi Esposa Malena, por su cariño y comprensión
y a mis Hijos Mario y Rubén, mis dos
grandes tesoros.

A mis hermanos:

Beltran, Jesús, Antonio, Nicolaza, Elva
Enrique, Eliecer, Martha, Ildegar, Romeo
y Guadalupe, por sus apoyo y comprensión
para alcanzar lo que he logrado

A todos mis sobrinos:

En especial a Martín, por su espíritu de progreso.

A mis familiares y amigos:

Que me han enseñado a sentir,
lo maravilloso que es la vida.

AGRADECIMIENTOS

Al gobierno de Holanda por haber financiado mis estudios, ya que sin ello no hubiese sido posible esta meta.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por haberme dado la oportunidad de mi superación profesional.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por permitirme utilizar los datos de investigación y apoyarme durante el período de estudios.

Al M.C. Angel Ramos Sánchez, que gracias a su apoyo decidido pude iniciar mis estudios.

Al Dr. Carlos Rodríguez Franco y el M. Sc Tomás Galomo Rangel por el apoyo brindado en la finalización de mis estudios y del trabajo.

A Don Juan Antonio Aguirre, Jefe del Area de Postgrado por su gran apoyo y comprensión para realizar y terminar mis estudios satisfactoriamente. Gracias por creer en mí.

Al Programa de Manejo Integrado de Recursos Naturales del CATIE, especialmente al personal de Proyecto Regional de Manejo de Cuencas Hidrográficas por su apoyo durante mis estudios.

Al Dr. Jorge Faustino, Consejero principal, por su valiosa orientación y apoyo durante mis estudios, así como por sus observaciones en la planeación y realización del presente estudio, y por las excelentes relaciones humanas brindadas a mi persona.

A los miembros del Comité Asesor: M. Sc. José Arce y Dr. Francisco Jiménez, por sus valiosas observaciones en la planeación y realización del documento.

Al M.C. Jaime López Martínez, por facilitarme la información del trabajo de investigación y poder utilizarla en el presente trabajo, por su valiosa asesoría, paciencia y apoyo en la planeación, desarrollo, análisis de los resultados y revisión final del documento.

Al Ing. Ausencio Zamarripa Moran, Jefe del Campo Experimental Centro de Chiapas por las facilidades y el apoyo brindado durante mis estudios y escrito del documento

A mis compañeros del Campo Experimental Centro de Chiapas, por brindarme todo su apoyo para sacar adelante mi trabajo de tesis, al Dr. Alfonso Ramírez F, Dr. Bernardo Villar S, M.C. Aurelio López L, M.C. Pedro Cadena I., Dr. Néstor Espinosa P., M.C. Francisco J. Cruz, Ing. Carlos Sandoval M. y Dr. Esteban Betanzos M.

Al personal administrativo del Area de Postgrado del CATIE, por su amistad, apoyo y atenciones, así como al personal administrativo del Campo Experimental Centro de Chiapas, lo mismo a Lupita Gómez, por el apoyo brindado. A todos mil gracias.

, A mis compañeros de promoción, con quienes compartí tristezas y alegría, especialmente al compañero Osvaldo Pérez por su apoyo incondicional. A mis Paisanos estudiantes con los que conviví, en especial Delmar Cansino y su esposa Rosnery.

A toda la gente linda del CATIE, de manera especial la Señora Lucrecia y a todas aquellas personas que de manera directa e indirecta, me apoyaron para llevar a feliz término la culminación de mis estudios.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Villacorzo, Chiapas, México, el 18 de agosto de 1959.

Realizó sus estudios primarios en la escuela General Tiburcio Fernández Ruíz y el nivel básico en la escuela Técnica Agropecuaria No 89 de la ciudad de Villacorzo, Chiapas. El nivel medio en el Centro de Estudios Tecnológicos y Agropecuarios No 42 de la misma ciudad en 1978, donde se graduó de Técnico Agrícola.

Los estudios universitarios los realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus V de la Universidad Autónoma de Chiapas; graduándose de Ingeniero Agrónomo en 1982.

Desde febrero de 1983 a la fecha, presta sus servicios como personal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), realizando trabajos en conservación y fertilidad de suelos.

En enero de 1994 ingresó al Programa de Postgrado del Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CATIE, en donde obtuvo el grado de Magister Scientiae en Manejo Integrado de Recursos Naturales con énfasis en Manejo de Cuencas Hidrográficas.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA CUADROS DEL ANEXO.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivos.....	3
General.....	3
Específicos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Degradación e importancia de los suelos de ladera.....	4
2.2 Problemática de la agricultura de ladera.....	5
2.3 Los sistemas de producción.....	7
2.4 El concepto de sistemas agrícolas sostenibles.....	8
2.5 Efecto del pastoreo en el suelo y en la producción.....	8
2.6 Efecto de la quema sobre el suelo y la producción.....	10
2.7 La cobertura vegetal y la erosión del suelo.....	13
2.7.1 Manejo de residuos.....	14
2.7.2 Cultivo de cobertura y abono verde.....	16
3. MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1 Ubicación geográfica y medio ambiente de la zona de estudio.....	20
3.1.1 Clima.....	20
3.1.2 Suelos.....	22

3.2 Aspectos socioeconómicos	23
3.2.1 Tenencia y uso de la tierra	23
3.2.2 Sistemas de producción	24
3.3. Desarrollo del experimento	25
3.3.1 Descripción de las prácticas agronómicas estudiadas	26
3.3.2 Tratamientos y diseño experimental	28
3.3.3 Conducción del experimento	29
3.3.3.1 Arreglos cronológicos	29
3.3.3.2 Preparación del terreno	29
3.3.3.3 Siembra y densidad de población	29
3.3.3.4 Fertilización	32
3.3.3.5 Control de malezas y plagas	32
3.3.3.6 Cosecha	33
3.3.3.7 Manejo de los factores de estudio	34
3.4.4 Medición de la escorrentía	34
3.4 Metodología	35
3.4.1 Análisis de resultados	36
4. RESULTADOS Y DISCUSION	38
4.1 Cantidad de precipitación	38
4.1.1 Precipitación y su efecto sobre el rendimiento de maíz	39
4.1.2 Precipitación y su efecto sobre la pérdida de suelo	44
4.2 Pérdida de suelo y su efecto sobre el rendimiento	48
4.3 Cambio de las características físicas y químicas del suelo a través del tiempo	51
4.4 Algunas características del suelo y su efecto sobre el rendimiento de maíz	59
4.5 Rendimiento de maíz y su comportamiento en el tiempo	60
4.5.1 Efecto de años	65

4.5.2 Efecto del pastoreo de bovinos	65
4.5.3 Efecto de la quema de residuos de cosecha	66
4.5.4 Efecto del frijol terciopelo como cobertura.....	68
4.5.5 Efecto de la interacción pastoreo-quema	70
4.5.6 Efecto de la interacción pastoreo-quema-terciopelo (sistema de producción.....	71
4.6 Evaluación económica	76
4.6.1 Conceptos sobre la evaluación económica	77
4.6.1.2 Precios de campo de los productos	77
4.6.1.2.1 Precio de campo del maíz.....	78
4.6.1.2.2 Precio de campo del frijol.....	79
4.6.1.2.3 Precio de campo del terciopelo	80
4.6.1.2.4 Precio de campo del rastrojo de maíz y maíz-terciopelo.....	81
4.6.1.3 Presupuesto completo.....	81
4.6.1.4 Retorno a la inversión (TR).....	83
4.6.1.4.1 Los costos de producción	84
4.6.1.4.2 Beneficio bruto (BB).....	89
4.6.1.4.3 Beneficio neto (BN).....	89
4.6.1.5 Tasa mínima de retorno (TAMIR).....	89
4.6.2 Evaluación económica del efecto acumulado en los primeros cinco años (1985-1989) por los sistemas de producción.....	90
4.6.3 Evaluación económica del efecto acumulado en 10 años (1985-1994) por los sistemas de producción	93
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1 Conclusiones	96
5.2 Recomendaciones	97
6. BIBLIOGRAFIA	99
7. ANEXOS	105

De la Piedra, C.R. 1996 Evaluación de sistemas de producción orientados al manejo sostenible de las tierras de ladera en La Fraylesca, Chiapas, México. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Palabras claves: Sostenibilidad, sistemas de producción, erosión, escurrimiento superficial, fertilidad, tasa de retorno.

RESUMEN

De 1985 a 1994 se evaluó el efecto de ocho sistemas de producción sobre la pérdida de suelo y el escurrimiento superficial y su influencia en la productividad y sostenibilidad del sistema de producción de maíz con frijol de relevo. El estudio se llevó a cabo en la región de La Fraylesca, Chiapas, México en un terreno de ladera con 65% de pendiente y suelo de textura franco arenoso, con una profundidad de 35 cm. Los factores estudiados dentro del manejo de cada sistema de producción consistieron en el pastoreo de bovinos, la quema de residuos de cosecha y la siembra del frijol terciopelo (*Stylobium deerengianum*) o frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en relevo al cultivo de maíz.

Los sistemas de producción, que incluyeron la práctica de no quemar los residuos de cosecha dentro de su manejo fueron los más eficientes al reducir en 78% el volumen de agua escurrida, efecto que les permitió aumentar el volumen de agua almacenada en el perfil del suelo en 66% y reducir en 96% las pérdidas de suelo por erosión hídrica. La cobertura superficial de los residuos protegió al suelo del impacto directo de las gotas de lluvia y redujo la velocidad del flujo superficial, propiciando con ello una mayor disponibilidad de agua para el cultivo y un menor arrastre de las partículas de suelo.

Así mismo, fueron esos sistemas los que lograron en términos de 7 a 10 años, alcanzar y mantener e inclusive aumentar ligeramente en un 4% el valor inicial de materia orgánica (4,4%), comparado contra una disminución del 20% obtenida por los sistemas que incluyeron la práctica de quemar los residuos de cosecha (3,5%)

Durante los primeros cinco años, se obtuvo los mayores rendimientos de maíz con el sistema de producción pastoreo de ganado, quema de residuos y la siembra de frijol terciopelo, y a partir del sexto año le correspondió al sistema no pastoreo de ganado, sin la quema de residuos y la siembra de terciopelo. Siendo con el manejo de este último que se logró un incremento sostenido de la productividad del suelo a través del tiempo.

De acuerdo con la evaluación económica, en el corto plazo (los primeros cinco años), los ocho sistemas de producción resultaron rentables, con tasas de retorno a la inversión por arriba del 115%. En el mediano plazo (10 años); únicamente resultaron rentables, los sistemas que incluyeron en su manejo la siembra del frijol terciopelo al obtener retornos por arriba del 110% sobre la inversión.

De la Piedra, C.R. 1997 Evaluation of sustainable production systems in hillsides, La Fraylesca, Chiapas, México Thesis Mag. Sc. CATIE Turrialba, Costa Rica

Keywords: Sustainability, production systems, erosion, run-off, fertility, return rate.

SUMMARY

The effect of eight production systems over soil loss and superficial run-off and their influence on productivity and sustainability in a maize production system with beans as shifting crop were evaluated from 1985 to 1994. This study was carried out at La Fraylesca region in Chiapas, Mexico on a 65% steep hillside, loam-sandy soil and 15 cm depth. Bovine grazing, burning of harvesting residues and velvet beans (*Stylobium deerengianum*) or common beans (*Phaseolus vulgaris*) as shifting crops for maize were evaluated for each production system.

The production systems which did not include burning of harvesting residues were the most efficient as they reduced run-off by 78%, which increased the volume of stored water at the soil's profile by 66% and reduced soil losses due to hydric erosion by 96%. Residues superficial cover protected the soil from the direct impact of rainfall and reduced run-off speed, leading to greater water availability for the crop and less soil particles detachment.

Furthermore, the above mentioned systems were able to reach, maintain and slightly increase by 4% the initial value of organic matter (4,4%), over a period of 7 to 10 years compared to the 20% decrease obtained by the systems which included burning of harvest residues (3,5%).

During the first five years, the highest maize yields were obtained under the cattle grazing, residues burning and velvet bean crop system. By the sixth the year, the non-grazing, non- residues burning and velvet bean crop system was implemented. This latter management led to a sustained increase in soil's productivity over time.

According to the short-term economical evaluation (first five years) carried out, the eight production systems were profitable, presenting investment return rates above 115%. At the mid-term (10 years), only the systems including velvet bean crops were profitable obtaining investment return rates above 110%.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características de algunas leguminosas	18
Cuadro 2. Distribución de la precipitación (mm) por etapas vegetativas del cultivo de maíz y para el ciclo del frijol y frijol terciopelo en terrenos de ladera en La Fraylesca, Chiapas, México. 1985-1994.	39
Cuadro 3. Promedio de volúmenes de agua escurrida y de agua almacenada (mm) por períodos de crecimiento vegetativo del maíz, en terrenos de ladera en La Fraylesca, Chiapas, México. 1987-1991.	41
Cuadro 4. Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación de precipitación (mm) y volumen de agua almacenada (mm) con rendimiento para las etapas de antesis-floración-llenado de grano.	43
Cuadro 5. Volumen escurrido de agua (mm/año) y pérdida de suelo (ton/ha/año) en los diferentes Sistemas de Producción en La Fraylesca, Chiapas. 1996.	45
Cuadro 6. Características físicas y químicas de los sistemas de producción bajo condiciones de ladera en La Fraylesca, Chiapas, México 1996.	52
Cuadro 7. Coeficiente de correlación lineal (r) y ecuaciones de regresión entre rendimiento de maíz con características físicas y químicas del suelo en ladera. La Fraylesca, Chiapas. 1994.	60
Cuadro 8. Rendimientos medios de maíz (kg/ha) por sistema de producción en los años 1985-1994 La Fraylesca, Chiapas, México 1996.	61

Cuadro 9. Rendimiento medios acumulados de maíz (kg/ha) por sistema de producción los años 1985-1994. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	63
Cuadro 10. Incremento de rendimientos de maíz (kg/ha) por sistema de producción sobre el rendimiento del sistema testigo (P-Q-F) en los años 1985-1994. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	72
Cuadro 11. Incremento de rendimiento acumulados de maíz (kg/ha) por sistema de producción sobre el rendimiento del sistema testigo (P-Q-F) de los años 1985-1994. La Fraylesca, Chiapas, México .	73
Cuadro 12. Rendimientos medios de grano de frijol y de frijol terciopelo (kg/ha) de 1985 a 1994. La Fraylesca, Chiapas, México.	82
Cuadro 13. Costos de producción de los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas Año 1989 (actualizados a 1994).....	85
Cuadro 14. Costos de producción de los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas. Año 1994.	86
Cuadro 15. Gastos de cosecha de los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas. México. Año 1989 (actualizados a 1994).....	87
Cuadro 16. Gastos de cosecha de los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas. México. Año 1994.	88
Cuadro 17. Presupuesto completo y rentabilidad de cada sistema de producción considerando cinco años (1985-1989) La Fraylesca, Chiapas. México	92
Cuadro 18. Presupuesto completo y rentabilidad de cada sistema de producción considerando los 10 años (1985-1994) La Fraylesca, Chiapas. México.	94.

LISTA DE CUADROS DEL ANEXO

Cuadro 1 A. Significancia de los análisis de varianza individual de la Variable rendimiento de maíz. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.	106
Cuadro 2 A. Significancia de los análisis de varianza individual y Combinado de la variable rendimiento de maíz. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio. La Fraylesca, Chiapas, México.....	21
Figura 2. Distribución de la precipitación y evaporación (mm) en La Fraylesca, Chiapas, México.....	22
Figura 3. Croquis del experimento.....	31
Figura 4. Manejo de dos sistemas de producción: (A) pastoreo-quema de residuos-frijol en relevo a maíz (testigo) y (B) sin pastoreo-quema de residuos-frijol terciopelo en relevo a maíz.....	33
Figura 5. Volumen de agua escurrido y almacenado por sistema de producción en terrenos de ladera. La Fraylesca, Chiapas, México.....	42
Figura 6. Volumen de agua escurrido por sistema de producción en terrenos de ladera. La Fraylesca, Chiapas, México.....	46
Figura 7. Pérdidas de suelo por sistema de producción en terrenos de ladera. La Fraylesca, Chiapas, México.....	46
Figura 8. Relación entre rendimiento de maíz con la pérdida de suelo en el ciclo 1991. La Fraylesca, Chiapas. 1996.....	49
Figura 9. Relación entre rendimiento de maíz con la pérdida de suelo acumulada en La Fraylesca, Chiapas. 1996.....	49
Figura 10. Comportamiento de la Materia Orgánica del suelo en el tiempo en los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	53
Figura 11. Cambios de la materia orgánica en los sistemas de producción con y sin quema de residuos. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	55
Figura 12. Comportamiento en el tiempo del Nitrógeno total en los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	56

Figura 13. Comportamiento en el tiempo del Fósforo en los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	56
Figura 14. Comportamiento en el tiempo de la Densidad Aparente en los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	57
Figura 15. Cambios de la Da (gr/cm^3) en los sistemas de producción con y sin pastoreo. La Fraylesca, Chiapas, México.....	58
Figura 16. Comportamiento del rendimiento de maíz (kg/ha) a través del tiempo en los sistemas de producción con (A) y sin (B) pastoreo. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	62
Figura 17. Comportamiento del rendimiento de maíz acumulado en los sistemas de producción con (A) y sin (B) pastoreo. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	64
Figura 18. Comportamiento del rendimiento de maíz (kg/ha) por año (A) y acumulado (B) en los sistemas de producción con y sin quema. La Fraylesca, Chis., México. 1996.....	67
Figura 19. Comportamiento del rendimiento de maíz por año (A) y Acumulado (B) en los sistemas de producción con y sin cobertura. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	69
Figura 20. Comportamiento en el tiempo del rendimiento acumulado de maíz (kg/ha) en la interacción P-Q. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	71
Figura 21. Comportamiento de los incrementos de rendimiento de maíz (kg/ha) a través del tiempo en los sistemas de producción con (A) y sin (B) pastoreo. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.....	74

1. INTRODUCCION

La conservación y uso eficiente del suelo y del agua con el objetivo de obtener una producción alta y sostenida, son los retos más importantes que enfrentan los productores e investigadores agrícolas de México y América Central. Los complejos factores sociales y técnicos que contribuyen a la degradación de los recursos naturales frecuentemente están entrelazados en diversos contextos sociales y sistemas productivos. Los usos competitivos de la tierra, el crecimiento poblacional, la migración y la distribución desigual de las tierras de calidad aplican una presión creciente sobre la base de recursos naturales, tanto de las tierras bajo cultivo intensivo como de la frontera agrícola.

En muchas regiones tradicionalmente caracterizadas por la agricultura migratoria, el manejo de la fertilidad del suelo, maleza y erosión a través de rotaciones con descanso o barbecho arbustivo ya no es factible. Los períodos de descanso son típicamente cortos o inexistentes, los residuos de cultivos son quemados para combatir las malezas y plagas y las malezas gramíneas han sustituido a las especies arbóreas en los campos de descanso. Este proceso ha resultado en menores rendimientos, invasión de malezas, menor conservación de la humedad y mayor erosión del suelo en muchos sistemas agrícolas.

La erosión acelerada es uno de los problemas agrícolas más serios que enfrentan la mayoría de los países en desarrollo. Además de causar la disminución en el rendimiento agrícola y forestal, es la principal fuente de sedimentos que llenan las represas reduciendo su vida útil y eleva los lechos de los ríos causando inundaciones. En México, de acuerdo a estimaciones realizadas por la Dirección de Conservación del Suelo y Agua (DGCSA), el 80% del territorio nacional presenta diferentes grados de erosión. Este proceso se hace más patente en los terrenos de ladera que son utilizados para la producción

de cultivos. Específicamente en Chiapas, el 35% de los suelos presentan un cierto grado de erosión, clasificándose como severa en la Depresión Central. Dentro de esta región se encuentra la subregión La Fraylesca, caracterizada como la más importante ya que en ella se cultivan 140 mil hectáreas de maíz de las cuales un 25% se localiza en terrenos con pendientes superiores al 15%.

Entre las principales causas que aceleran la erosión del suelo en La Fraylesca, y que se relacionan con la utilización y manejos de recursos naturales, se encuentran la deforestación, el sobrepastoreo y el manejo inadecuado de los cultivos y del suelo. Una alternativa a este problema es el uso óptimo de los recursos basados en el manejo de cuencas hidrográficas, considerando a la cuenca como unidad de planificación y la finca como unidad de intervención (Faustino, 1988). Esta intervención implica el mejoramiento en el uso de los recursos en los sistemas de producción que manejan los productores mediante la búsqueda de tecnologías que sean técnicamente viables, socialmente aceptables, económicamente rentables y ecológicamente sostenibles.

Dentro de esas tecnologías con mayores posibilidades de éxito, está la de proteger el suelo con coberturas vegetales y residuos de cosechas, pues es una práctica que reduce la agresividad de los agentes que causan erosión e incrementan la productividad del suelo, además de que su implementación es de bajo costo. Para ello, es necesario conocer el manejo de los residuos de cosecha, en función del pastoreo del ganado y la protección que puedan proporcionar al suelo. En este sentido, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) cuenta con datos de varios años de investigación generados con agricultores de La Fraylesca, los cuales son importantes de considerar para evaluarlos a través del tiempo, buscando con ello definir sistemas de producción orientados al manejo de una agricultura sostenible en terrenos de ladera desde el punto de vista productivo y ecológico.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Evaluar sistemas de producción que favorezcan un uso y manejo sostenible de los Recursos Naturales, principalmente el suelo, en las zonas de ladera de La Fraylesca, Chiapas.

1.1.2 Específicos

1. Evaluar el comportamiento productivo de diferentes sistemas de producción en términos de la sostenibilidad del rendimiento y la fertilidad del suelo.
2. Evaluar los cambios ocurridos con algunas propiedades físico-químicas del suelo en un período de 10 años, por diferentes sistemas de producción.
3. Valorar el uso potencial del rastrojo de maíz y del frijol terciopelo como mejorador y protector del suelo.

1.2 Hipótesis

1. Existen sistemas de producción que permiten incrementar y mantener la productividad de los terrenos de ladera.
2. Los diferentes sistemas de producción provocan cambios en las propiedades físico-químicas del suelo.
3. El rastrojo de maíz, así como el frijol terciopelo presentan buen potencial como mejorador y protector del suelo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Degradación e importancia de los suelos de ladera

El mundo tiene muchos problemas que resolver en un futuro cercano. Uno de los más importantes es el resultado del uso no sostenible de la tierra y de las políticas gubernamentales pobres o no existentes, que rigen la tenencia de la tierra y el acceso a los bosques (Bandy *et al.*, 1994). Actualmente la humanidad se encuentra en grave peligro, debido al incremento acelerado de la población y a la disminución de la producción de las tierras agrícolas, sobre todo en países en vías de desarrollo.

La superficie arable en el mundo es de 1400 millones de hectáreas y se estima que anualmente se degradan 21 millones de hectáreas, con una pérdida de 25 millones de toneladas de suelo superficial, que es el que presenta mejores niveles de fertilidad. Adicionalmente se pierden más de 3 millones de hectáreas de suelo no agrícola (Anaya, 1991)

Los países más pobres son los que sufren los mayores problemas de erosión. Por ejemplo; para América del Sur el 83% (11 millones 859 mil hectáreas) de las tierras agrícolas de temporal presentan problemas de erosión en diversos grados, siendo las tierra de ladera las mas fuertemente degradadas. Países como Guatemala y El Salvador poseen sus tierras severamente degradadas

Un estudio detallado financiado por la Fundación Rockefeller (Posner y Mcpherson, 1981) ha ilustrado la importancia de las tierras con fuertes pendientes para la economía nacional de muchos países de América Tropical. Los datos de

este estudio, muestran que esas tierras ocupan entre el 45 y el 80% de esos países y son el sostén del 20 al 65% de las poblaciones agrícolas.

La FAO ha calculado que para alimentar la población mundial en el año 2000 sería necesario poner en explotación de 150 a 200 millones de hectáreas más de tierras nuevas (FAO, 1981) Esta expansión inevitablemente abarcará tierras inherentemente menos propicias a la agricultura, como las tierras fuertemente en pendientes de las zonas tropicales húmedas. Será esencial adoptar medidas correctas de conservación del suelo para explotar sin peligro y de manera permanente estos tipos de tierras.

2.2 Problemática de la agricultura de ladera

A pesar de su importancia para las economías nacionales, las tierras en pendiente y montañas de los trópicos húmedos se utilizan a menudo de manera inapropiada. En lo que respecta al desarrollo y la protección, reciben mucha menos atención nacional e internacional que la que les correspondería. Todo el problema se deja frecuentemente al pequeño agricultor. En muchos países, existe una necesidad apremiante de prestar mayor atención a la explotación y protección de las tierras altas.

La presión sobre las tierras de ladera en los países en desarrollo, es cada vez más fuerte. Los principales sistemas de producción son la agricultura de subsistencia y la ganadería extensiva. La mayoría de los agricultores cultivan pequeñas parcelas en tierras de ladera.

Aunque algunos agricultores utilizan uno o más técnicas mejoradas, la mayoría todavía depende de sistemas de producción agrícola tradicional. La productividad actual ha bajado significativamente debido a la reducción del tiempo

de descanso de la tierra (de 7 ó más a 2-5 años) la expansión a tierras no aptas para la agricultura y la falta de incorporación de otras técnicas conservacionistas que permiten el establecimiento de un nuevo equilibrio. Esta falta de incorporación de técnicas conservacionistas ha resultado en una severa degradación en las cuencas hidrográficas.

Un estudio sobre la actitud de los agricultores hacia la adopción de técnicas de conservación de suelos en la cuenca del Río Choluteca (Hughes-Hallett, 1981) demostró poca preocupación sobre el problema de la erosión del suelo por parte de los agricultores de la zona. Solo el 11,5% de los participantes respondieron que es un problema de importancia. Además, indicaron que la erosión es un problema poco discutido dentro de la comunidad, cosa que implica que el agricultor da mayor importancia a sus problemas inmediatos que el problema constante de la erosión.

En la Depresión Central de Chiapas, se dan cambios graduales en los sistemas de producción bajo sistemas de roza-tumba-quema hacia sistemas anuales de roturación, pues mientras en 1940 se daban períodos de descanso de 5 a 6 años, en 1950 son menores de 5 años; para finalmente, a partir de 1960 establecerse con sistemas anuales intensivos bajo condiciones de temporal en monocultivo (maíz-maíz) sobre laderas, terrenos agrícolas en los que por sus características físicas (textura gruesa, bajo contenido de materia orgánica y pendiente) y de manejo, bajo sistemas de labranza anual en monocultivo sujetos a lluvias de alta intensidad se tienen fuertes problemas de pérdida de suelo (FAO, 1984)

De 1958 a 1984 la agricultura en Chiapas, se ha extendido hacia condiciones de suelos con serias limitaciones para su manejo. Suelos delgados pocos desarrollados y generalmente asociados con pendientes escarpadas.

Paralelamente se han incrementado notablemente las áreas con pastizal inducido para ganadería extensiva, la que ocupan unidades de suelos con potencial agrícola (Arellano, 1991).

2.3 Los sistemas de producción

Un sistema de producción es un arreglo, o un conjunto de cosas, unidas o relacionadas que interactúan en el campo físico-biológico y socioeconómico de tal manera que forman y actúan como una unidad, una entidad o un todo, dentro de un ámbito jerárquico para así derivar productos que satisfagan los objetivos de la producción. El análisis de sistemas define las relaciones entre su estructura y función y solo el conocimiento de esas realidades permite diseñar sistemas más eficientes en el uso de recursos (Hart, 1985). Un sistema de producción tiene componentes denominados subsistemas; tiene organización, es decir, hay un orden en el arreglo de los subsistemas, que se encuentran presentes en proporciones determinadas y cumpliendo ciertos roles o funciones específicas. (Shanner, et al. 1982).

El análisis de sistemas de producción se basa en un proceso metodológico que permite ordenar la realidad perceptible. La visión de sistema permite definir: componentes, interacciones y límites de la unidad de producción, los componentes e interacciones del proceso productivo. Esto permite realizar intervenciones de tipo tecnológico sobre componentes específicos, sin perder la visión integral del sistema productivo, su inserción en sistemas de jerarquía mayor, y el impacto de los cambios sobre la totalidad del sistema (Hart, 1985).

2.4 El concepto de sistemas agrícolas sostenibles

El deseo de desarrollar y mantener sistemas agrícolas que puedan ser sostenidos en el tiempo, ha sido un objetivo continuo de la humanidad. Sin embargo, es hasta en los últimos años en que la comunidad internacional, preocupada por el evidente nivel de degradación de los recursos naturales, ha tratado de definir el concepto de "agricultura sostenible" e incorporarlo operativamente a los programas nacionales de desarrollo (Dumanski, 1987, citado por Villar, 1996)

Aunque los intentos han sido numerosos, el término no ha sido definido propiamente debido a que está en un estado constante de evolución, cambiando conforme cambia el sistema agrícola, las presiones sobre los recursos y las actitudes de la sociedad. Sin embargo, la mayoría de las definiciones coinciden en que la sostenibilidad implica mantener por tiempo indefinido la productividad y rentabilidad agrícola, mientras se minimizan los impactos ambientales (Faeth, 1993)

2.5 Efecto del pastoreo en el suelo y en la producción

Aunque la ganadería constituye una importante fuente de alimentos para la humanidad, al tiempo que permite utilizar las zonas marginales, puede ser causa así mismo de serios problemas de degradación de los suelos (Burgos, 1987).

Sobre las implicaciones que acarrea el establecimiento de la actividad del pastoreo en el trópico, Lal (1988a) citado por López (1993) menciona que aunque la degradación y la erosión acelerada del suelo son bajas en praderas bien manejadas, se han observado severas pérdidas de suelo en terrenos sobre pastoreados. El pastoreo incontrolado causa un escurrimiento irregular dependiendo de la cobertura vegetal y de la frecuencia de las lluvias erosivas.

Anaya (1991) al tratar el tema del impacto de la desertificación menciona que de acuerdo con el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente, un 80% de las áreas ganaderas están afectadas por la degradación. La principal causa es la alta carga animal lo cual degrada la cubierta vegetal por el sobre pastoreo con la consecuente erosión que reduce la productividad de la capa superficial del suelo. Estima que en América Latina el 80% de las áreas pecuarias están afectadas por el sobre pastoreo, por lo cual es necesario establecer medidas preventivas y correctivas para resolver este problema.

Así mismo, en América del Sur el 83% de los pastizales están afectados por el sobre pastoreo, mientras que en América Central los pastizales cubren el 60% de la tierra agrícola y por ello se ha considerado a la ganadería como la causante del progresivo deterioro de los recursos naturales.

El sistema de producción ganadero se caracteriza por el pastoreo extensivo de pastos naturales o naturalizados. La alta carga animal y baja producción de pasto debido a las variedades y las lluvias erráticas, resulta en un sobre pastoreo pronunciado y en la subsiguiente aceleración en la erosión del suelo.

Los daños ocasionados por la ganadería sobre suelos del trópico son debidos en primera instancia, a que casi la totalidad de la vegetación natural ha sido talada y reemplazada, primero por cultivos y luego por pastos para el ganado. La ganadería se realiza sin considerar el grado y longitud de la pendiente, de manera que se puede encontrar ganado pastoreando en terrenos planos con pendientes del 3%, hasta en terrenos escarpados con pendientes mayores al 50%. El continuo pastoreo de los animales disminuye la masa vegetal y descende la cobertura. El ganado ejerce una presión de 9 kg/cm^2 sobre los

primeros centímetros de la superficie; esta presión compacta el suelo, disminuye la porosidad y la infiltración e incrementa el escurrimiento superficial (Burgos, 1987).

El desarrollo de raíces en un suelo intensamente pastoreado llega, en ocasiones, a ser de 4 a 6 veces menor que en otro que no esté en esta condición (Burgos, 1987). Constantinesco (1976), consideró que la erosión del suelo por sobrepastoreo se debe a factores técnicos y socioeconómicos como la mala ordenación de las tierras y a la distribución irregular de los animales, entre otros

Burgos (1987), menciona que no se tiene definidos los parámetros que identifican un suelo como apto para ganadería de libre pastoreo en zonas de ladera y que hay carencia de investigación sobre el tipo de ganado mas apropiado para esta condiciones. Recomienda un manejo técnico de la ganadería, la utilización de pasto de corte, subproductos y residuos de cosechas como alimento para el ganado y destinar más recursos a las investigaciones sobre sistemas agropastoriles y silvopastoriles.

2.6 Efecto de la quema sobre el suelo y la producción

Uno de los sistemas agrícolas tradicionales que más destrucción causa a la reserva forestal del planeta es el de Roza, Tumba y quema o agricultura migratoria. Este sistema se utiliza desde tiempos remotos, pero actualmente ocasiona pérdidas de aproximadamente 10 millones de hectáreas de bosque tropical por año. Solamente en la selva tropical Amazónica se pierden alrededor de 5 millones de hectáreas al año y en México la deforestación anual asciende aproximadamente a 700 mil hectáreas (Solano, 1994).

La agricultura migratoria, es un sistema agrícola tradicional que se encuentra en muchas partes del trópico húmedo. Ha existido por siglos y todavía sigue siendo la práctica de uso de la tierra en un 30% de los suelos arables del mundo. La agricultura migratoria ofrece una base para la agricultura de subsistencia, el mantenimiento de los valores culturales y la estabilidad social de las personas que viven en los bosques húmedos en densidades bajas de población. Estos sistemas tienen características como el ciclo de nutrientes y la diversidad de cultivos que son útiles para entender los usos sostenibles de la tierra en el trópico húmedo (Bandy et al, 1993).

Este sistema se basa en el aprovechamiento de los recursos acumulados en el agroecosistema, mediante la rotación de áreas de cultivo y depende de largos períodos de descanso con vegetación secundaria para mantener la fertilidad del suelo por medio de la regeneración de la vegetación (Bandy *et al*, 1994, Pool y Hernández, 1991). Las temperaturas más altas del suelo que siguen al aclareo y la quema, también aceleran la descomposición de materia orgánica en las capas superiores del suelo. Cerca de la mitad del nitrógeno y del fósforo del material quemado y de todos los nutrientes remanentes son liberados al suelo en la ceniza, después de la quema. Estos nutrientes lavados por la lluvia, tiene el efecto de elevar el pH de las capas superiores del suelo, a la vez que enriquecen la tierra. Los nutrientes en forma concentrada, están entonces disponibles por uno o dos años después del aclareo. La cantidad y calidad de estos nutrientes depende de la fertilidad natural del suelo (Lal *et al*, 1986, Pool, 1986).

Fassbender (1987) menciona que en primera instancia la quema produce una interrupción en el ciclo natural de nutrimentos y en especial el de la materia orgánica, debido a que se interrumpe la producción de residuos vegetales y ya no ocurre su degradación y mineralización. Además el suelo queda expuesto a los fenómenos climáticos que causan diversos problemas como la erosión hídrica

Los efectos de la quema son muy variados, siendo el primero el calentamiento superficial del suelo que conlleva a la destrucción de parte del mantillo. Además, disturba diversas propiedades del suelo y también la población microbiana del mismo. Ciertos elementos, en especial el P, K, Ca, y Mg se acumulan en las cenizas, que se depositan en el suelo para reaccionar posteriormente con el agua produciendo formas iónicas, con lo cual aumenta la disponibilidad, pero a su vez son más susceptibles al lavado.

Mientras las densidades de población eran bajas y había tierras suficientes, este sistema funcionaba bien; la fertilidad del suelo se recuperaba durante el período de barbecho y los daños duraderos eran escasos, sin embargo, en la mayor parte de las regiones de los trópicos húmedos, la población ha aumentado rápidamente en éstos últimos años y la demanda de tierras es demasiado elevada para dejarlas durante períodos largos en barbecho. En consecuencia, los períodos de barbecho se están reduciendo considerablemente o la tierra se está dedicando a un cultivo perenne o bien se siembra con pasto. En estas circunstancias, el suelo no tiene la posibilidad de recuperar su fertilidad, su estructura se quiebra y la erosión arrastra rápidamente la capa del suelo más fértil.

Como se indica anteriormente, el cultivo migratorio lo están practicando los pequeños agricultores en 300 millones de hectáreas de los trópicos húmedos. Estas tierras son marginales desde el punto de vista agrícola y, en su mayor parte, están en pendiente pero producen cultivos alimenticios básicos para más de 250 millones de personas (López, 1993)

La búsqueda de alternativas para la situación de la tala y quema, afortunadamente no tiene que empezar de cero. El trabajo de muchas estaciones nacionales e internacionales de investigación ha proporcionado suficiente

información para iniciar los trabajos que se necesitan. Entre los resultados, se ha demostrado que el manejo juicioso de insumos, cobertura vegetal y residuos de cosecha logran un nivel sostenido de materia orgánica (Bandy *et al*, 1994).

Los investigadores han determinado que los sistemas de rotación de cultivos permiten que los cultivos se siembren en forma continua, con las aplicaciones juiciosas de cal, fertilizantes y abonos verdes cuando están disponibles, ya que los suelos tropicales son capaces de producir rendimientos sostenibles en sistemas bien manejados (Sánchez y Benítez, 1987). El uso de técnicas pobres de manejo, sin embargo resultan en caídas marcadas de la productividad, así como en el incremento de la compactación y erosión del suelo. También se ha demostrado que es necesario mantener en el trópico húmedo la superficie del suelo cubierta todo el tiempo para una agricultura sostenible.

Dentro de los argumentos que se manifiestan del porque los campesinos no abandonan la práctica de la quema de residuos vegetales para el establecimiento de los cultivos, se encuentran los siguientes: a) la quema es el método más rápido y económica para limpiar el terreno; b) el calor afloja el suelo, como resultado de la formación del vapor bajo la superficie, lo que permite sembrar sin previa roturación; c) aumenta el contenido de nutrimentos como Ca, Mg, K y P, y d) el fuego disminuye huevecillos, larvas y adultos de varios insectos plaga (CIAPY, 1984).

2.7 La cobertura vegetal y la erosión del suelo.

La importancia de la cobertura vegetal en la reducción de la erosión ha sido demostrada ampliamente en estudios en los que se ha evaluado el efecto de diferentes tipos de cobertura sobre la pérdida de suelo y el escurrimiento superficial. El papel más relevante de la vegetación radica en la intercepción de

las gotas de lluvia por el follaje disipando la energía cinética de las mismas antes que lleguen al suelo, de tal manera que se reduce, en primera instancia, el efecto de salpicado del suelo. Además de interceptar la lluvia, la cobertura de plantas disipa la energía del agua de escurrimiento, produce rugosidad para el flujo y por lo mismo reduce su velocidad. El sistema radical ejerce un efecto sujetador de las partículas en el perfil del suelo, mejora la estructura, incrementa la materia orgánica y deja canales tubulares; estas características influyen en el movimiento de agua y aire en el suelo (Hudson, 1977; Morgan, 1979)

La cobertura vegetal juega un papel importante en la reducción de la erosión, siempre y cuando cubra una porción grande de la superficie del terreno. Para que haya una adecuada protección se debe tener por lo menos un 70% de cobertura superficial (Figueroa, 1975).

2.7.1 Manejo de residuos.

El nivel de producción de un terreno incorporado a la actividad agrícola es una función de los factores de la producción y afecta el escurrimiento superficial y la pérdida de suelo. Al tener un rápido crecimiento y un mayor producción de biomasa se presenta una mejor protección al suelo durante el desarrollo del cultivo y posteriormente se aportan más residuos de cosecha, que manejados como cobertura, pueden tener la misma función de proteger el suelo y aumentar su productividad.

Lal, (1976n) y Meyer *et al* , (1970) citados por López (1993) han indicado que aunque la cobertura superficial de residuos puede proteger el suelo de la pérdida de suelo y del escurrimiento, su efectividad depende de la cantidad de residuos de cosecha y de la pendiente. Una cobertura efectiva debe cubrir un 70-75% de la superficie, lo que se puede lograr con 0,5 kg/m² de rastrojo. Una

cobertura de residuos de cosecha de 4 a 6 ton/ha pueden controlar con efectividad la erosión del suelo en una pendiente de 15% cultivada con maíz. En un Alfisol en Australia Singer y Walker (1983) evaluaron el efecto de diferentes niveles de cobertura de residuos sobre el salpique y escurrimiento, bajo tres intensidades de lluvia simulada. Los resultados confirmaron que al aumentarse la intensidad de la lluvia se incrementó la erosión del suelo por salpicamiento y escurrimiento. Los niveles de cobertura de 40 y 80%, equivalentes a 1000 y 2800 kg/ha de paja de avena, redujeron significativamente la erosión del suelo. Lo anterior se atribuyó a que la cobertura interceptó el impacto directo de las gotas de lluvia en la superficie del suelo y en consecuencia se redujo el efecto erosivo de la lluvia por desprendimiento y remoción.

La eficiencia de las coberturas de residuos de cosecha ha sido comprobada por muchos trabajos, sin embargo, su aplicación es muy reducida. Entre las razones del por que no se utiliza esta práctica tan sencilla para el control de la erosión, se mencionan las que están relacionadas con el desconocimiento del productor de las consecuencias que le puede acarrear la erosión del suelo en su terreno con la disponibilidad de residuos para este propósito por la competencia con otros usos (alimentación de ganado). Con la interferencia que puede provocar con su manejo con las prácticas que el productor realiza en su sistema de producción (la quema de residuos de cosecha es una práctica que utiliza el productor del trópico para preparar el terreno para la siembra) y con la disponibilidad de recursos económicos y de mano de obra y la decisión del productor utiliza sus recursos (tierra, agua, mano de obra, tecnología) para asegurar su subsistencia para obtener una ganancia en respuesta a las presiones sociales y económicas de su entorno social (López, 1993).

2.7.2 Cultivo de cobertura o abono verde

La vegetación, es la más poderosa defensa de los suelos contra la erosión. Así, mientras crece la planta utilizada como cobertura o abono verde, el terreno se haya protegido de la acción destructora de las aguas procedentes de las lluvias. Al dejar el follaje sobre el suelo o enterrarlo, la materia orgánica que se incorpora al suelo ayuda también a mejorar las condiciones físicas y químicas de este y con ellas su resistencia a la erosión.

Como la productividad del terreno aumenta, el crecimiento de los cultivos subsiguientes es más denso y también mayor la protección que ofrecen al suelo. De ahí que las coberturas y los abonos verdes hayan probado ser eficaces herramientas para combatir la erosión.

La selección de la variedad de planta para usarse de cobertura o como abono verde es importante para asegurar una mayor adaptación a las condiciones de la zona, un mayor producción del material verde y un abono de mayor calidad. En este sentido, tiene mayor preferencia la utilización de leguminosas (Suarez, 1982).

Existen gran variedad de plantas leguminosas con potencial para utilizarse como cultivo de cobertura o como abonos verdes, pero por razones de tasa de desarrollo, cantidad de materia verde producida, susceptibilidad a ataques de insectos y/o enfermedades, menor resistencia sequía, adaptabilidad a las condiciones agroecológicas actuales o simplemente por falta de información, no parecen ser tan prometedoras. Existen sin embargo muchas otras que están tomando mayor importancia en una gran variedad de sistemas agrícolas, en donde se aprovechan tanto como cobertura y como abono verde contribuyendo de muchas formas a mejorar la agricultura del pequeño productor. Dentro de este último grupo se tienen especies como: frijol terciopelo o mucuna (*Stizolobium deeringianum* o *Mucuna preriens*), frijol lablab (*Dolichos lablab*), canavalia

(*Canavalia ensiformis*), kudzú (*Pueraria phaseoloides*), crotolaria o chipilín (*Crotolaria ochroleuca*), soya perenne (*Lotononis Wigthii*), choreque (*Lathyrus nigrivalvis*), todas ellas han presentado enormes beneficios en los diferentes sistemas agrícolas (Suarez, 1982). Resultados de investigación (Cuadro 1) en diferentes países durante los últimos 5 años confirman la importancia de estas especies para el mejoramiento de los suelos debido a su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, así como por la gran cantidad de follaje verde que se agrega al suelo aumentando los niveles de materia orgánica (Buckles, 1994; CIDICCO, 1991, 1992; Jackson, 1992; Flores, 1987)).

A esas ventajas podría sumarse otras como el proteger al suelo de la erosión y escorrentías cuando funciona como cobertura durante su desarrollo, su crecimiento vigoroso permite cubrir el suelo impidiendo el paso de luz lo que permite un buen control de malezas, así como también mantener niveles favorables de humedad en el suelo, son tolerante a la sombra; característica que les permite prosperar muy bien en forma asociada con otros cultivos sin reducirles el rendimiento. Contienen un alto valor nutritivo, lo que los hace ser un forraje de alta calidad para el ganado.

En cuanto a su adaptación la mayoría de ellas se adaptan bien a suelos erosionados, pobres y degradados, así mismo son sumamente resistentes a las sequías y tolerantes al ataque de insectos y enfermedades. Una excepción es el dolichos, el cual es menos resistentes a sequía, poco prospero en suelos pobres o muy erosionados y menos resistentes a enfermedades y susceptible a ataques de ciertos insectos. Otras especies; como es el caso de Soya perenne destaca su habilidad para establecerse en suelos relativamente ácidos, lográndose buenos establecimientos en pH hasta de 4,6 de muy baja fertilidad. Su profundo sistema radicular "succiona" nutrientes de las capas mas profundas al suelo.

Es importante destacar que el éxito de los cultivos de cobertura y abonos verdes, dependen mucho del tipo de suelo, el clima y el sistema de manejo al que es sometido

De estas especies ha sido el frijol terciopelo la que se ha utilizado más ampliamente como abono verde por agricultores de Centro y Norteamérica, Africa, y varios países de Asia. En países como Honduras, Guatemala y México ha sido tradicionalmente utilizada por muchos productores y en el presente es una de las especies más usadas entre agricultores y agencias de extensión agrícola como alternativa de bajo costo para la conservación y el enriquecimiento del suelo.

Cuadro 1. Características de algunas leguminosas

Espece	Fijación N (kg/ha)	Materia verde (ton/ha/ciclo)	Contenido N (%)
1. Terciopelo (<i>Stizolobium deeringianum</i>)	200	35	2,3
2. Dolicos (<i>Dolichos lablab</i>)	220	40	3,5
3. Canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i>)	231	50	3,4
4. Kudzú (<i>Pueraria phaseoloides</i>)	400	20	
5. Choreque (<i>Lathyrus nigrivalvis</i>)		100	3,0

Estudios realizados en Brasil con leguminosas tropicales muestra que "Los rendimientos de maíz fueron de 6800 kg/ha utilizando abono verde de mucuna (frijol terciopelo) como la única fuente de N" (Bowen, 1987). También en otros experimentos se obtuvieron resultados que indican que se pueden lograr rendimientos de maíz tan altos como lo que se obtendrían con la aplicación de

200 kg/ha de fertilizantes nitrogenados. Además se indica en el mismo reporte que: "el sembrar maíz inmediatamente después de incorporar abonos verdes de leguminosas es una práctica satisfactoria" (CIDICCO, 1992).

Usando esta tecnología los agricultores del Departamento de Cortés, Honduras, obtienen rendimientos superiores a los 2,5 ton/ha sin utilizar fertilizantes químicos; y rendimientos aún mayores cuando sí los utilizan. En el resto del país el promedio obtenido por un pequeño agricultor es de alrededor 0,6 ton/ha (Flores, 1987).

Otros estudios realizados con frijol lablab han demostrado el mejoramiento de los terrenos, donde después de incorporarlo los rendimientos del maíz y frijol son casi el doble (CIDICCO, 1992). Resultados similares obtuvieron Villatoro (1977) en Guatemala con especie "choreque"; las parcelas donde se incorporo residuos de esta leguminosa, rindieron 5,12 ton/ha de maíz sin la aplicación de fertilizantes químicos, comparado con 2,63 ton/ha donde no se incorporó. En Tanzania, se sabe que con el uso de la crotolaria muchos agricultores han estado cultivando sus tierras por varios años consecutivos habiendo bajado sus costos de fertilizantes químicos casi a la mitad.

Los diferentes sistemas de rotación con leguminosas en barbecho que existen en México y Centroamérica, así como la utilización de estas como cobertura o abono verde, ilustran algunas de las posibilidades de reducir la pérdida de suelos por erosión y a la vez mantener y aumentar la fertilidad de esos suelos, logrando con ello buscar una productividad sostenible de la producción en el trópico húmedo, siempre que los productores puedan afrontar el costo de oportunidad de sembrar otro cultivo y las condiciones ambientales permitan un desarrollo adecuado de la biomasa de leguminosas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación geográfica y medio ambiente de la zona de estudio

La Fraylesca es una región representativa del trópico húmedo de México, localizada en la Depresión Central de Chiapas entre los paralelos 16° 00' y 16° 30' de latitud norte y entre los meridianos 93° 00' y 93° 30' de longitud oeste (Figura 1). Se ubica a una altitud promedio de 600 msnm y cuenta con una superficie de aproximadamente 8,300 km² abarcando los municipios de Villaflores, Villa Corzo, La Concordia y Angel Albino Corzo, siendo en el municipio de Villaflores donde se encuentra establecido el experimento.

3.1.1 Clima

La precipitación promedio anual del área varía de 1 100 a 1 300 mm, con una estación lluviosa que inicia a fines de mayo y finaliza a principios de octubre (Figura 2). La evaporación promedio anual es de 1.600 a 1 700 mm y la temperatura media anual es 25°C. Durante los últimos años se han presentado periodos de sequía (canícula) que han afectado de manera importante la producción de los cultivos.

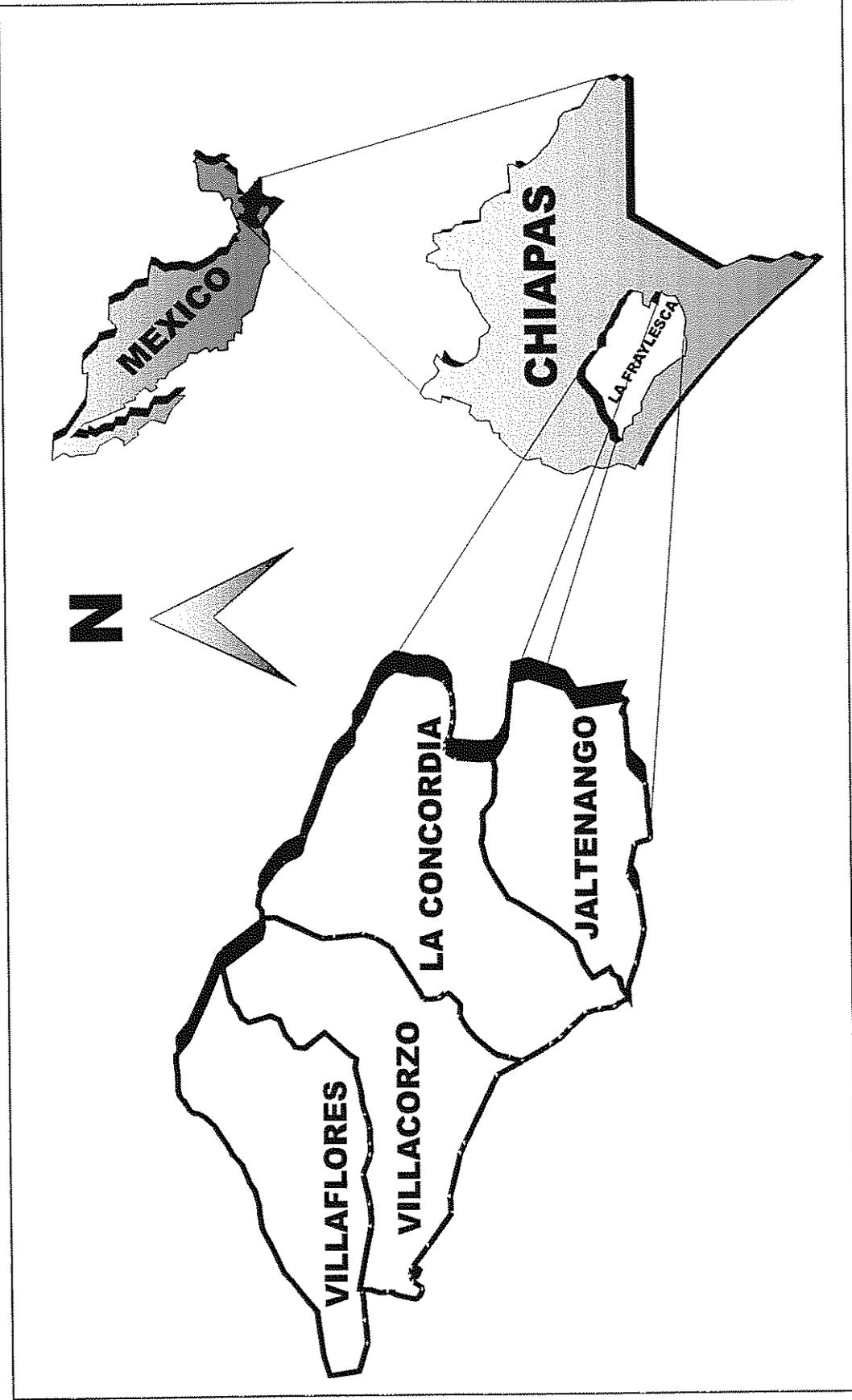


FIGURA 1. LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO. LA FRAYLESCA, CHIAPAS, MEXICO.

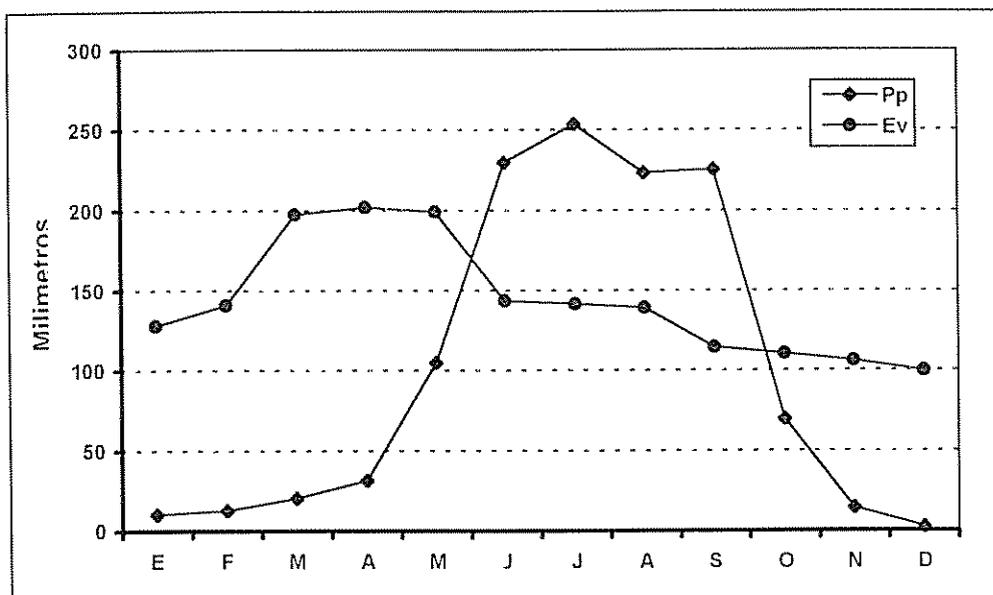


Figura 2. Distribución mensual de la precipitación y evaporación (mm) en La Fraylesca, Chiapas, México.

3.1.2 Suelos

Los suelos de La Fraylesca se desarrollaron a partir de diferentes materiales geológicos, predominando los aluviales y coluviales. En la parte norte se ubican suelos formados *in situ* de origen calizo, mientras que en el resto de la región los suelos proceden de rocas metamórficas.

De acuerdo a su posición fisiográfica se distinguen tres tipos de terrenos: a) vegas: ocupa aproximadamente el 10% de la superficie total. Corresponden aquellos terrenos ubicados en los márgenes de los ríos, de textura franco-arenosa. El tipo de suelo son principalmente fluvisoles; b) terrazas: ocupan el 56.5% de la superficie. Son terrenos con pendientes entre el 5 y 20%, de textura franco-arenosa y el tipo de suelos predominantes son los luvisoles; c) terrenos de ladera: ocupan el 34% de la superficie total, tienen pendientes de 20% hasta más del

60%, de textura franco-arenosa, siendo el tipo de suelo predominante los acrisoles.

3.2 Aspectos socioeconómicos

3.2.1 Tenencia y uso de la tierra

La tierra se encuentra distribuida en dos tipos de tenencia ejidal y propiedad privada (pequeños propietarios). De la superficie sembrada con maíz, aproximadamente el 62% es ejidal, la cual corresponde al 89% de los agricultores, mientras que la superficie restante es sembrada por los pequeños propietarios. El tamaño promedio de la finca es de 6 ha para los ejidatarios y 60 ha para los pequeños propietarios, de las cuales cultivan con maíz una superficie promedio de 5,5 y 57 ha respectivamente (Piedra de la, 1987).

De la superficie total (831 182 has), un 285 se clasifica como de uso agrícola, un 35% como de uso pecuario y un 32% se considera como de uso forestal (López, 1991).

En cuanto al uso agrícola de la tierra, el maíz es el principal cultivo (76%); en segundo lugar se encuentra el frijol que se cultiva principalmente en vegas y laderas, bajo el sistema de cultivo maíz-frijol de relevo en una superficie del 14% del total de maíz. Le sigue en importancia la calabaza, la cual se cultiva asociada al cultivo de maíz. Además, en superficies relativamente muy pequeñas se cultivan: sorgo, arroz, cacahuate, tabaco, hortalizas, (tomate, sandía, melón, chile, cebolla, repollo) y pequeños huertos familiares de aguacate, mango, naranjo y plátano.

La ganadería es una actividad que juega un papel importante en la zona ya que está estrechamente relacionada con la actividad agrícola. El ganado pasa de 5 a 6 meses del año (época seca) en las parcelas alimentándose del rastrojo de

maíz provocando un pisoteo excesivo que llega a compactar y desmenuzar el suelo, incrementando de esta forma el riesgo de erosión, principalmente en los terrenos con pendientes pronunciadas (ladera). Se estima que la población de bovinos en La Fraylesca es de aproximadamente 530 000 cabezas, la cual se ha incrementado debido a la incorporación de tierras agrícolas degradadas al establecimiento de pastizales y a las que mantienen la vegetación original o secundaria (Nieuwkoop *et al.*, 1992, Piedra de la , 1987).

3.2.2 Sistemas de producción

Los principales sistemas de producción practicados en La Fraylesca se describen a continuación

a) Maíz monocultivo. Se siembra desde el inicio de las lluvias (finales de mayo) hasta principios de julio y se cosecha de noviembre a enero. El establecimiento del cultivo, tanto para terrenos planos como para los terrenos de ladera, se inicia con la quema de los residuos de la cosecha anterior dejados por el ganado después de pastorear durante toda la época seca (enero-mayo). Además, para los terrenos planos se realiza una preparación del terreno con maquinaria, la cual consiste en un paso de arado seguido de uno a dos pasos de rastra. Esta preparación es similar para todos los sistemas de producción

b) Maíz-Frijol de relevo. Se siembra en terrenos de fuertes pendientes y en las vega de ríos. Este sistema consiste en sembrar el maíz al inicio del período de lluvias (junio), y en los primeros días de septiembre, cuando llega a su madurez fisiológica, se dobla para después sembrar dos hileras de frijol entre dos hileras de maíz. En diciembre se cosecha el frijol y en enero el maíz. Para terrenos de vega se practica en dos formas; una es similar a la de ladera y la otra forma únicamente se diferencia en que cuando el maíz llega a su madurez

fisiológica, se cortan de cinco hasta 10 hileras, atrincherándolas sobre dos hileras sin cortar y posteriormente se siembra el frijol en el espacio libre

El cultivo de frijol ha venido perdiendo importancia a través del tiempo, debido a problemas de enfermedades, y falta de humedad en el suelo principalmente

c) Maíz + calabaza asociados. Se siembra principalmente en las terrazas ocupando alrededor del 10% de la superficie cultivada. Este sistema consiste en sembrar al inicio del temporal la semilla de calabaza (1 kg/ha) mezclada con la semilla de maíz, de este modo las plantas de calabaza quedan distribuidas al azar en el terreno. La cosecha se realiza en diciembre para ambos cultivos.

3.3. Desarrollo del experimento

El experimento se ubicó en el rancho El Roblar, municipio de Villaflores en un terreno de ladera con una pendiente del 65%. El suelo es de textura migajón arcillo-arenosa, con estructura granular, color oscuro y profundidad variable.

Se inició en 1985, teniendo como objetivo; evaluar prácticas agronómicas que coadyuvaran a reducir la pérdida de suelo, con la intención de mantener su productividad. Estableciéndose en una ladera que hasta esa fecha tenía 7 años de cultivarse con maíz y frijol de relevo, con un manejo tradicional del suelo; o sea, pastoreo extensivo de bovinos en la época seca en el rastrojo de maíz y quema de los residuos de cosecha antes de la siembra. De 1985 a 1991, excepto en 1990, se evaluó la pérdida de suelo en parcelas de escurrimientos, así como la precipitación mediante un pluviómetro. En todos los años se midieron los rendimientos de maíz, frijol común (*Phaseolus vulgaris*) y frijol terciopelo (*Stylobium derrengianum*) como variables de respuesta de los tratamientos establecidos.

3.3.1 Descripción de las practicas agronómicas estudiadas

En esta sección se presenta una descripción resumida de los factores evaluados y las razones del porqué se incluyeron en el estudio

a) La quema de residuos de cosecha

Esta práctica la realizan los productores con la finalidad de facilitar la siembra, controlar las malezas y las plagas. No obstante, no se tienen evidencias del efecto que puede ejercer sobre la pérdida de suelo y el rendimiento de los cultivos. Aun después de que se realiza el pastoreo quedan residuos de cosecha que cubren de 30 a 60% de la superficie del suelo. En este trabajo se evalúan las ventajas que tiene, el quemar o no quemar los residuos en términos de su efecto en la conservación del suelo, la producción y la rentabilidad económica

b) El pastoreo de bovinos

La ganadería está estrechamente ligada al cultivo de maíz, dado que el rastrojo es casi la única fuente de alimento para los bovinos en la época seca. No obstante, en las laderas el pastoreo extensivo es una de las causas del deterioro del suelo. Es obvio que el agricultor no abandonará esta práctica mientras no tenga otra alternativa que le resulte económicamente viable. Sin embargo, el pastoreo, al propiciar la erosión y compactación del suelo puede afectar negativamente el rendimiento del cultivo, a tal grado que su producción llegue a ser no rentable. Evaluar esta situación fue una de las razones por las que el pastoreo de bovinos se incluyó como un factor de estudio en el presente trabajo.

c) El frijol terciopelo (*Stylobium deerengianum*)

En los últimos años ha surgido un gran interés por el uso de tecnologías sencillas y de bajo costo que puedan implementarse dentro del contexto del sostenimiento productivo de los agroecosistemas. Uno de los motivos de éste interés es el incremento de los precios de los agroquímicos a nivel internacional lo cual repercute con mayor intensidad en los países en vías de desarrollo. El uso de las leguminosas para recuperar y mantener la fertilidad del suelo está suficientemente documentada. Reporte de varios autores (Buckles, 1994; Vander, 1988; Revindran, 1988; Fornasieri et al, 1989; Flores, 1992; CIDICCO, 1991) indican que el frijol terciopelo produce de 1,6 a 15 ton/ha de materia seca, que puede aportar de 16 a 200 kg de N/ha con el uso de esta leguminosa. También se ha observado que los costos de producción para el control de maleza de maíz se pueden reducir en un 40% cuando la leguminosa se utiliza como cobertura vegetal. En todos esos estudios, el terciopelo se ha investigado como monocultivo en donde se evalúa su efecto residual en rotación con otros cultivos. En el presente trabajo, el terciopelo se sembró en relevo de maíz.

Por lo anterior, el frijol terciopelo puede constituir un alternativa para lograr un incremento sostenido de la producción en terrenos que están sujetos a un deterioro de la fertilidad por erosión del suelo. Además, puede incrementar la cantidad y calidad de forraje en la región. Cabe señalar que esta leguminosa se encuentra distribuida de forma natural en la región, lo que garantiza su adaptación ecológica a la zona y la disponibilidad de semilla, factores que pueden contribuir a su posible adopción.

3.3.2 Tratamientos y diseño experimental

Las prácticas agronómicas anotadas en la sección anterior (pastoreo, quema de residuos y la siembra del terciopelo) constituyeron los factores de estudio, los que se evaluaron a dos niveles cada uno. Los factores con sus respectivos niveles se combinaron bajo un arreglo de tratamientos en parcelas sub-subdivididas, para dar un total de ocho tratamientos:

Sistema de producción	Denominación
1. P-Q-F	Pastoreo-quema de residuos-maíz con frijol común en relevo
2. P-Q-T	Pastoreo-quema de residuos-maíz con frijol terciopelo en relevo
3. P-SQ-F	Pastoreo-sin quema de residuos-maíz con frijol común en relevo
4. P-SQ-T	Pastoreo-sin quema de residuos-maíz con frijol terciopelo en relevo
5. SP-Q-F	Sin pastoreo-quema de residuos-maíz con frijol común en relevo
6. SP-Q-T	Sin pastoreo-quema de residuos-maíz con frijol terciopelo en relevo
7. SP-SQ-F	Sin pastoreo-sin quema de residuos-maíz con frijol común en relevo
8. SP-SQ-T	Sin pastoreo-sin quema de residuos-maíz con frijol terciopelo en relevo

En la parcela grande se ubicó el factor pastoreo de bovinos, en la mediana el factor quema de residuos de cosecha y en la parcela chica el factor frijol terciopelo.

La parcela experimental estuvo constituida por seis surcos de maíz de 8,0 m de largo y 0,8 de ancho. Como parcela útil se consideraron los dos surcos centrales.

3.3.3 Conducción el experimento

En los diez años de evaluación, las actividades de campo se desarrollaron sin variaciones significativas que pudieron afectar la respuestas de las variables dependientes. Las prácticas no sujetas a experimentación se efectuaron en la oportunidad y al nivel que son realizadas por un agricultor maicero promedio en la región.

3.3.3.1 Arreglos cronológicos

El establecimiento del cultivo de maíz se realizó durante la primera semana de junio, mientras que el establecimiento del frijol común así como del frijol terciopelo en los primeros 10 días de septiembre. En lo que respecta al pastoreo del ganado este se llevo a cabo en los meses de febrero a mayo.

3.3.3.2 Preparación del terreno

Primeramente, se dió una chapia manualmente para cortar los retoños de malezas, posteriormente se realizó la quema de residuos del rastrojo de maíz y malezas dejado por el ganado en los sistemas que incluyeron esta práctica Efectuándose a finales del mes de mayo antes de las primeras lluvias.

3.3.3.3 Siembra y densidad de población

La siembra de maíz se realizó en sentido de la pendiente (tal como lo realiza el productor) durante la primera semana del junio, de forma manual con barreta (espeque) a una distancia de 0,8 m entre hilera y 0,5 m entre plantas, depositando tres semillas por punto (hoyo) A los ocho días de la siembra se raleo para dejar una densidad de población de 50 000 planta/ha. En todos los ciclos se

utilizó la variedad de maíz V-524 (tuxpeño), proporcionada por el agricultor cooperante

El terciopelo y frijol común se establecieron durante los primeros 10 días de septiembre, al momento en que el maíz alcanza su madurez fisiológica y se dobla. Ambas especies se sembraron a doble hilera entre las de maíz, a una distancia de 0,4 m entre hileras y 0,4 m entre planta, asegurando dos plantas/golpe del terciopelo y cuatro plantas/golpe de frijol con lo cual se tuvieron densidades de población de 125.000 y 250.000 plantas/ha, respectivamente

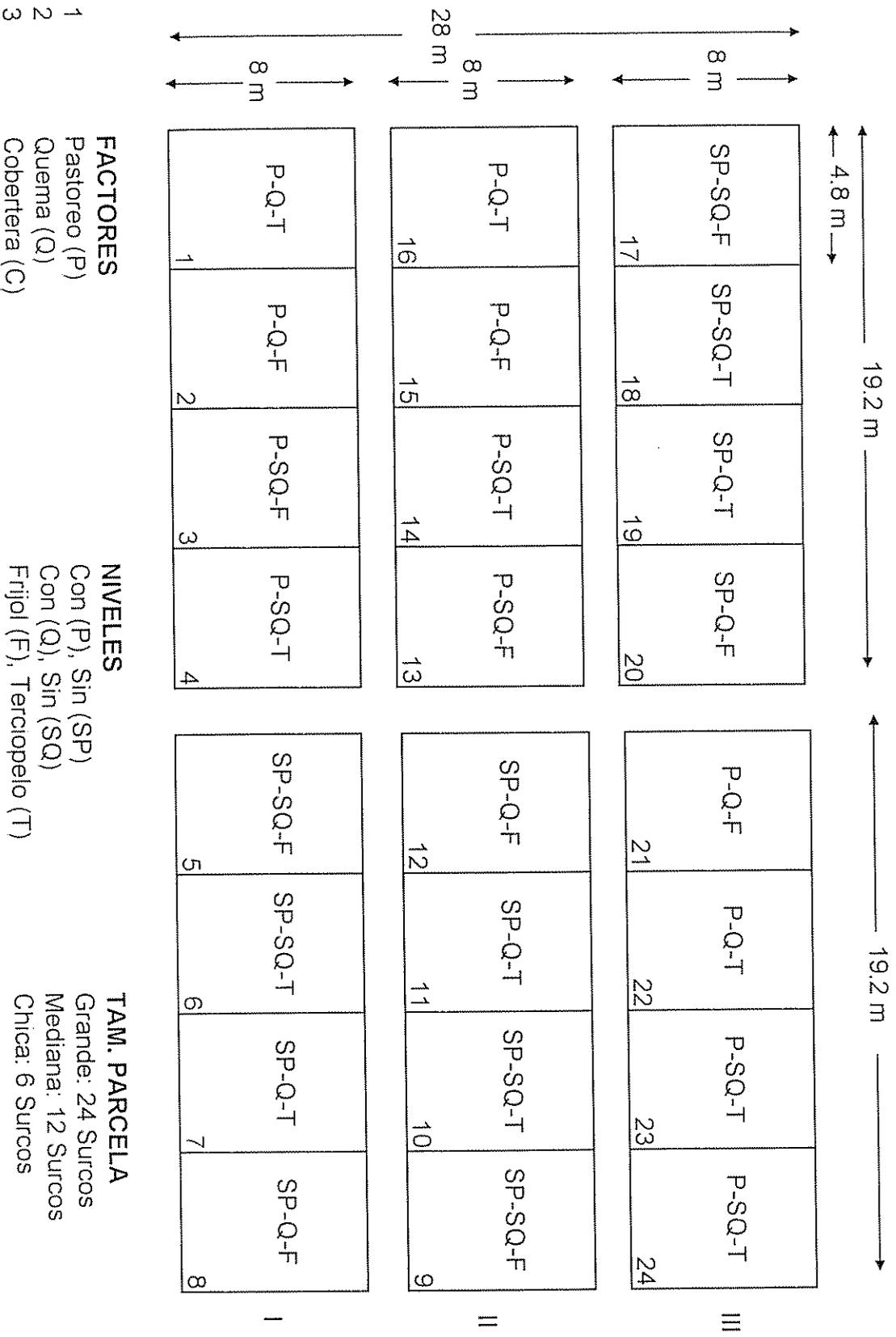


Figura 3. Croquis del experimento

3.3.3.4 Fertilización

Solamente al cultivo de maíz se le aplicó fertilizante. Se utilizaron las cantidades y fuentes de fertilización que maneja el productor en el transcurso de los 10 años de estudio. En general la dosis de fertilizante nitrogenado no varió, en todos los años se aplicaron 120 kg de N/ha utilizando como fuentes el sulfato de amonio (de 1985 a 1988) y la urea (de 1989 a 1994). Para el caso de fertilizante fosfórico, se aplicaron 60 kg de P_2O_5 /ha durante los años 1985-1988 utilizando como fuente el superfosfato de calcio. De 1989 a 1994 ya no se aplicó fósforo.

La fertilización se realizó en dos oportunidades: la primera entre 10 y 15 días después de la siembra; aplicándose la mitad de la dosis de nitrógeno y toda la de fósforo. La segunda, a los 40 días después de la siembra, aplicándose la otra mitad de la dosis de nitrógeno.

3.3.3.5 Control de malezas y plagas

El control de maleza, como es tradicional en la región, se realizó con herbicidas. Antes de los cinco días de la siembra de maíz se realizó una aplicación a base de 2,0 l/ha de paraquat con bomba manual de mochila. Posteriormente, a los 20-30 días de la siembra se realizó una aplicación de 2,0 l/ha de paraquat, dirigida a la maleza (zacates, principalmente). Para la siembra en relevo del terciopelo y frijol común, se realizó una aplicación de 2,0 l/ha de paraquat, después de haberse efectuado una chapia manual.

Las plagas se controlaron cuando su incidencia fue alta. En el cultivo de maíz, todos los años, se realizó una aplicación de insecticida para controlar el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Los productos utilizados fueron parathión metílico y lorsban 480E, en dosis de 1,0 l/ha respectivamente. En los ciclos 1990-1991 se presentó un ataque severo de babosa (*Vaginulus sp*), y

aunque se hicieron tres aplicaciones de cebo envenenado (sevin 80), esta plaga afecto severamente el cultivo de frijol común. Cabe destacar, que el terciopelo no fue afectado.

3.3.3.6 Cosecha

Se realizó en el mes de diciembre, cosechándose primeramente el frijol común, seguido por la cosecha del maíz y en el mes de febrero la cosecha de frijol terciopelo.

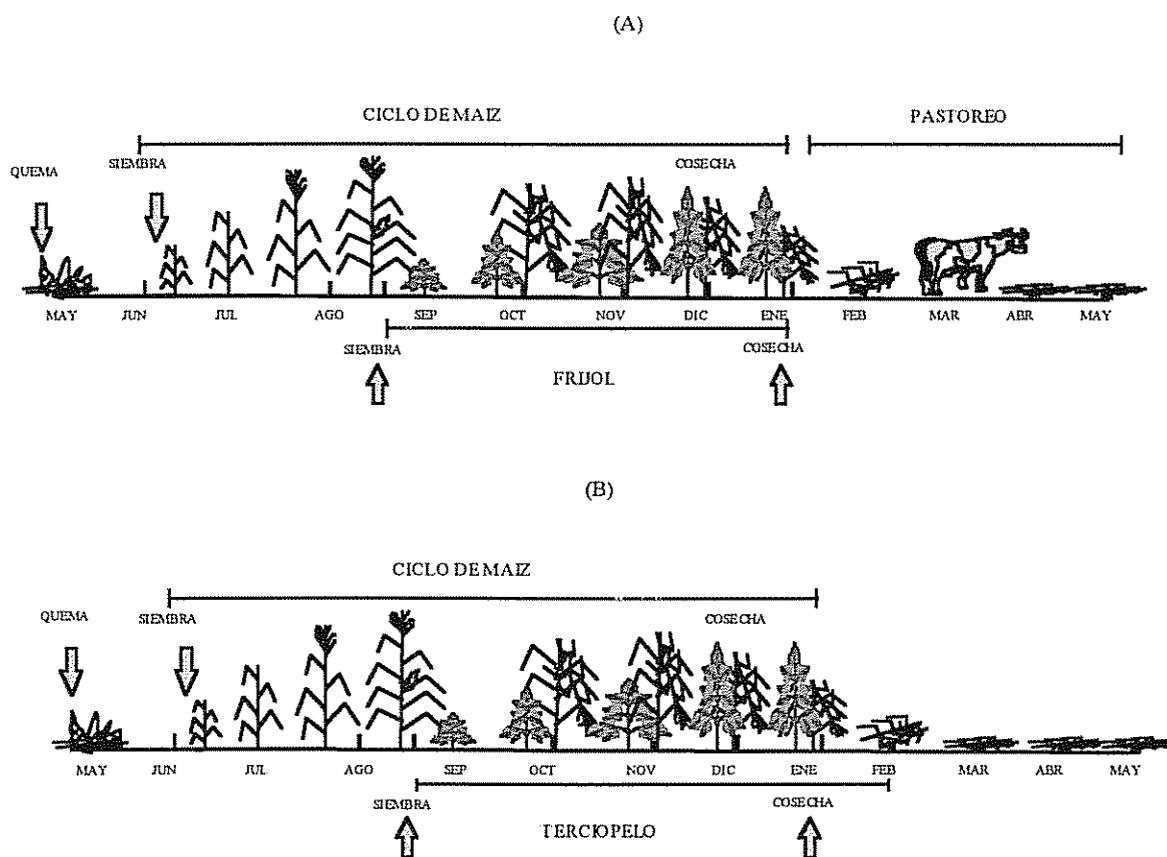


Figura 4. Manejo de dos sistemas de producción: (A) pastoreo –quema de residuos –frijol en relevo a maíz (testigo) y (B) sin pastoreo-quema de residuos-frijol terciopelo en relevo a maíz

3.3.3.7 Manejo de los factores de estudio

El pastoreo de bovinos en los residuos de cosecha se realizó como se acostumbra en la región en este caso, el hato estuvo compuesto por 8-12 cabezas (alrededor de 2,0 cabezas/ha) las cuales pastorearon a pacer en los residuos de cosechas de los tratamientos respectivos durante los meses de febrero a mayo. Las parcelas que no incluían el pastoreo se cercaron con alambre de púas para evitar la entrada de los animales

La quema controlada de residuos de cosecha en las parcelas respectivas, se efectuó a finales de mayo, tal como se realiza en la región. La cobertura superficial de residuos en las parcelas con pastoreo en todos los ciclos fue de 60-70%, en cambio, donde no se pastoreo fue de 80-100%.

3.4.4 Medición de la escorrentía

Para captar y medir el escurrimiento superficial y las pérdidas de suelo, en cada uno de los tratamientos de la segunda repetición se instalaron lotes de escurrimiento de 2,0 m de largo por 1,6 m de ancho en la porción central de la unidad experimental. Para la delimitación de los lotes se utilizó lámina galvanizada. El escurrimiento se condujo por un tubo de PVC de 6,4 cm de diámetro a un recipiente de 200 litros. Dentro de este recipiente se colocó otro más pequeño (de 20 litros) con el fin de captar los escurrimientos de poca magnitud. Así mismo, al final de la salida del tubo se puso una malla de 2,0 mm de diámetro para retener partículas gruesas arrastradas en el escurrimiento

3.4. Metodología

Para el estudio se utilizaron los datos obtenidos durante los años 1985-1994 del experimento antes descrito, complementando la información requerida con datos que se obtendrán durante 1995.

Las variables a considerar serán las siguientes:

a) Rendimiento de los cultivos

Los rendimientos en grano del maíz y frijol común, así como la producción de biomasa del frijol terciopelo constituyen las principales variables de respuesta a los efectos de los factores evaluados. Se busca principalmente, conocer cual ha sido la respuesta tanto del pastoreo, de la quema, como de la cobertura a través del tiempo.

b) Fertilidad del suelo

El efecto directo que los residuos de cosecha y la cobertura (biomasa) del terciopelo ejercen en la fertilidad del suelo al descomponerse, producen una mejora de las propiedades fisicoquímicas del suelo. De esta manera con el fin de estimar el efecto acumulado de la descomposición de los residuos y de la cobertura sobre algunas características físicas y químicas del suelo y poder hacer inferencia sobre su influencia en el rendimiento de los cultivos, se relacionó los resultados de análisis de suelos efectuados al inicio del experimento (1985) con resultados de 1991 y 1994. Se tomó muestras compuestas en cada tratamiento de las tres repeticiones a una profundidad de 0-10 cm. Para determinar la profundidad de muestreo se consultó personas con experiencia en trabajos de labranza de conservación quienes consideran que en este tipo de trabajo puede esperarse efectos en las propiedades del suelo en los primeros 10 cm de

profundidad debido a la descomposición de los residuos vegetales. Así mismo, se realizó un muestreo previo en el experimento para detectar posibles cambios físicos en las capas del suelo, encontrándose una marcada diferencia de 7 a 10 cm de profundidad.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de suelos del CATIE donde se les harán las siguientes determinaciones: textura, densidad aparente (Da), pH, materia orgánica (M O), nitrógeno total (N total), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) capacidad de intercambio catiónico (CIC), y un análisis de estabilidad estructural (estabilidad de agregados al agua)

c) Precipitación

Se analizarán los datos de precipitación (tomados en la parcela de 1985-1994) relacionando su efecto en el rendimiento de los cultivos, tanto en años con buena lluvia como también en los años donde se tuvieron problemas de sequía en ciertos períodos de los cultivos. Así mismo, se analizó con respecto a los 10 años de estudio la relación de precipitación entre el sitio experimental con los datos de una estación meteorológica ubicada aproximadamente a 8 km del sitio experimental, con la finalidad de reforzar los resultados experimentales y poder hacer inferencia hacia la zona.

3.4.1 Análisis de los resultados

Para la evaluación estadística de los datos de las principales variables de respuestas se utilizaron tres tipos de análisis de varianza. Así mismo, para evaluar la relación entre algunas variables de interés se utilizó el procedimiento estadístico de análisis de regresión.

Finalmente, con los datos de rendimiento y costos de producción se realizó un análisis económico mediante el procedimiento de presupuesto parcial y análisis marginal para determinar las prácticas que pudieran presentar mayores beneficios económicos sostenidos y que por lo tanto fueran más viables de adoptarse en los sistemas de producción bajo condiciones de ladera

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Cantidad de Precipitación

La precipitación es uno de los factores climáticos más importantes que influyen en la producción de los cultivos bajo siembra de temporal, debido a su gran variabilidad que presenta, tanto en cantidad como en distribución, además en tiempo y espacio. Estas variabilidades representan siempre un riesgo para los productores en la siembra de cualquier cultivo bajo condiciones de temporal, en particular los productores maiceros de La Fraylesca, Chiapas.

En el Cuadro 2, se muestra la gran variabilidad de la precipitación ocurrida en ocho ciclos de cultivo de maíz en terrenos de ladera, a partir de 1985 hasta 1994. En cuanto a cantidad de precipitación total recibida a nivel anual, se observa que la menor cantidad se recibió en 1994 con 802 mm y la mayor cantidad en 1985 y 1987 con 1180 y 1177 mm respectivamente. Sin embargo, durante el desarrollo y crecimiento del cultivo de maíz, el ciclo que recibió la menor cantidad fue en 1991 con solamente 407 mm, seguido por el ciclo de 1994 con 526 mm, mientras que el ciclo que recibió la mayor cantidad (856 mm) correspondió al año de 1988.

Para los cultivos de frijol común y frijol terciopelo, ambos sembrados en relevo a maíz, la cantidad total recibida para los ciclos de 1988, 1989, 1990, 1993 y 1994 fue menor de 170 mm, la cual repercutió en la producción del cultivo de frijol, siendo más marcado dicho efecto en el ciclo de 1994.

Ahora bien, al analizar la distribución de la precipitación por períodos y etapas vegetativas del cultivo de maíz, se observa que en los ciclos de 1987, 1990, 1991 y 1993, se recibieron menos de 76 mm de precipitación en la etapa de la floración, coincidiendo esta escasa precipitación con el período canicular, la cual afectó de manera diferente el rendimiento de maíz en los diferentes sistemas de producción estudiados. Sin embargo, de esos cuatro ciclos, el que tuvo mayor efecto negativo sobre el rendimiento fue el de 1991; siendo el más crítico de todos, pues también en las etapas de antesis y llenado de grano recibieron menos precipitación con 48 y 90 mm, respectivamente.

Cuadro 2 Distribución de la precipitación (mm) por etapas vegetativas del cultivo de maíz y para el ciclo del frijol común y frijol terciopelo en terrenos de ladera en La Fraylesca, Chiapas, México. 1985-1994

Períodos y etapas vegetativas del cultivo	Años							
	1985	1987	1988	1989	1990	1991	1993	1994
0-25 dds (germin.-crec.inicial)	198	250	143	94	198	197	161	168
26-50 dds (crecim.-antesis)	285	295	236	213	306	48	89	102
51-65 dds (floración)	138	76	230	133	43	73	76	172
66-90 dds (llenado de grano)	158	160	248	204	207	90	426	84
Total ciclo maíz	779	780	856	643	753	407	751	526
Total ciclo frijol y terciopelo	306	211	143	190	165	258	133	134
Precipitación anual	1180	1177	1132	1103	1101	830	935	802

4.1.1 Precipitación y su efecto sobre el rendimiento de maíz

Se sabe que no todas las cantidades de precipitación que se registran en un pluviómetro se infiltran en el suelo y se almacena en el perfil para disposición de las plantas, ya que una gran porción de estas se pierde por escurrimiento superficial, evaporación y además por percolación, la cual está en función de las características físicas del suelo (textura, estructura, etc.), topografía y manejo del suelo mismo principalmente. Una aproximación de la cantidad de lluvia que queda en el suelo para las plantas, es el volumen de agua que no sale (no escurrida) del terreno, la cual se supone que es la infiltrada en el suelo.

Con el propósito de cuantificar el volumen aproximado de lluvia que se almacena en el perfil del suelo (VA) para disposición de las plantas, se estimó la evapotranspiración (ETP) para cada uno de los periodos de crecimiento del cultivo de maíz, utilizando como método el del tanque evaporímetro tipo A,

adaptado a las condiciones de la región de estudio. y se le resta junto con el volumen escurrido (VE) a la precipitación (Pp) ocurrida en cada periodo:

$$VA = Pp - VE - ETP$$

En el Cuadro 3, se muestra el volumen de agua escurrida, así como el volumen de agua almacenada en el suelo por cada uno de los sistemas de producción estudiados. Los datos muestran una clara diferencia entre los sistemas que incluyeron quema y no quema. En cuanto al volumen de agua escurrida, los que mayor escurrimiento tuvieron, fueron los cuatro sistemas que incluyen dentro de su manejo la quema de los residuos vegetales (residuos de maíz, así como de terciopelo), siendo en promedio 249 mm escurridos desde el momento de la siembra hasta los 90 días en que el maíz se encuentra en la etapa de llenado de grano, contra 55 mm de los que no incluyeron quema, siendo esta una reducción del 78% del volumen escurrido con respecto a donde se quemó.

Así mismo, fueron estos mismos sistemas los que menor volumen de agua almacenada tuvieron con 102 mm contra 296 mm de los que no incluyeron quema, siendo un aumento del 66% del volumen infiltrado. Los resultados obtenidos muestran claramente lo importante que resulta no quemar los residuos; el volumen de agua escurrida se redujo en 78% y la cantidad de agua almacenada aumentó un 66%, lo cual permite considerar a esta práctica como una alternativa para reducir el riesgo de un déficit de humedad en cualquiera de las etapas vegetativas del cultivo al aumentar la disponibilidad de agua en el suelo y a su vez contribuir de manera importante a disminuir el flujo superficial de agua hacia las partes bajas. El efecto positivo de la no quema se debió, principalmente, a que los residuos de cosecha redujeron la velocidad de impacto de las gotas de lluvia, así como la velocidad del flujo superficial, permitiendo de esta forma una mayor infiltración, sobre todo cuando el cultivo no desarrolla una suficiente cobertura por follaje.

En el mismo sentido, el efecto de la práctica de pastorear el ganado se manifestó únicamente en los sistemas de producción que llevaron quema, tanto en la disminución de la cantidad de agua escurrida como en el aumento del agua almacenada. En promedio, donde no se pastoreo y se quemó, el escurrimiento

superficial se redujo un 20% (de 277 a 222 mm), mientras que el volumen de agua almacenada aumentó el 43% (de 74 a 130 mm) en relación a la practica donde se pastoreo y se quemó. El resultado negativo de pastorear el ganado en los sistemas de producción donde se quemó los residuos, permite inferir de acuerdo a lo observado por Lal (1988a) y Burgos (1987), que se debió al efecto de compactación del suelo ocasionado por el pisoteo del ganado provocando un mayor escurrimiento y un menor almacenamiento de agua, sobre todo, en la etapa de crecimiento del cultivo (30-60 dds)

Cuadro 3 Promedio de volúmenes de agua escurrida y de agua almacenada (mm) por períodos de crecimiento vegetativo del maíz, en terrenos de ladera en La Fraylesca, Chiapas, México 1987-1991

Sistema de Producción	Volumen Escurrido (mm)				Volumen Almacenado (mm)			
	0-30*	30-60	60-90	Total	0-30	30-60	60-90	Total
1. P-Q-F	64	124	90	278	22	11	40	73
2. P-Q-T	66	115	94	275	20	20	36	76
3. P-SQ-F	17	20	21	58	69	115	109	293
4. P-SQ-T	17	19	17	53	69	116	113	298
5. SP-Q-F	47	91	90	228	39	44	40	123
6. SP-Q-T	37	86	92	215	49	49	38	136
7. SP-SQ-F	18	19	19	56	68	116	111	295
8. SP-SQ-T	20	16	18	54	66	119	112	297

* = De 0 a 30 días después de la siembra

Precipitación ocurrida (mm) 0-30 dds = 200 30-60 dds = 247 60-90 dds = 242

ETP estimada (mm) 0-30 dds = 114 30-60 dds = 112 60-90 dds = 112

P= Pastoreo

Q = Quema

F = Frijol

SP = Sin pastoreo

SQ = Sin quema

T = Terciopelo

En cuanto al efecto de sembrar el frijol terciopelo en lugar del frijol común, no se manifestó ninguna mejora en la disminución del agua escurrida como tampoco ningún aumento en la cantidad almacenada en relación al efecto de las prácticas; pastoreo y quema. Este resultado es de esperarse ya que tanto el terciopelo como el frijol se siembra en relevo al maíz, durante la primera decena de septiembre, alcanzando ambos un buen desarrollo de su follaje en el mes de octubre. Además la cantidad promedio de lluvia que ocurre en este periodo es menor de 200 mm, con eventos de poca intensidad, por lo tanto con un bajo nivel erosivo

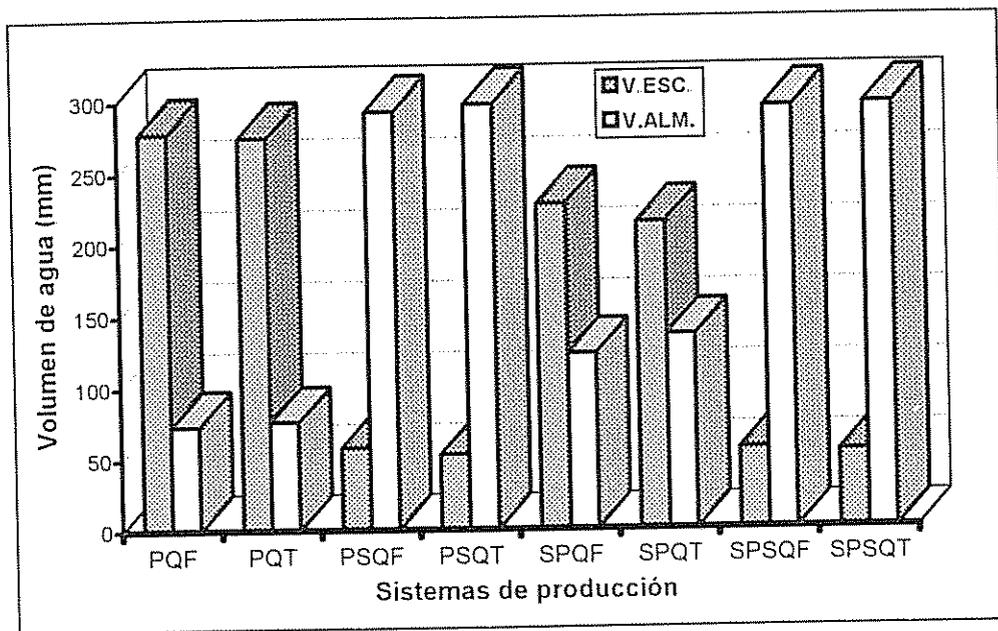


Figura 5 Volumen de agua escurrido y almacenado por sistema de producción en terrenos de ladera. La Fraylesca, Chiapas, México

Para conocer el efecto de la precipitación sobre el rendimiento de maíz en cada uno de los sistemas de producción estudiados, se hicieron análisis de regresión y correlación entre la cantidad de precipitación ocurrida y el volumen de agua almacenado en el suelo con el rendimiento de maíz en cada una de las etapas vegetativas del cultivo.

En el Cuadro 4 se presentan los coeficientes de correlación y las ecuaciones de regresión para las etapas donde existió un cierto grado de asociación entre la cantidad de precipitación y el volumen almacenado con el rendimiento de los diferentes sistemas de producción estudiados bajo condiciones de ladera. La etapa que presentó una cierta asociación entre la cantidad de lluvias y el rendimiento, fue la que ocurrió en el periodo de 26-65 días después de la siembra (etapas de antesis y floración) Pues como se muestra en el cuadro 4, a mayor precipitación en esa etapa aumentó el rendimiento de todos los sistemas de producción, siendo menor esa relación en los sistemas SP-SQ-T y P-SQ-T

Cuadro 4 Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación de precipitación (mm) y volumen de agua almacenada (mm) con rendimiento para las etapas de antesis-floración-llenado de grano

Sistemas de Producción	Precipitación 26-65 dds		Vol. agua almacenada 30-90 dds)	
	Ecuación regresión	r	Ecuación regresión	R
P-Q-F	$y=1,76+0,006x$	0,72**	$y=1,38+0,007x$	0,96*
P-Q-T	$y=2,27+0,005x$	0,79**	$y=2,40+0,005x$	0,83
P-SQ-F	$y=2,38+0,004x$	0,77**	$y=2,11+0,003x$	0,90*
P-SQ-T	$y=2,54+0,004x$	0,48*	$y=2,05+0,003x$	0,92*
SP-Q-F	$y=1,97+0,005x$	0,85***	$y=2,10+0,004x$	0,91*
SP-Q-T	$y=1,87+0,005x$	0,75**	$y=1,28+0,006x$	0,90**
SP-SQ-F	$y=2,65+0,003x$	0,78**	$y=2,43+0,002x$	0,97**
SP-SQ-T	$y=3,25+0,003x$	0,62*	$y=2,71+0,003x$	0,88

dds = días después de la siembra

P= Pastoreo

SP = Sin pastoreo

Y = Rendimiento (ton/ha)

***, **, * = Probabilidad al 1, 5 y 10%

Q = Quema

SQ = Sin quema

X = Precipitación o agua almacenada (mm)

F = Frijol

T = Terciopelo

Esa asociación es corroborada, por la alta relación encontrada entre el volumen de agua almacenada y el rendimiento en el período de 30-90 días después de la siembra (antesis-floración-llenado de grano), encontrándose una menor relación en los sistemas P-Q-T y SP-SQ-T, (cuadro 4) Estos resultados indican que independientemente del sistema de producción estudiado, es muy importante que el suelo cuente con buena humedad en las etapas más críticas del cultivo (antesis-floración-llenado de grano). La tendencia observada indica que entre mayor sea el volumen de agua almacenada en el perfil del suelo, mayor es el rendimiento, siendo favorecidos por ese efecto los sistemas de producción que tuvieron cobertura de residuos de cosecha y terciopelo. Ello les permitió tener un menor volumen de agua escurrida y a su vez una mayor capacidad de almacenamiento que se reflejó en un mayor rendimiento en los sistemas P-SQ-F, P-SQ-T y SP-SQ-T

4.1.2 Precipitación y su efecto sobre la pérdida de suelo

La precipitación junto con el viento son los principales agentes ambientales que causan la erosión de los suelos. En los trópicos se ha considerado a la lluvia como la principal causa de la erosión de los suelos, debido a la cantidad que cae así como a la intensidad que esta ocurre (tormentas). En la región de La Fraylesca llueve anualmente 1200 mm en un período de seis meses. En los meses de junio y julio se concentra alrededor del 40% del total de la precipitación, es en estos meses en los que la mayoría de los suelos se encuentran desnudos sin ninguna protección de cobertura salvo la del cultivo cuando este se desarrolla, lo que provoca la pérdida de la mayor cantidad de suelo

En el Cuadro 5 y Figuras 6 y 7, se presentan los datos del volumen de agua escurrido (mm/año) y la cantidad de suelo perdido (ton/ha/año) en cada uno de los sistemas de producción estudiados para los años de 1986 a 1991. Los datos muestran que donde se obtuvieron los mayores volúmenes de agua escurrido ocurrieron las mayores pérdidas de suelo. Un análisis de regresión y correlación realizado entre estas dos variables mostró para todos los años un alto grado de asociación ($r > 0,90$), lo cual indica que entre mayor volumen de agua se escurrió, se perdió la mayor cantidad de suelo

Cuadro 5 Volumen escurrido de agua (mm/año) y pérdida de suelo (ton/ha/año) en los diferentes Sistemas de Producción en La Fraylesca, Chiapas 1996.

Sist.	1986		1987		1988		1989		1991		X	
	V.Esc	P.Sue										
P-Q-F	4714	35,3	5709	37,0	3485	38,5	3258	9,6	4055	49,7	4244,	34,0
P-Q-T	4808	27,2	5593	24,3	3292	14,1	2203	2,9	3032	24,2	3785,	18,5
P-SQ-F	827	1,1	914	0,4	589	0,1	795	0,2	1292	5,6	883,3	1,5
P-SQ-T	757	1,0	782	0,6	471	0,1	744	0,6	1143	6,0	779,5	1,7
S-PQ-F	3911	20,8	4229	16,4	2929	15,5	3226	9,0	2531	31,6	3365,	18,7
S-PQ-T	2348	6,6	2793	16,0	3527	20,3	3221	12,1	2674	21,8	2913,	15,4
SP-SQ-F	679	1,0	893	0,5	484	0,3	736	0,5	1422	4,6	842,9	1,4
SP-SQ-T	983	1,9	696	0,3	514	0,9	645	0,6	1380	3,9	843,5	1,5

P= Pastoreo

SP= Sin pastoreo

Q= Quema

SQ= Sin quema

F= Frijol

T= Terciopelo

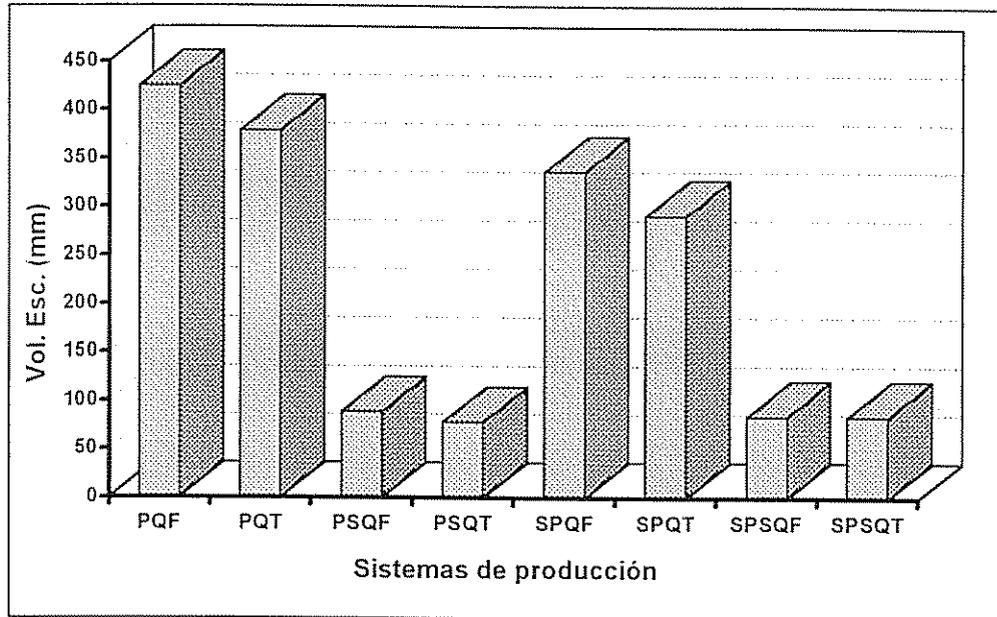


Figura 6 Volumen de agua escurrido por sistema de producción en terrenos de ladera. La Fraylesca, Chiapas, México.

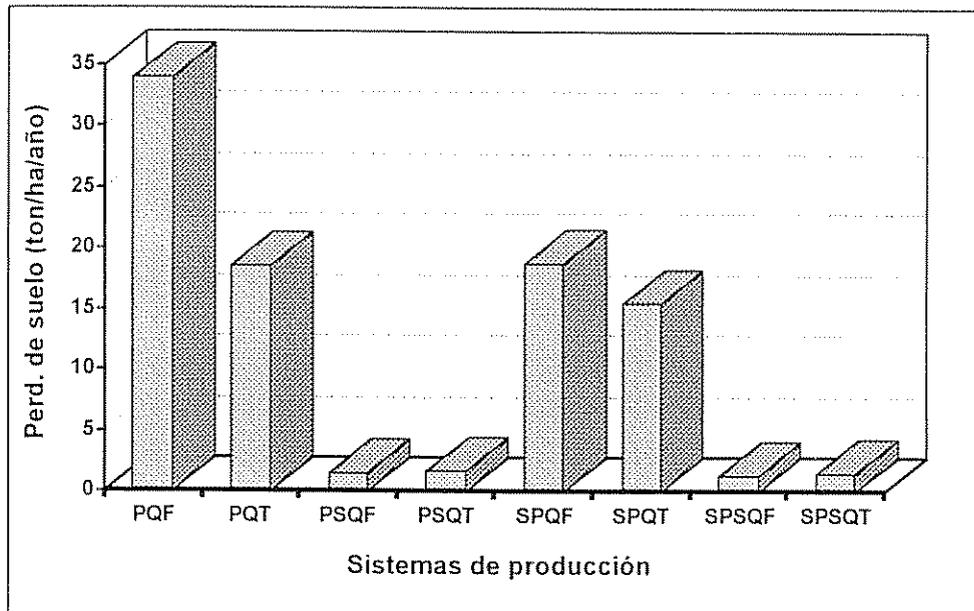


Figura 7 Pérdidas de suelo por sistema de producción en terrenos de ladera. La Fraylesca, Chiapas, México.

En cuanto al efecto en la reducción de la pérdida de suelo, los logros más importantes lo tuvieron los sistemas de producción que incluyeron dentro de su manejo, la no quema de residuos de cosecha (P-SQ-F, P-SQ-T, SP-SQ-F, SP-SQ-T), con pérdidas entre 1,4 a 1,7 ton/ha/año. Esas pérdidas equivalen a una reducción del 96% en relación a las obtenidas por el sistema tradicional, quien presentó en promedio las mayores pérdidas durante los cinco años de medición (34 ton/ha/año). Por su parte, el sistema SP-Q-T tuvo pérdidas de 15,4 ton/ha/año, lo que equivale a una reducción del 55%, mientras que los sistemas P-Q-T y SP-Q-F las pérdidas fueron de 18,5 ton/ha/año, siendo una reducción del 46%.

El buen efecto manifestado por los sistemas P-SQ-F, P-SQ-T, SP-SQ-F y SP-SQ-T se atribuye principalmente, a la práctica de dejar los residuos de cosecha sobre el suelo, los cuales redujeron la velocidad de impacto de las gotas de lluvia y la velocidad del flujo superficial, logrando con ello un menor salpicamiento del suelo y en consecuencia un menor arrastre de partículas. Los posibles efectos por parte de las prácticas, no pastoreo de ganado y la siembra del terciopelo como cobertura fueron enmascarados por la no quema de residuos, pues el sistema P-SQ-F logró reducir las mismas cantidades de suelo que las obtenidas por los otros tres sistemas.

Con relación al efecto benéfico de las prácticas, de no pastorear el ganado y la siembra en relevo del terciopelo, dentro del manejo de los sistemas que llevaron quema de residuos, se puede atribuir a los siguientes efectos: en la primera práctica, a la no alteración de las características físicas del suelo al evitar el pisoteo del ganado. Se observó que el ganado, al pastorear, por un lado, destruye los agregados en la superficie del suelo, y por otro, también llega a compactarlo a estratos subsuperficiales (según Burgos, 1987 el ganado ejerce con su pisada una presión de hasta 2,5 kg/cm²). Los datos de análisis de suelo confirman esta situación, donde se pastoreó la Densidad aparente registrada fue en promedio de 1,58 gr/cm³, mientras que donde no se pastoreo fue de 1,49 gr/cm³.

Por su parte, la práctica de sembrar el terciopelo en relevo de maíz, contribuyó a través de sus raíces a la formación de agregados más estables a la

erosión, así como también propiciar una mayor cobertura por parte del follaje de maíz en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Estos resultados fueron relativamente similares a los reportados por Lal (1976b).

4.2 Pérdida de suelo y su efecto sobre el rendimiento

Con la finalidad de determinar el efecto que ha tenido la pérdida de suelo sobre el rendimiento, se realizaron análisis de regresión simple entre estas dos variables, por año y acumulando las pérdidas entre años. Los resultados obtenidos reportaron relación ($r^2 = 0,71$) entre estas dos variables únicamente para el año 1991, tanto a la pérdida por año, como a la pérdida acumulada durante los seis años con el rendimiento de maíz obtenido en el ciclo 1991. Los datos en ambos casos se ajustaron a un modelo lineal

$$Y = 2,8946 - 0,02287 (PS)$$

$$Y = 2,8366 - 0,00628 (PSA)$$

donde

Y = rendimiento de maíz (ton/ha)

PS = pérdidas de suelo (ton/ha/año)

PSA = pérdidas de suelo acumuladas (ton/ha/año)

En las Figuras 8 y 9 que muestra gráficamente los valores de la ecuación ajustada, se puede notar una clara tendencia del efecto negativo de la erosión sobre el rendimiento de maíz. La tendencia del efecto de la erosión en ambos casos (pérdida por año y acumulada) en la reducción del rendimiento, se puede interpretar como lógica: a medida que se incrementaron las pérdidas de suelo por erosión hídrica, los rendimientos de maíz tendieron a disminuirse.

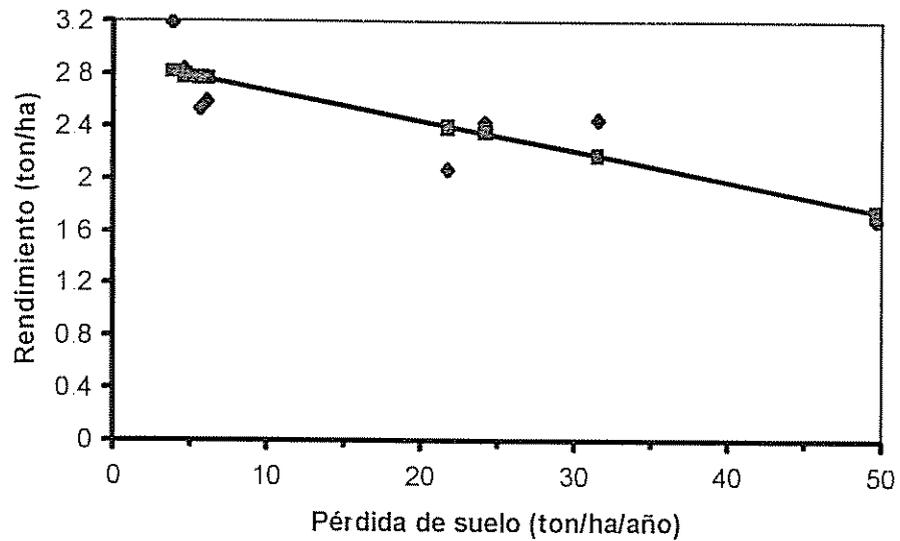


Figura 8. Relación entre rendimiento de maíz con la pérdida de suelo en el ciclo 1991. La Fraylesca, Chiapas 1996.

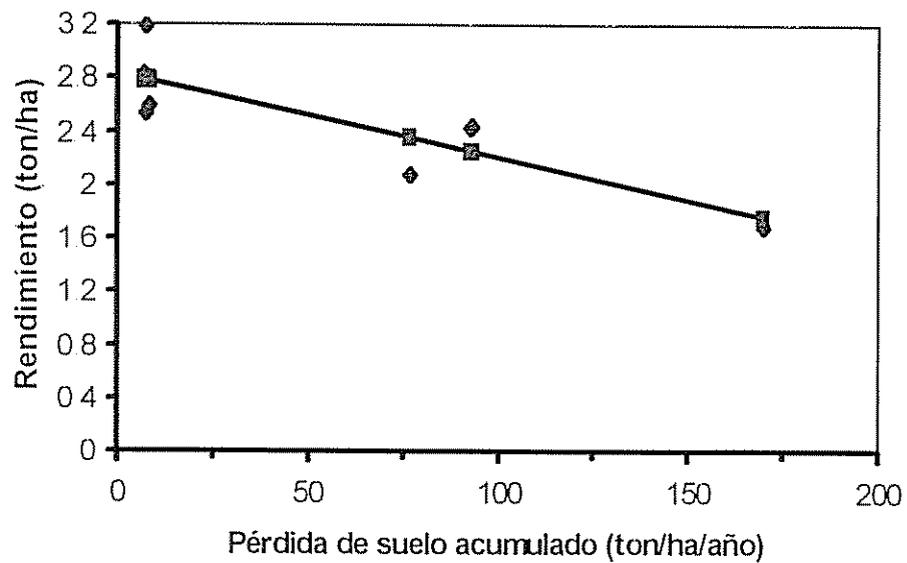


Figura 9. Relación entre rendimiento de maíz con la pérdida de suelo acumulada en La Fraylesca, Chiapas. 1996.

Con base en estos resultados podemos decir que el efecto de la erosión en el rendimiento de maíz, estuvo muy relacionada con la sequía crítica ocurrida durante 1991, la cual afectó el rendimiento en todos los sistemas de producción, siendo más marcada esa diferencia en los sistemas que incluyeron dentro de su manejo la práctica de quemar los residuos de cosecha, coincidiendo estos con las mayores pérdidas de suelo. Los sistemas de producción donde no se quemaron los residuos, tuvieron un menor volumen de agua escurrida y una mayor infiltración, efecto que les permitió tener una menor pérdida de suelo, así como una mayor disponibilidad de humedad para el cultivo lo cual les permitió obtener un mayor rendimiento.

Estos resultados nos llevan a inferir que la pérdida de suelo acumulada durante los seis años de medición (1986 a 1991), afectó la productividad del cultivo, a pesar de contar el suelo con una adecuada fertilidad. En este sentido, con datos de cinco años consecutivos de experimentación, mediante análisis de regresión lineal simple Lal (1988c) encontró que el rendimiento de maíz disminuía exponencialmente con el aumento de la erosión del suelo acumulada. La ecuación de regresión que definió para condiciones de un suelo Alfisol con 15% de pendiente fue la siguiente:

$$Y = 8,36 \exp(-0,004X)$$

donde

Y= rendimiento de maíz (ton/ha)

X= erosión del suelo acumulada (ton/ha)

con un coeficiente de correlación (r) de -0,86

Así mismo, el mismo autor en 1981b encontró en un suelo Alfisol de Nigeria, que la erosión afectó negativamente algunas propiedades del suelo que se relacionaron, a la vez, con el rendimiento de maíz y chícharo de vaca. Mediante análisis de correlación lineal, reportó que las propiedades físicas y

químicas, determinadas en muestras de suelo tomadas de 10 cm de profundidad, que se relacionaron más estrechamente con la pérdida de suelo fueron los contenidos de materia orgánica, N total y P, el pH y la porosidad total con coeficientes de correlación (r) de -0,71, -0,60, -0,77, -0,62 y -0,92, respectivamente.

4.3 Cambio de las características físicas y químicas del suelo a través del tiempo.

Conocer la dinámica de los nutrientes en el suelo, requiere de estudios específicos ya que son muchos los factores que intervienen dentro del proceso de mineralización de cada uno de ellos. En este estudio, la información disponible solamente permite conocer cual ha sido la tendencia de los cambios ocurridos en el suelo, por parte de los principales nutrientes. En primer lugar, se analiza y discute de manera muy general lo ocurrido con estos nutrientes en el sistema de producción testigo (con pastoreo de ganado, con quema de residuos y frijol) para el periodo 1978-1991, a partir del año que se cortó el bosque. En segundo lugar se analiza y discute cual ha sido la tendencia de esos nutrientes en los ocho sistemas de producción evaluados durante los 10 años de establecidos (1985-1994).

En el cuadro 6, se presentan los resultados de los análisis físico y químicos de suelo de los sistemas de producción los cuales fueron realizados en los ciclos agrícolas de 1978, 1985, 1991 y 1994. Se puede observar que tan solo en 14 años de manejarse el sistema de producción maíz-frijol con pastoreo (testigo) se tuvo una disminución del 58, 56, 58, 61, 60 y 25%, en M O , N total, Ca, Mg, CIC y pH respectivamente con respecto a las cantidades que prevalecían cuando se cortó el bosque. Solamente el P y el K aumentaron en 106 y 26% respectivamente. Como se puede ver, la disminución fue más del 50% en la mayoría de los principales nutrientes. Datos disponibles en 1985 para M O y N total permiten cuantificar que la disminución mayor ocurrió en un tiempo mucho más corto ya que en tan solo siete años de cultivo estos nutrientes tuvieron una disminución del 47 y 53% respectivamente.

Cuadro 6. Características físicas y químicas de los sistemas de producción bajo condiciones de ladera en La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.

Sistema Produc.	pH	M.O. (%)	N tot (%)	P (ppm)	meq/100gr				Da (g/cm ³)	Aren	Limo (%)		Arc
					K	Ca	Mg	CIC					
<u>1978</u> Bosque	6,8	8,3	0,36	6,6	0,38	14,5	2,75	24,7	-	48,0	29,2	22,8	
<u>1985</u> Todos	-	4,4	0,17	10,7	-	-	-	-	-	-	-	-	
<u>1991</u> P-Q-F	5,1	3,5	0,16	13,6	0,48	6,05	1,06	9,9	1,58	40,8	21,8	32,4	
P-Q-T	5,3	3,7	0,18	13,9	0,43	6,67	1,38	10,5	1,51	42,0	26,6	31,4	
P-SQ-F	5,2	3,6	0,17	19,7	0,55	5,74	1,19	10,2	1,57	40,6	29,2	30,2	
P-SQ-T	5,1	4,6	0,22	25,1	0,64	5,74	1,78	11,5	1,51	40,4	29,2	30,4	
S-PQ-F	5,3	3,7	0,18	9,9	0,48	4,51	1,09	12,7	1,55	47,8	24,8	27,4	
S-PQ-T	5,1	3,7	0,18	20,1	0,48	4,85	1,42	12,4	1,51	48,6	24,0	27,4	
S-P-SQ-F	5,3	3,8	0,18	12,3	0,59	4,68	0,76	13,4	1,48	48,8	23,8	27,4	
S-P-SQ-T	5,2	4,8	0,23	18,6	0,55	5,05	1,02	13,6	1,49	48,8	24,8	26,4	
<u>1994</u> P-Q-F	5,4	3,5	0,18	12,6	0,51	8,51	1,44	14,5	1,63	51,7	23,2	25,1	
P-Q-T	5,3	3,5	0,17	12,1	0,41	9,11	1,44	15,3	1,55	51,7	21,9	26,4	
P-SQ-F	5,6	4,9	0,22	14,9	0,61	7,81	1,53	14,9	1,57	53,1	24,5	22,4	
P-SQ-T	5,4	4,3	0,20	14,8	0,50	7,98	1,49	14,6	1,55	53,7	23,9	22,4	
SP-Q-F	5,6	3,7	0,17	12,6	0,62	8,15	1,22	13,6	1,54	54,5	22,7	22,8	
SP-Q-T	5,0	3,3	0,16	13,4	0,42	6,74	1,09	13,3	1,50	55,9	22,5	21,6	
SP-SQ-F	5,7	4,2	0,19	11,7	0,63	7,29	1,35	13,0	1,50	57,6	20,7	21,7	
SP-SQ-T	5,4	4,9	0,23	11,5	0,57	7,38	1,24	13,8	1,40	56,1	22,5	21,3	

P= Pastoreo
SP= Sin pastoreo

Q= Quema
SQ= Sin quema

F= Frijol
T= Terciopelo

Esto es grave si consideramos que la mayoría de las tierras de ladera en la zona tienen más de 20 años dedicados continuamente a la agricultura, lo cual nos da una idea del riesgo que se corre en cuanto a la pérdida de fertilidad en esos suelos.

En lo que respecta a los cambios ocurridos en cada uno de los sistemas de producción, se puede observar en el mismo Cuadro 6, que de 1985 a 1991 y de 1991 a 1994, los cambios más importantes se dieron en la M.O., N total y P, (Figuras 10, 11, 12 y 13). Los demás nutrientes no presentaron cambios importantes que pudieran relacionarse con su efecto en los componentes estudiados. Para materia orgánica; durante el periodo de 1985 a 1991 en los sistemas de producción P-SQ-T y SP-SQ-T se lograron mantener e inclusive aumentar ligeramente en 4 y 9% respectivamente, el nivel de materia orgánica (4,4%) que presentaba al inicio del experimento. En todos los demás sistemas se tuvo una disminución promedio del 17%, aunque en el sistema P-Q-F (testigo) fue mayor la disminución con un 20%.

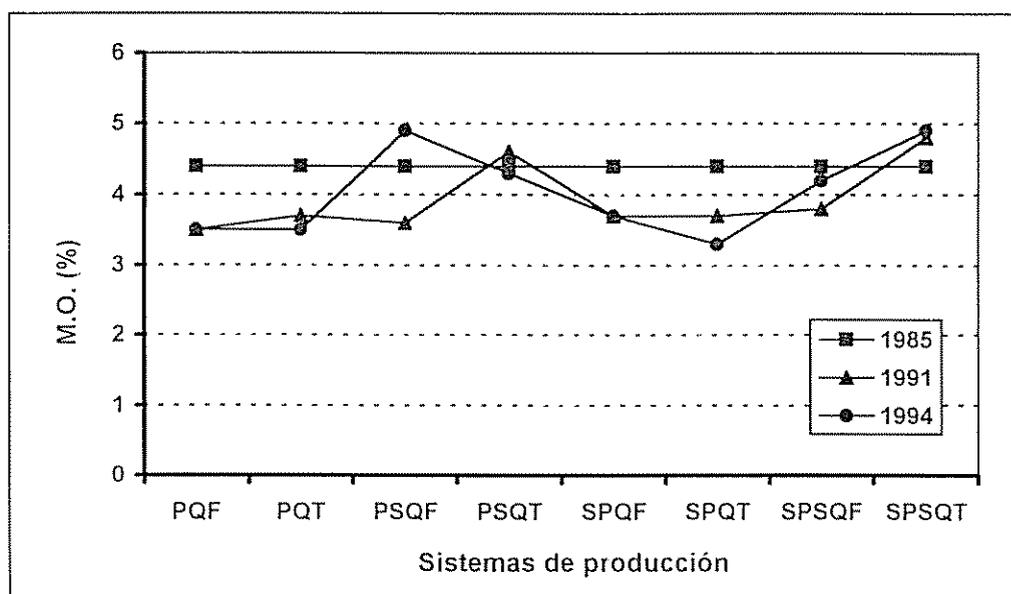


Figura 10. Comportamiento de la Materia Orgánica del suelo en el tiempo en los sistemas de producción La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.

Para el periodo de 1991 a 1994, los sistemas P-SQ-F y SP-SQ-F tuvieron incrementos del 36 y 11% respectivamente, con lo cual lograron recuperar su nivel inicial al de 1985 y con ello situarse junto con los sistemas P-SQ-T y SP-SQ-T como los cuatro sistemas de producción que en termino de siete a 10 años han logrado alcanzar y mantener e inclusive aumentar ligeramente el nivel inicial de 4,4% de materia orgánica. Los sistemas P-Q-F y SP-Q-F mantuvieron su mismo nivel (3,5 y 3,7% respectivamente), mientras que los sistemas P-Q-T y SP-Q-T continuaron disminuyendo ligeramente en 5 y 11% respectivamente en referencia al nivel de 1991.

El incremento alcanzado en los cuatro sistemas de producción, se atribuye principalmente al efecto de no quemar los residuos de cosecha, los cuales al acumularse cada año e irse descomponiendo aportaron principalmente materia orgánica, manifestándose los primeros efectos a partir de los siete años de no quemar. Lo anterior se corrobora al promediar los sistemas de producción que incluyeron quema de los residuos dentro de su manejo contra el promedio de los que no lo incluyeron. En 1991 el valor promedio de M.O. para los que no incluyeron quema fue de 4,18 contra 3,69% de los que sí incluyeron siendo un incremento del 13%, mientras que para 1994 fue de 4,56 contra 3,54% siendo el incremento del 29%. Los resultados indican (Figura 11), una tendencia de disminuir el nivel de M.O. donde se quema, mientras que donde no se quema la tendencia es la de aumentar.

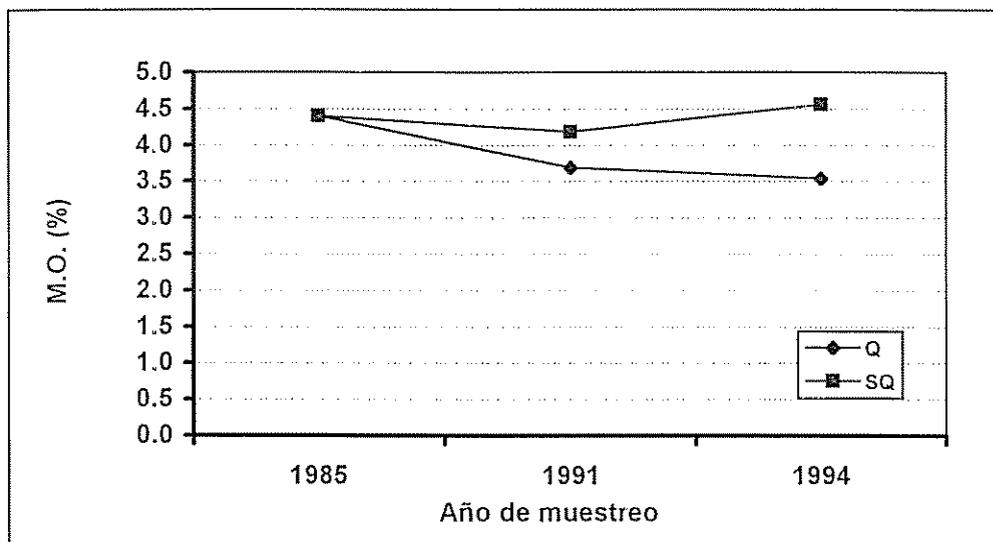


Figura 11. Cambios de la materia orgánica en los sistemas de producción con y sin quema de residuos La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.

En cuanto al nitrógeno total (Figura 12), la mayoría de los sistemas de producción han mantenido su nivel inicial, con excepción de los sistemas PSQF, PSQT y SPSQT en los cuales se observó un incremento en promedio de 31% con respecto a su nivel inicial. Estos cambios fueron bastante similares a los ocurridos con la M.O., esta similitud se debe a que el nitrógeno está muy relacionado con la materia orgánica, ya que esta es el constituyente del suelo que más aporta nitrógeno disponible para las plantas.

Con respecto al aumento en la cantidad de P de 1978 a 1991 y luego la disminución de 1991 a 1994 (Cuadro 6), eso es explicable; en el primer caso, la aplicación cada año de fertilizante fosfatado realizada por el agricultor al cultivo de maíz (60 kg P/ha), fue acumulándose hasta formar una reserva importante de este elemento en el suelo. Sin embargo, a partir de 1989 año en que el agricultor dejó de aplicarlo debido a los altos costos del fertilizante, provocó la disminución de este elemento en el suelo causando el agotamiento de la reserva acumulada.

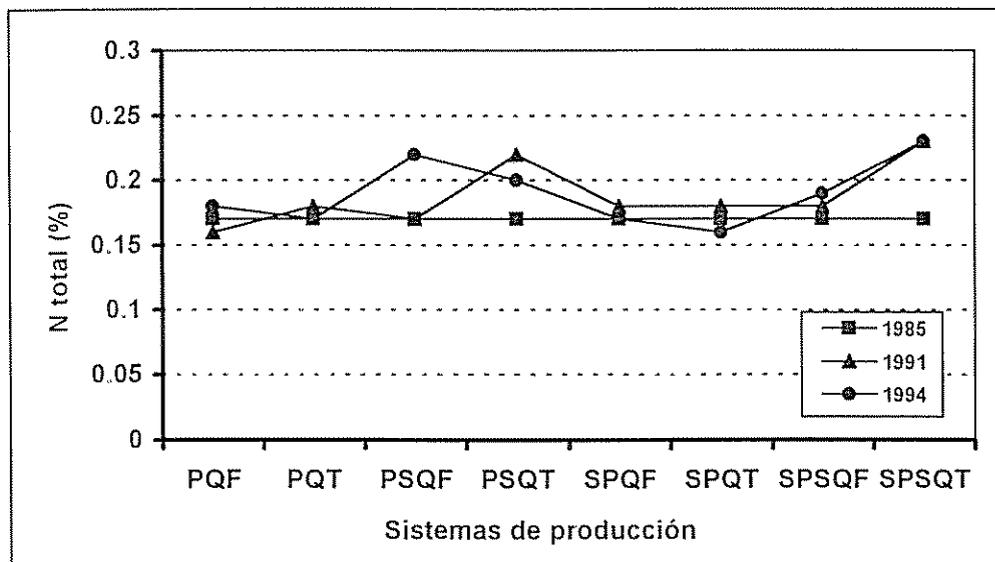


Figura 12. Comportamiento en el tiempo del Nitrógeno total en los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.

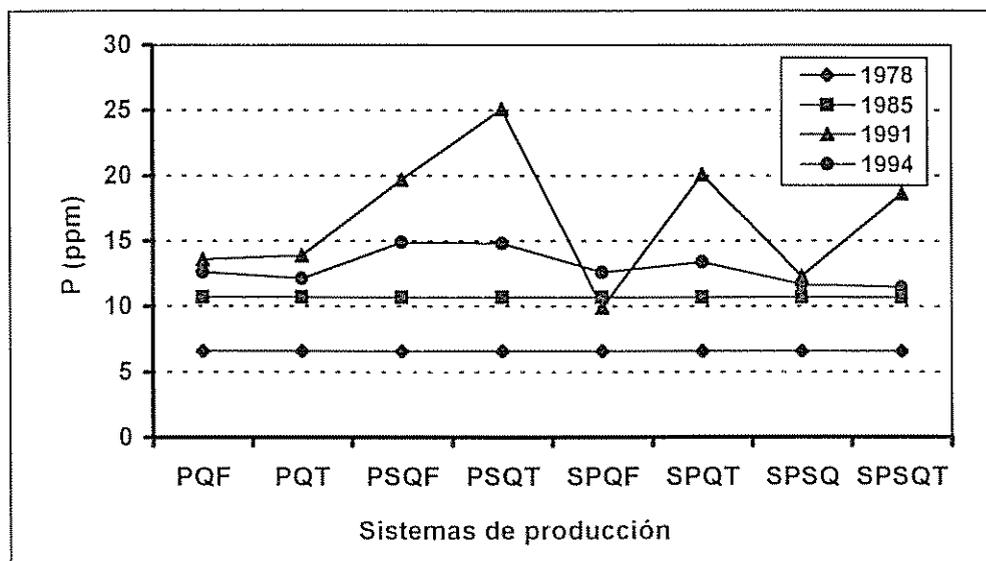


Figura 13. Comportamiento en el tiempo del fósforo en los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.

En lo que se refiere a los cambios ocurridos con las pocas características físicas analizadas, solamente densidad aparente (D_a) presentó ligeros cambios. Los datos solo permiten detectar tanto para 1991 como para 1994, una tendencia a disminuir muy ligeramente la D_a , a favor de los sistemas de producción que no incluyeron en su manejo el pastoreo de ganado (Figura 14). Así mismo, al comparar los sistemas evaluados contra el testigo, estos presentaron una D_a ligeramente menor, correspondiendo al sistema SPSQT el que obtuvo la mayor disminución tanto en 1991 como en 1994 con un 6 y 14% respectivamente.

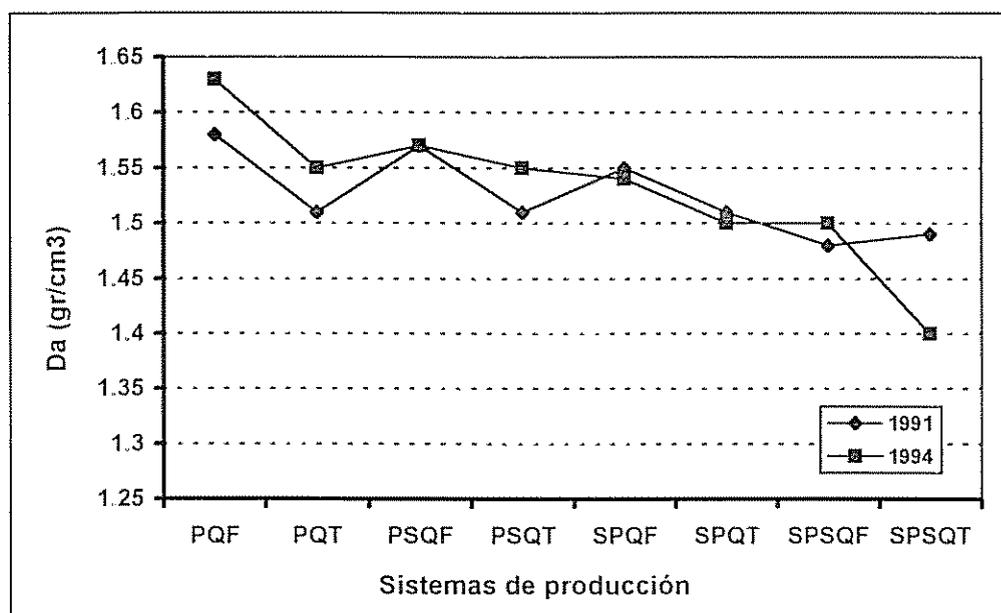


Figura 14 Comportamiento en el tiempo de la densidad aparente en los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.

Por otro lado, al analizar el cambio ocurrido de 1991 a 1994 se puede observar en la figura 15, que la tendencia fue la de aumentar ligeramente la D_a para los sistemas que llevaron pastoreo, mientras que donde no pastoreo el ganado, la tendencia fue la de disminuir ligeramente. Los cambios ocurridos aunque mínimos, resultan lógicos, ya que manifiestan de alguna manera cierta compactación del suelo debido al pisoteo del ganado. Lo anterior coincide con lo planteado por Echeverrest (1985) en el sentido de que altos valores de D_a .

reporta compactación de los suelos. Así mismo Sánchez (1985), reportó que muchas de las pasturas degradadas de Australia están severamente compactadas por efecto del pisoteo de los animales

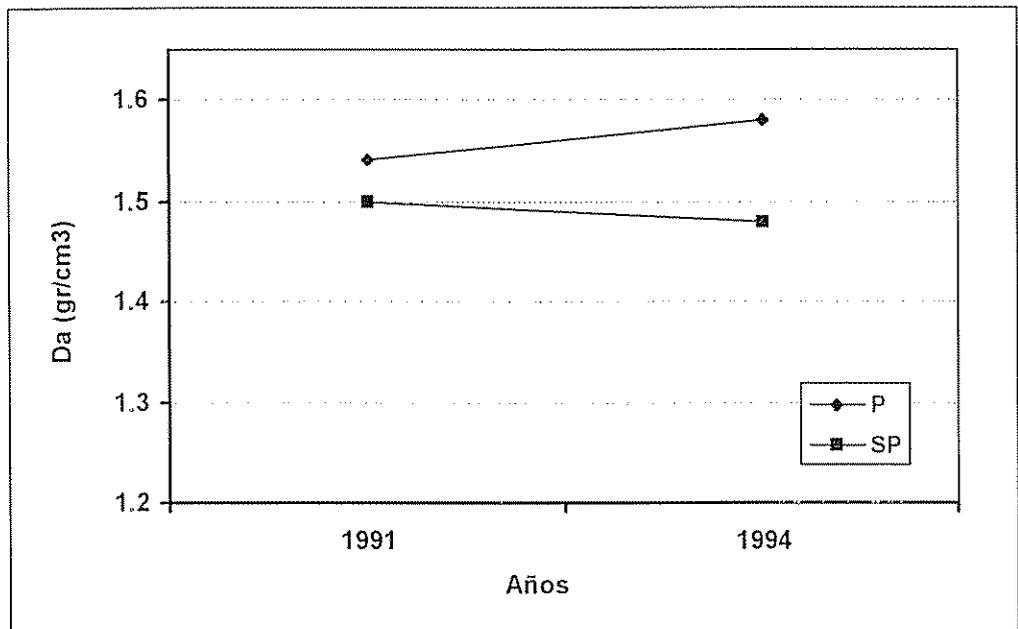


Figura 15 Cambios de la Da (gr/cm^3) en los sistemas de producción con y sin pastoreo. La Fraylesca, Chiapas, México

Estos resultados son importantes considerando las condiciones en las que se maneja el factor pastoreo: una baja carga animal (2,0 cabezas por hectárea) y poco tiempo de pastoreo (tres meses). Bajo un manejo del pastoreo más intenso (mayor carga animal, mayor tiempo) es muy probable que estos resultados pudieran haberse manifestado más claramente

4.4 Algunas características del suelo y su efecto sobre el rendimiento de maíz

Como se mencionó anteriormente, la influencia de los cambios ocurridos en algunas de las características del suelo, de alguna manera debió manifestarse en el desarrollo del cultivo y, desde luego, su rendimiento. Con el fin de determinar la magnitud de la influencia de las características físicas y químicas del suelo sobre el rendimiento de maíz, se realizaron análisis de correlación lineal con los datos de 1991 y 1994 para definir el grado de asociación entre estas variables.

Las ecuaciones de regresión lineal que resultaron del análisis se muestran en el Cuadro 7. Como puede notarse, para 1991 las características del suelo que más se asociaron con el rendimiento de maíz fueron los contenidos de M.O. y N total, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la Densidad aparente (Da) con coeficientes de correlación de 0,70, 0,72, 0,64 y -0,66, respectivamente. Mientras que para 1994, fueron M.O. y N total con 0,74, 0,70, respectivamente. La tendencia general muestra que a medida que se incrementaron el contenido de M.O. y la CIC el rendimiento de maíz se aumentó. Así mismo, se observa que la densidad aparente se asoció negativamente con el rendimiento del cultivo.

Las asociaciones encontradas entre M.O. y N total con el rendimiento de maíz confirman los resultados obtenidos anteriormente respecto a las características de suelo que mayor nivel presentaron en los sistemas de producción evaluados. Respecto las otras dos asociaciones (CIC y Da), es muy posible que se manifestaran debido a las condiciones críticas de sequía que se presentaron en ese año, ya que los cambios ocurridos en el suelo a través del tiempo con estas dos características no fue lo suficiente importante para que se manifestara en el rendimiento.

Cuadro 7. Coeficiente de correlación lineal (r) y ecuaciones de regresión entre rendimiento de maíz con características físicas y químicas del suelo en ladera. La Fraylesca, Chiapas 1994.

Variable Independiente (x)	1991		1994	
	Ecuación de regresión	Coef. de Correl. (r)	Ecuación de regresión	Coef. de Correl. (r)
Ph	$Y = -9,16 + 2,237x$	0,46	$Y = 3,38 + 0,169x$	0,14
MO (%)	$Y = -0,05 + 0,642x$	0,70	$Y = 3,08 + 0,303x$	0,74
N total (%)	$Y = -0,02 + 13,322x$	0,72	$Y = 2,76 + 8,120x$	0,78
P (ppm)	$Y = 2,25 + 0,013x$	0,15	$Y = 3,85 + 0,035x$	0,17
K (me/100gr)	$Y = 0,69 + 3,391x$	0,52	$Y = 4,23 + 0,123x$	0,04
Ca (me/100gr)	$Y = 3,50 - 0,191x$	-0,32	$Y = 4,21 + 0,012x$	0,03
Mg (me/100gr)	$Y = 2,83 - 0,297x$	-0,30	$Y = 3,16 + 0,846x$	0,50
CIC (me/100gr)	$Y = 0,11 + 0,200x$	0,64	$Y = 2,62 + 0,119x$	0,38
Da (gr/cm ³)	$Y = 14,68 - 8,005x$	-0,66	$Y = 6,46 - 1,412x$	-0,36
Arena (%)	$Y = 0,50 + 0,044x$	0,40	$Y = 4,20 + 0,002x$	0,02
Limo (%)	$Y = 0,89 + 0,062x$	0,36	$Y = 3,20 + 0,048x$	0,22
Arcilla (%)	$Y = 6,01 - 0,121x$	-0,60	$Y = 4,85 - 0,024x$	-0,17

4.5 Rendimientos de maíz y su comportamiento en el tiempo.

El Cuadro 8 y la Figura 16, muestran el comportamiento de los rendimientos en grano de maíz al 15% de humedad de los sistemas de producción evaluados en los nueve años de estudio. Con estos rendimientos, se realizó análisis de varianza por ciclo de cultivo, para conocer la respuesta de cada uno de los factores estudiados así como sus interacciones. Los resultados del análisis se muestran en el Cuadro 1 del Apéndice.

El análisis detectó diferencias significativas para quema de residuos únicamente en el año 1991 y para la siembra de frijol terciopelo como cobertura vegetal en 1990 y 1994. Para la interacción pastoreo-quema en 1989 y para la interacción pastoreo-quema-terciopelo (sistema de producción) únicamente en

tres de los nueve años (1986, 1987 y 1989). Como se puede apreciar los resultados no presentaron una consistencia de los efectos principales durante los nueve años de estudio, así como tampoco detectó los efectos acumulativos aportados por los factores evaluados.

Cuadro 8 Rendimientos medios de maíz (Kg/ha) por sistema de producción en los años 1985-1994 La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.

Sistema de Producción	Años									X
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1993	1994	
P-Q-F	4812	4201	2953	4057	3960	3264	1695	3334	4095	3597
P-Q-T	5022	4574	3896	4243	4869	3765	2429	3415	4365	4064
P-SQ-F	4683	4373	3707	3733	4202	3575	2535	3131	4414	3817
P-SQ-T	4796	3981	3316	3805	4108	4344	2592	3267	4644	3873
SP-Q-F	4575	3831	3366	3807	3855	3286	2445	2730	3950	3538
SP-Q-T	4485	3928	2732	4024	3705	4212	2075	3094	4020	3586
SP-SQ-F	4534	3840	3395	3832	3856	4020	2830	3334	4295	3771
SP-SQ-T	4767	4762	3662	4246	4541	4492	3185	4176	4618	4272
X	4709	4186	3378	3968	4137	3870	2473	3310	4300	3815

P= Pastoreo

Q= Quema

F= Frijol

SP= Sin pastoreo

SQ= Sin quema

T= Terciopelo

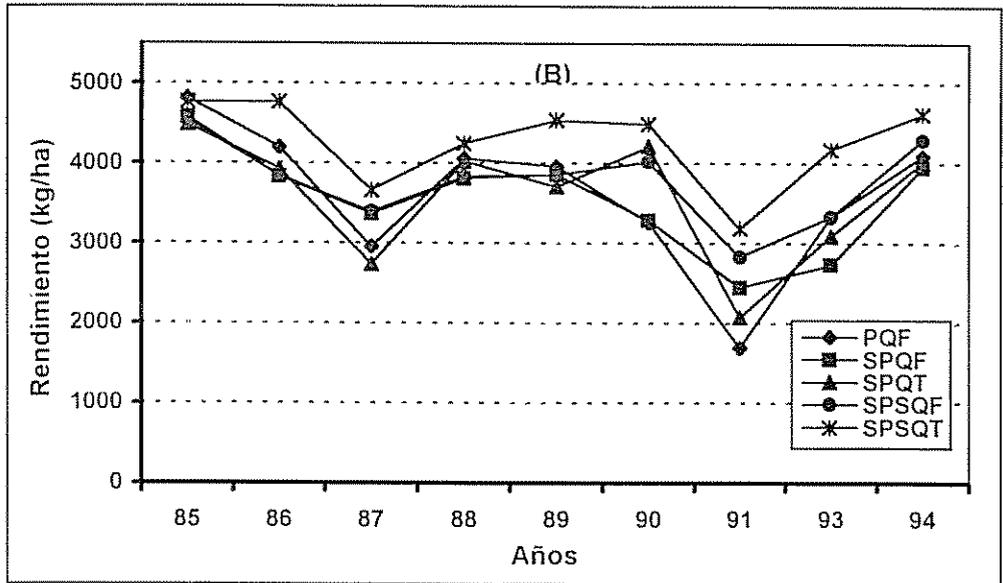
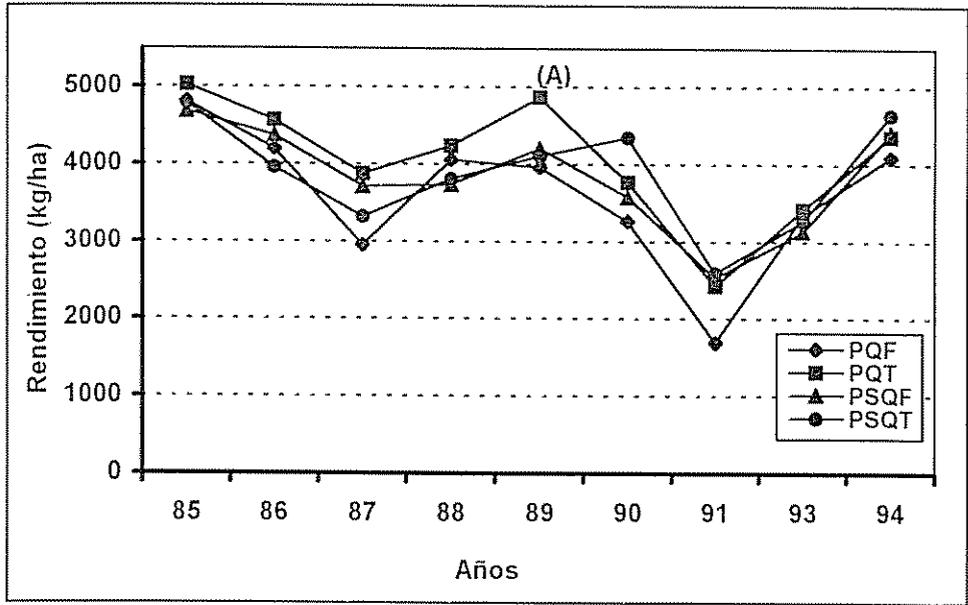


Figura 16 Comportamiento del rendimiento de maíz (kg/ha) a través del tiempo en los sistemas de producción con (A) y sin (B) pastoreo La Fraylesca, Chis, Méx 1996.

Con la finalidad de encontrar alguna consistencia y detectar los efectos acumulativos, se decidió acumular los rendimientos entre años sucesivos (Cuadro 9 y Figura 17), y con los promedios se realizaron análisis de varianza en forma conjunta o combinada (promedio de dos ciclos; 1985 y 1986, promedio de tres ciclos; 1985, 1986 y 1987, ... promedio de nueve ciclos; 1985 a 1994). En el Cuadro 2 del Apéndice se presenta los resultados de los análisis de varianza en forma combinada o conjunta. El análisis detectó diferencias altamente significativas para años, para los efectos principales de quema de residuos y la siembra de frijol terciopelo como cobertura vegetal, para la interacción pastoreo-quema y para la interacción pastoreo-quema-terciopelo (sistemas de producción)

Cuadro 9. Rendimiento medios acumulados de maíz (kg/ha) por sistema de producción los años 1985-1994. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996

Sistema de Producción	Años								
	85	85-86	85-87	85-88	85-89	85-90	85-91	85-93	85-94
P-Q-F	4812	4506	3989	4006	3996	3874	3563	3534	3597
P-Q-T	5022	4798	4498	4434	4521	4395	4114	4027	4064
P-SQ-F	4683	4528	4254	4124	4139	4045	3830	3742	3817
P-SQ-T	4796	4389	4031	3975	4001	4059	3849	3776	3873
SP-Q-F	4575	4203	3924	3895	3887	3787	3595	3487	3538
SP-Q-T	4485	4206	3715	3792	3775	3848	3594	3532	3586
SP-SQ-F	4534	4187	3923	3900	3891	3913	3758	3705	3771
SP-SQ-T	4767	4765	4397	4359	4396	4412	4237	4229	4272
X	4709	4448	4091	4061	4076	4042	3817	3754	3815

P= Pastoreo

Q= Quema

F= Frijol

SP= Sin pastoreo SQ= Sin quema T= Terciopelo

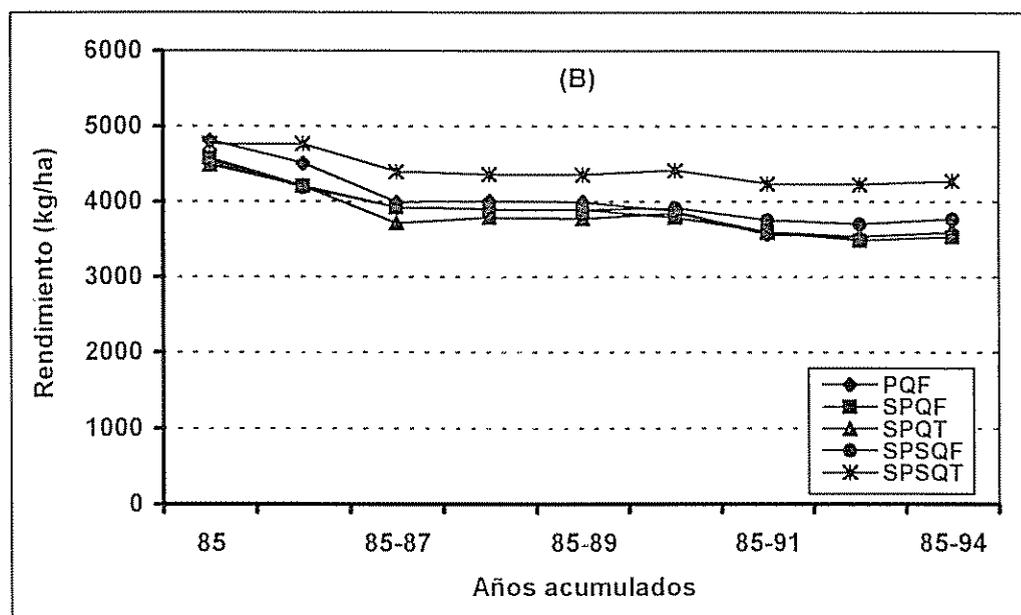
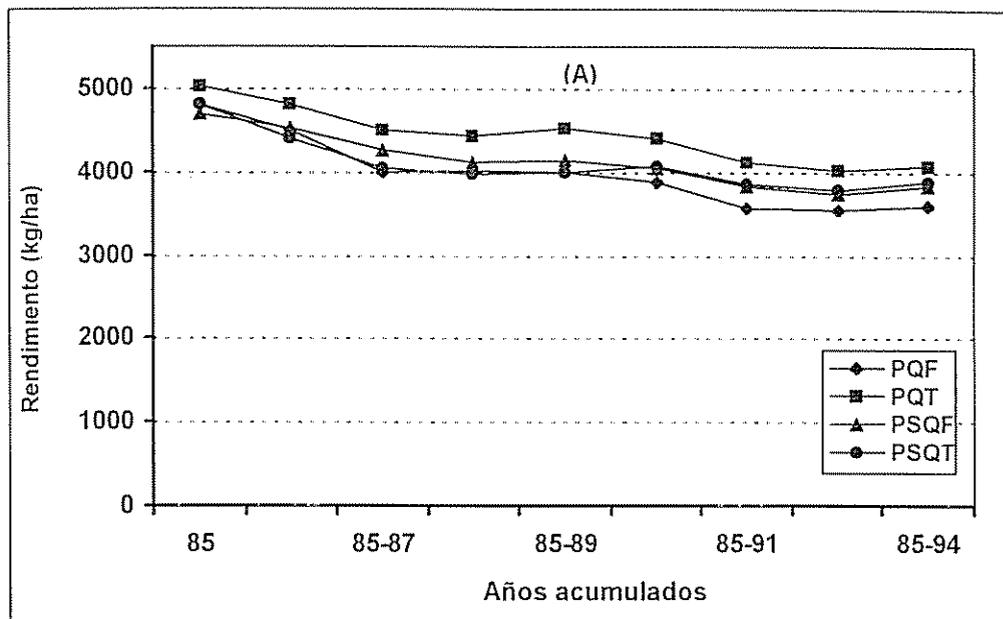


Figura 17. Comportamiento del rendimiento de maíz acumulado en los sistemas de producción con (A) y sin (B) pastoreo. La Fraylesca, Chiapas, México 1996

4.5.1 Efecto de años

De 1985 a 1994 se detectaron diferencias altamente significativas al efecto de años. Los mayores rendimientos se obtuvieron en 1985, siendo estadísticamente superior a los demás años, mientras que 1991 resultó ser estadísticamente inferior a todos. La variación observada en la respuesta del cultivo por cada sistema de producción en cada uno de los años, puede atribuirse a que los efectos de éstos se manifestaron en forma diferente debido a la influencia de factores no controlables de la producción.

Dentro de estos factores, la influencia de la variación climática, específicamente la cantidad y distribución de la precipitación pluvial en combinación con los factores evaluados influyó de manera importante en el efecto de los tratamientos dentro de cada ciclo. Lo anterior puede confirmarse si se observa el Cuadro 2 que la precipitación en los ciclos de 1987, 1990, 1991 y 1993 recibieron menos de 76 mm en la etapa de floración, siendo el ciclo 1991 el más crítico de todos.

No obstante, la variación climática presentada, se decidió incluir todos los años en los análisis combinado y considerar dicha variación como un factor más, pues a pesar de ser baja la probabilidad de que se presente una sequía severa como la de 1991, existe siempre el riesgo de presentarse precipitaciones irregulares, lo cual afecta de una u otra manera al rendimiento.

4.5.2 Efecto del pastoreo de bovinos

No se detectó diferencia estadística para pastoreo de ganado en ninguno de los análisis de varianza (individual y combinados). Los efectos obtenidos por el no pastoreo de ganado, tales como la disminución de las pérdidas de suelo y del escurrimiento superficial (Figuras 6 y 7), lo mismo que la ligera disminución en la densidad aparente, no fueron lo suficientemente importantes para manifestarse en el rendimiento de maíz. La poca influencia que estos factores han tenido en la producción es una de las razones por la cual no se detectaron diferencias estadísticas en los análisis.

4.5.3 Efecto de la quema de residuos de cosecha.

El análisis de varianza individual detectó diferencia significativa al efecto quema de residuos, únicamente en el año de 1991. Tal efecto se manifestó en un mayor rendimiento de maíz a favor del tratamiento donde no se quemó, obteniendo un incremento de 624 kg/ha. Mientras que el análisis combinado, detectó diferencia estadística en los últimos tres años (cuando ya se tiene un efecto residual acumulado de siete, ocho y nueve ciclos), siendo el incremento promedio acumulado de 201, 218 y 237 kg/ha respectivamente (Figura 18).

El efecto de no quemar los residuos de cosecha, se manifestó de dos formas; a corto y a mediano plazo. En el corto plazo, disminuyó en 78% el volumen de agua escurrida y aumentó en 66% la cantidad de agua almacenada, logrando con ello conservar el suelo, así como mayor humedad en el perfil. De esta manera, propició una mejor eficiencia en el aprovechamiento del agua de lluvia, en ciclos que se caracterizaron por una mala distribución de la precipitación especialmente el de 1991. Cabe señalar, que los ciclos agrícolas donde no faltó agua para el desarrollo del cultivo, el efecto sobre el rendimiento entre quemar y no quemar los residuos, no fue importante.

A mediano plazo, el efecto de no quemar los residuos se manifestó de forma muy importante, al incrementar y mantener (sostener) en más de 4% el nivel de materia orgánica. Dicha cantidad fue aportada por la descomposición paulatina de los residuos de cosecha, alcanzando a partir del séptimo año un incremento de materia orgánica del 13% y en el noveno año del 29% (Figura 11).

En ambos años la materia orgánica se asoció significativamente con el rendimiento. Resultados similares reporta Lal (1986b) en un suelo tropical con 8% de pendiente: el rendimiento de maíz bajo labranza cero y con cobertura de residuos fue de 3109 kg/ha, superior en un 22% al testigo sin cobertura. Las ventajas más importantes de las prácticas de manejo de residuos como cobertura superficial, son la conservación del suelo y agua y el mantenimiento de la fertilidad del suelo, con lo que se puede lograr una producción sostenida de los cultivos (Lal, 1986b).

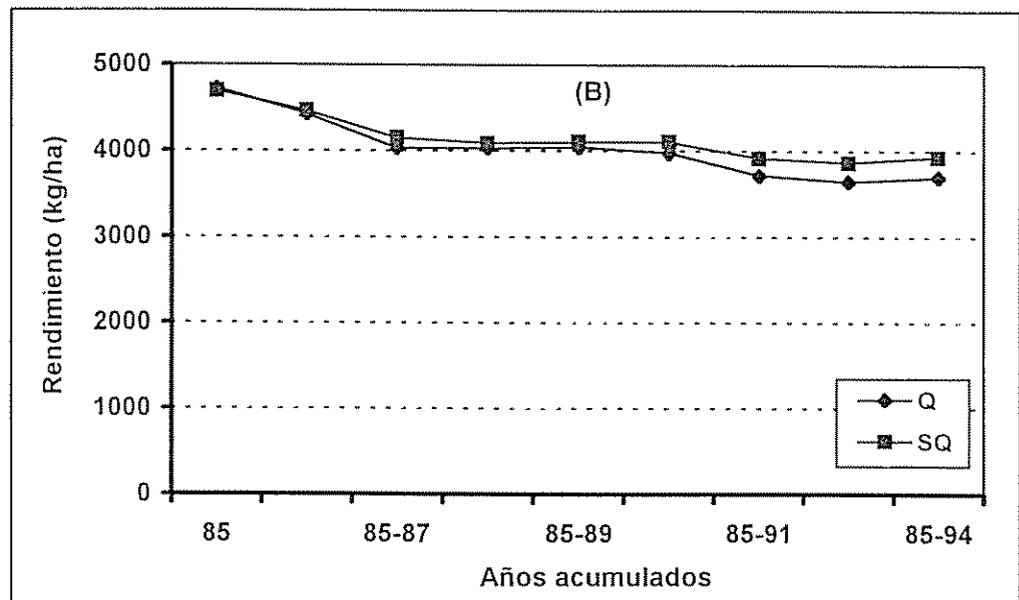
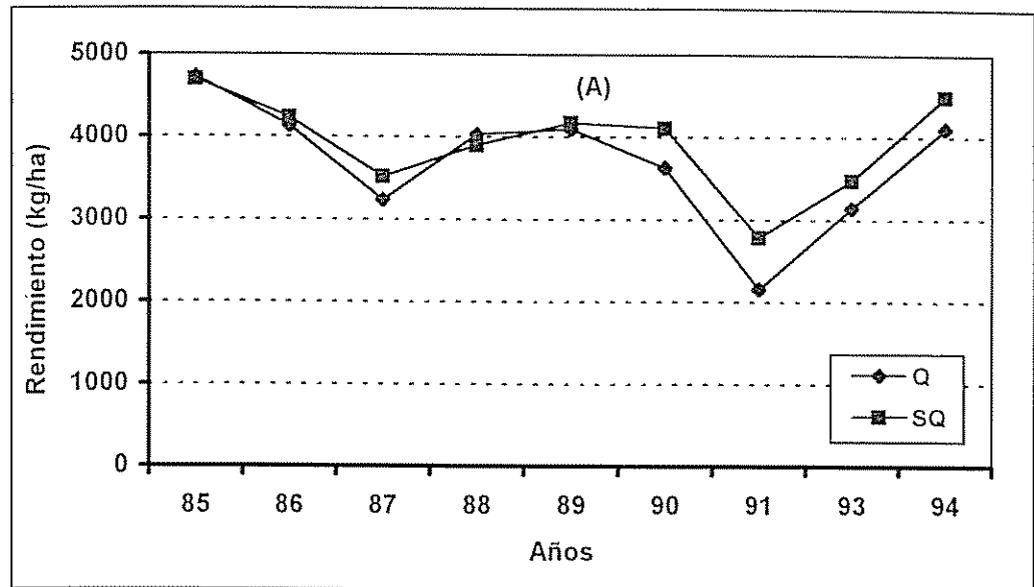


Figura 18. Comportamiento del rendimiento de maíz (kg/ha) por año (A) y acumulado (B) en los sistemas de producción con y sin quema. La Fraylesca, Chis, México 1996

4.5.4 Efecto del frijol terciopelo como cobertura.

Como se observa en los Cuadros 1 y 2 del Apéndice, el análisis de varianza individual detectó diferencia significativa al efecto del frijol terciopelo en los años de 1990 y 1994, siendo el incremento en rendimiento de maíz por efecto de la siembra del frijol terciopelo de 667 y 224 kg/ha respectivamente (Figura 19). Mientras que el análisis combinado detectó diferencia significativa en 1989 y altamente significativa en 1990, 1991, 1993 y 1994, siendo el incremento promedio acumulado de 195, 273, 263, 274 y 268 kg/ha respectivamente. La influencia de la siembra del frijol terciopelo manifestó su efecto sobre el rendimiento se atribuyó a la aportación de nitrógeno disponible en el suelo, mismo que fue aprovechado por el cultivo de maíz.

En este contexto, CIDICCO (1991) reportó que el frijol terciopelo puede aportar aproximadamente 60 kg/ha de nitrógeno. Van-Noor (1989) reportó que la contribución de nitrógeno al suelo de terciopelo fue de 71 kg/ha incrementando en 1,5 ton/ha el rendimiento de maíz sembrado en rotación de la leguminosa. Estas son algunas evidencias del efecto del terciopelo en la fertilidad del suelo, sin embargo, su influencia en la reducción de las pérdidas de suelo también resultó positiva. Así, en 1991 las pérdidas de suelo en promedio sobre los otros factores fueron de 13,9 ton/ha/año en las parcelas que llevaron terciopelo y de 22,9 ton/ha/año en las que no se incluyó la leguminosa.

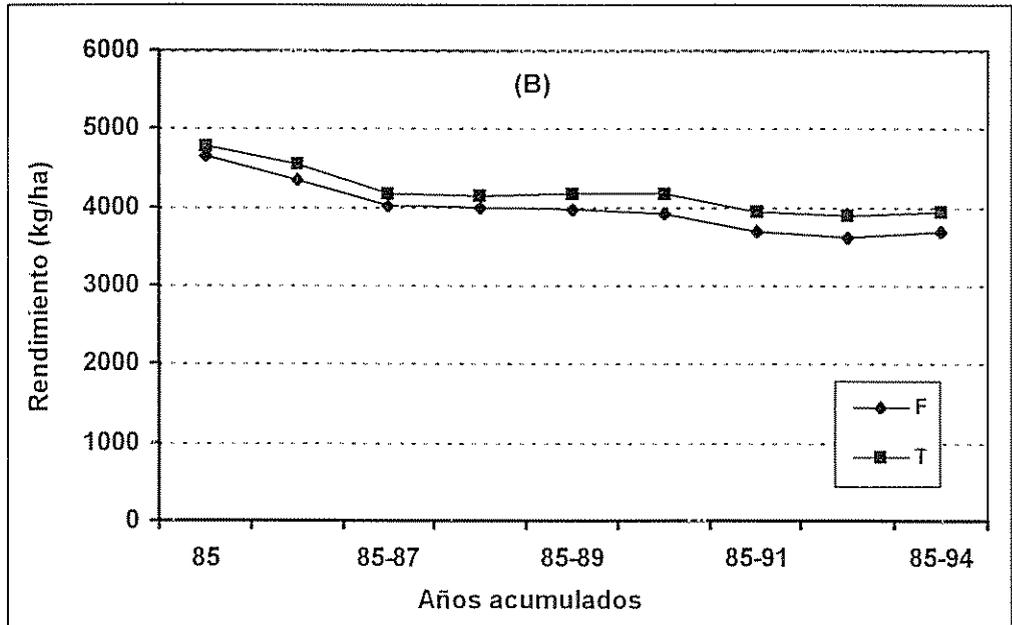
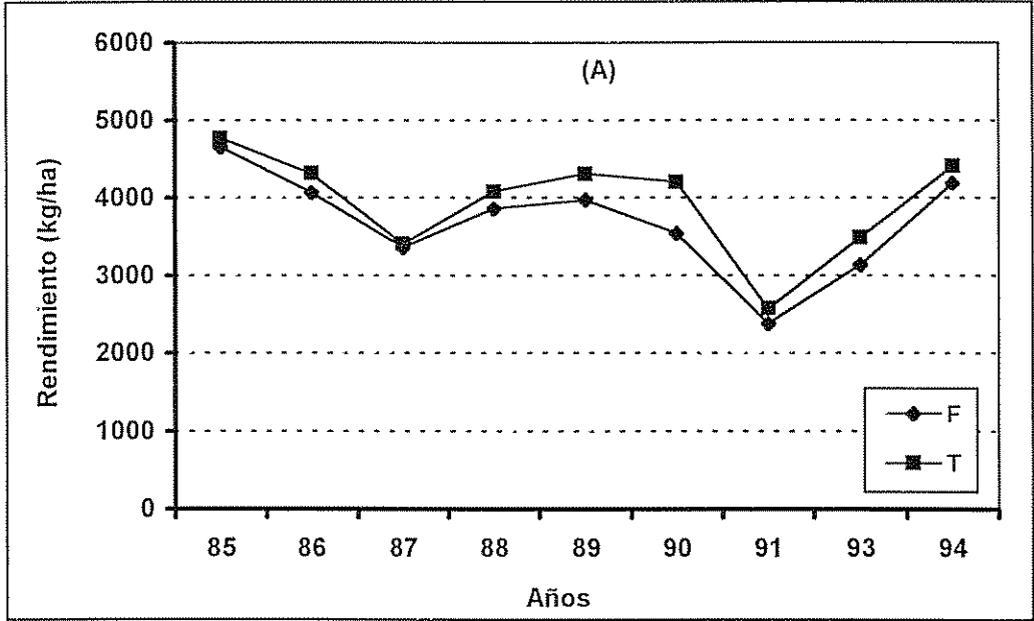


Figura 19. Comportamiento del rendimiento de maíz por año (A) y acumulado (B) en los sistemas de producción con y sin cobertura. La Fraylesca, Chiapas, México 1996.

4.5.5 Efecto de la interacción pastoreo-quema.

El análisis de varianza combinado detectó diferencia estadística para la interacción pastoreo-quema a partir del cuarto año de acumularse los rendimientos promedios (1985-1988). El menor rendimiento lo obtuvo el tratamiento sin pastoreo y quema de residuos, siendo superado estadísticamente durante el cuarto y quinto año por el tratamiento pastoreo y quema de residuos con 380 y 430 kg/ha respectivamente (Figura 20). En el sexto y séptimo año, fue el tratamiento sin pastoreo y sin quema quien lo superó en 340 y 400 kg/ha respectivamente y en los últimos dos años fue superado por los tres tratamientos (SP-SQ, P-SQ y P-Q) siendo los incrementos para el noveno año de 459, 283 y 269 kg/ha respectivamente.

El efecto significativo sobre el tratamiento sin pastoreo y quema, esta relacionado con la quema total de los residuos de cosecha pues al quemarse todos los años, no existe ninguna aportación de material orgánico hacia el suelo, así mismo al quedar desnudo el suelo sin ninguna protección durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo provoca que exista mayor erosión y por lo consiguiente pérdidas de algunos nutrientes. En los tratamientos donde no se queman los residuos, estos son dejados sobre el suelo y conforme se van descomponiendo aportan materia orgánica (Cuadro 6 y Fig 11) manifestándose de manera mas importante en el tratamiento donde no se pastorea que donde se pastorea debido a que en el primero se aporta casi el 100% de los residuos, mientras que en el segundo, la cantidad de residuos se reduce casi en un 50% por el consumo del ganado en la época de estiaje.

En lo que al tratamiento de pastoreo y quema de residuos se refiere, a partir del quinto año, los rendimientos fueron estadísticamente iguales a los tratamientos en los que no se quemaron los residuos. Se manifestó un mayor rendimiento numérico durante los primeros cinco años y a partir del sexto año, se tuvo una ligera disminución siendo superado por el tratamiento sin pastoreo y sin quema.

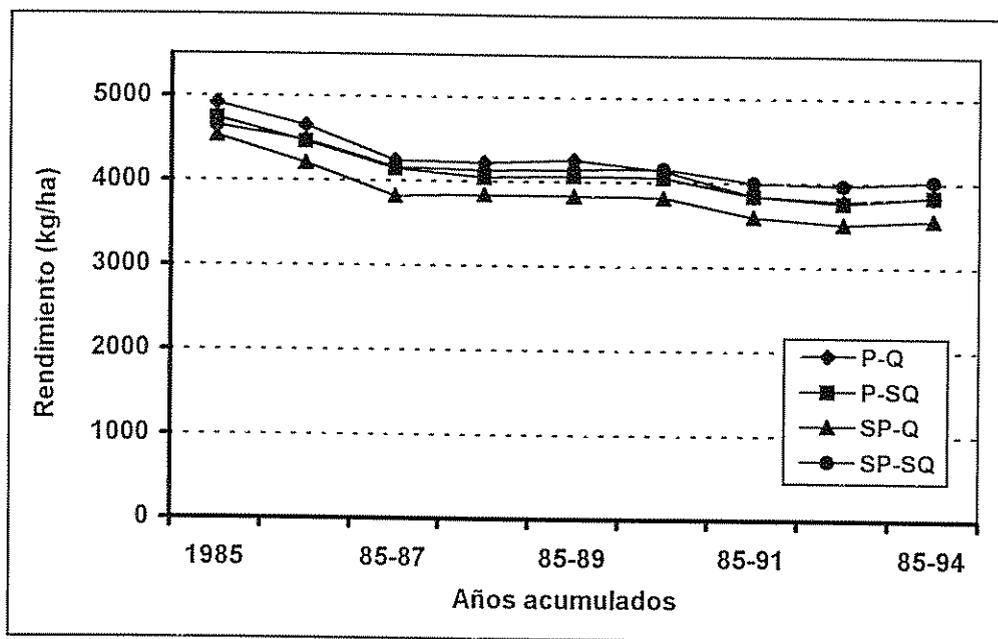


Figura 20. Comportamiento en el tiempo del rendimiento acumulado de maíz (kg/ha) en la interacción P-Q. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.

Este efecto, se atribuye a la adaptación que el tratamiento pastoreo y quema de residuos tiene dentro del sistema tradicional del agricultor, el cual mantiene su nivel productivo durante los primeros años. En el mediano y largo plazo la tendencia es la de disminuir por efectos de pérdidas de suelo y nutrientes, mientras que los tratamientos sin quema la tendencia a mediano y largo plazo es la de aumentar el rendimiento.

4.5.6 Efecto de la interacción pastoreo-quema-terciopelo (sistemas de producción).

El análisis de varianza combinado detectó diferencia significativa para la interacción pastoreo-quema-cobertura desde el primer año de acumularse los incrementos promedios (Cuadro 2A). Se puede observar en los Cuadros 10 y 11, que los mayores rendimientos promedios acumulados los obtuvieron los sistemas de producción; P-Q-T (pastoreo de ganado-quema de residuos-terciopelo) y SP-SQ-T (sin pastoreo de ganado-sin quema de residuos-terciopelo). De los siete sistemas de producción evaluados, solamente los dos sistemas anteriores, más el

sistema P-SQ-T, superaron estadísticamente al sistema tradicional, pastoreo de ganado, quema de residuos y frijol (P-Q-F).

Cuadro 10. Incremento de rendimientos de maíz (kg/ha) por sistema de producción sobre el rendimiento del sistema testigo (P-Q-F) en los años 1985-1994. La Fraylesca, Chiapas, México. 1996

Sistema de Producción	Años								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1993	1994
P-Q-T	210	373	943	186	909	501	734	81	270
P-SQ-F	-129	172	754	-324	242	311	840	-203	319
P-SQ-T	16	220	363	-252	148	1080	897	-67	549
SP-Q-F	-237	-370	413	-250	-105	22	750	-604	-145
SP-Q-T	-327	-273	-221	-33	-255	948	380	-240	-75
SP-SQ-F	-278	-361	442	-225	-104	756	1135	0	200
SP-SQ-T	-45	561	709	189	581	1228	1490	842	523

P= Pastoreo

Q= Quema

F= Frijol

SP= Sin pastoreo

SQ= Sin quema

T= Terciopelo

En primer lugar, fue el sistema P-Q-T quien manifestó esa diferencia sobre el testigo a partir del segundo año de acumularse los rendimientos promedios con incrementos que variaron de 428 hasta 551 kg/ha. El mayor incremento lo obtuvo en el sexto año (1895-1991) y a partir del séptimo y octavo año, el incremento tendió a disminuir a 493 y 467 kg/ha respectivamente tal como lo muestra el Cuadro 2 del Apéndice y la Figura 21.

A partir del cuarto año (1985-1989) correspondió al sistema SP-SQ-T sumarse al sistema P-Q-T en la superación del testigo con incrementos que variaron de 400 a 695 kg/ha. La tendencia mostrada fue la de aumentar esa diferencia y sostenerla los últimos tres años en 674, 695 y 675 kg/ha respectivamente (Cuadro 2 del Apéndice y Figura 21) Mientras que el sistema de

producción P-SQ-T fue hasta el último año (1985-1994) en que logró superar estadísticamente al testigo con un incremento de 270 kg/ha.

Cuadro 11. Incremento de rendimiento acumulados de maíz (kg/ha) por sistema de producción sobre el rendimiento del sistema testigo (P-Q-F) de los años 1985-1994 La Fraylesca, Chiapas, México.

Sistema de Producción	Años								
	85	85-86	85-87	85-88	85-89	85-90	85-91	85-93	85-94
P-Q-T	210	292	509	428	525	521	551	493	467
P-SQ-F	-129	22	265	118	143	171	267	208	220
P-SQ-T	-16	-117	42	-31	5	185	286	242	276
SP-Q-F	-237	-303	-65	-111	-109	-87	32	-47	-59
SP-Q-T	-327	-300	-274	-214	-221	-26	31	-2	-11
SP-SQ-F	-278	-319	-66	-106	-105	39	195	171	174
SP-SQ-T	-45	259	408	353	400	538	674	695	675

P= Pastoreo

Q= Quema

F= Frijol

SP= Sin pastoreo

SQ= Sin quema

T= Terciopelo

Es importante destacar el comportamiento del rendimiento en el tiempo de estos tres sistemas de producción. Para el sistema P-Q-T, durante los primeros cinco años obtuvo los mayores rendimientos sobre el testigo y a partir del sexto año los incrementos tienden a disminuir (Cuadro 11). Ese efecto se atribuye a la adaptación que el sistema tiene con el medio ambiente (17 años de pastorear el ganado, práctica que permite aportar al suelo cierta cantidad de nutrientes por medio de las heces, y la quema de los residuos de cosecha), y a la inclusión dentro del sistema de una leguminosa (terciopelo) de mayor capacidad fijadora de nitrógeno y aportación de biomasa al suelo que permitió mejorar y mantener la productividad del cultivo de maíz durante un tiempo más largo en relación con el sistema testigo. Sin embargo, al mediano y largo plazo existe la posibilidad que los rendimientos decaigan (tal como indica la tendencia de los resultados) debido a la disminución acumulativa del nivel de fertilidad de algunos nutrientes (principalmente el de materia orgánica) originado por la pérdida de suelo (18,5 ton/ha/año).

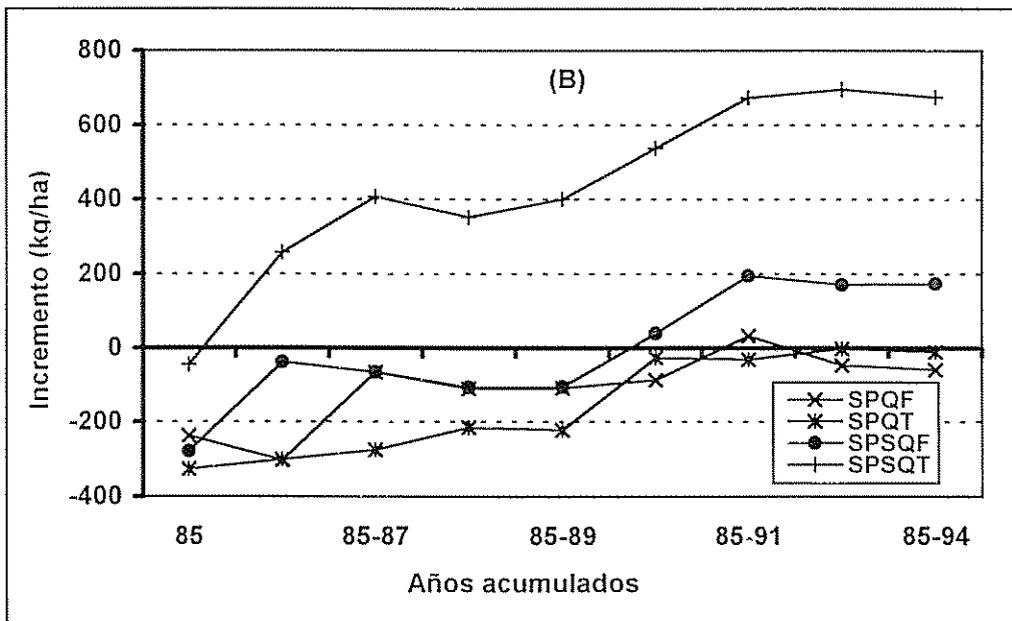
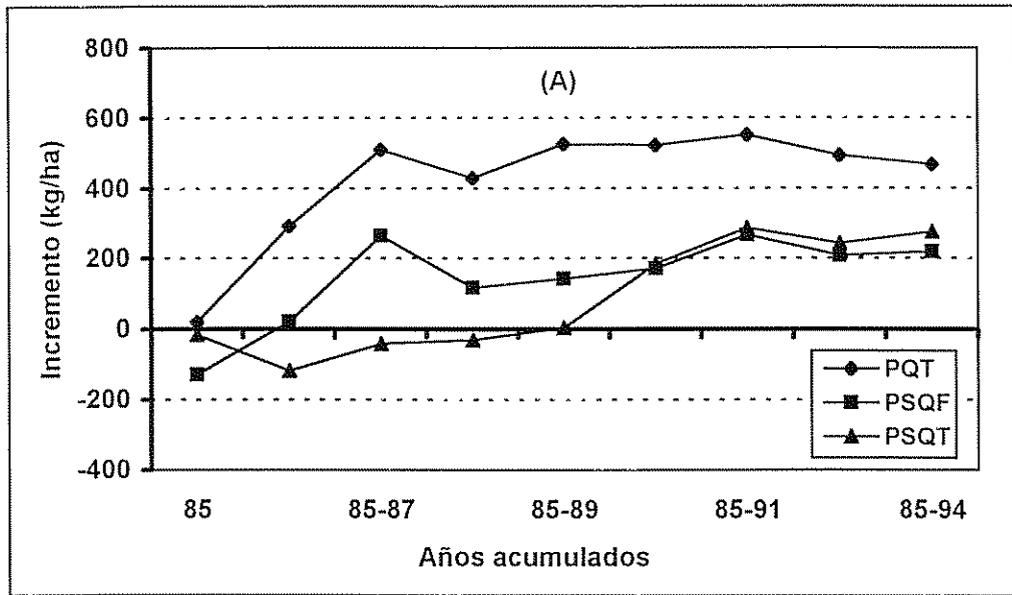


Figura 21. Comportamiento de los incrementos de rendimiento de maíz (kg/ha) a través del tiempo en los sistemas de producción con (A) y sin (B) pastoreo La Fraylesca, Chiapas, México 1996.

Esto nos lleva a inferir que con solo cambiar la siembra de frijol por la siembra del terciopelo dentro del sistema tradicional, no es suficiente para sostener en el tiempo los rendimientos.

Mientras que el sistema SP-SQ-T, su comportamiento desde un principio fue el de aumentar el rendimiento tal como se nota en el Cuadro 10, teniendo los mayores incrementos en los ciclos que presentaron escasez de agua en la etapa de floración del cultivo (1987, 1990, 1991 y 1993). Ese efecto sobre el rendimiento puede atribuirse a dos situaciones relacionadas con el manejo del suelo. Por un lado, a la practica de dejar sobre el suelo casi el 100% de los residuos vegetales, al no dejar pastorear el ganado, la cual permitió, en primer lugar, conservar mayor humedad en el suelo, y en segundo lugar, evitar la pérdida de nutrientes al reducir la pérdida de suelo a sólo 1,5 ton/ha/año. Por otro lado, la acumulación de residuos de cosecha en descomposición elevó el nivel de materia orgánica, al grado que incremento su nivel inicial de 4,4 a 4,9%. Aunado a ese efecto esta la aportación de nitrógeno atmosférico y la aportación de biomasa seca al suelo por parte del terciopelo. Estos resultados permiten inferir que este sistema puede ser una alternativa para lograr una agricultura sostenible en terrenos de ladera.

El sistema de producción P-SQ-T su comportamiento desde el inicio fue un poco irregular, teniendo incrementos de rendimiento muy por debajo de los alcanzados por el sistema SP-SQ-T. Los máximos incrementos sobre el testigo, lo obtuvo en los años de 1990 y 1991 con 1080 y 897 kg/ha respectivamente. Estos dos incrementos permitió, que al acumularse los rendimientos promedios entre años lograra superar estadísticamente al sistema tradicional en el ultimo año (1985-1994). El menor efecto aportado sobre el rendimiento por parte de este sistema, en relación al que tuvo el sistema SP-SQ-T, se debió posiblemente a la menor cantidad de residuos de cosecha aportada al suelo (casi un 50% menos debido al pastoreo de ganado), lo cual permitió conservar menor humedad al no cubrir buena parte del suelo.

4.6 Evaluación económica

El CIMMYT (1988) señala que las evaluaciones económicas pueden utilizarse para varios fines: a) para planificar investigaciones subsecuentes o sea, para detectar oportunidades de investigación; b) para formular recomendaciones a los agricultores, sobre todo cuando en la experimentación se comparan distintas alternativas tendientes a mejorar las prácticas convencionales del agricultor; c) también puede proporcionar información a los responsables de formular políticas agrícolas para la orientación de programas especiales en el mejor aprovechamiento de los recursos y de líneas de crédito que permitan la adopción extensiva de un determinado componente tecnológico.

Es ahora ampliamente reconocido que el cambio tecnológico es un elemento básico necesario (pero no suficiente) para incrementar la productividad en los cultivos. Sin embargo, ese cambio tecnológico debe estar elaborado en base a recomendaciones que se ajusten a los objetivos y las circunstancias de los agricultores ya que cuando se hacen a un lado factores que son importantes para el agricultor, es muy fácil formular recomendaciones inadecuadas. Los datos agronómicos en los que se fundamentan las recomendaciones deben corresponder a las condiciones agroecológicas del agricultor, y la evaluación de tales datos debe ser coherente con sus objetivos y circunstancias socioeconómicas.

En primer lugar, el interés primordial de muchos agricultores es asegurar un suministro adecuado de alimentos para sus familias. En segundo lugar, está interesado en el retorno económico. Ya sea que venda poco o mucho de lo que produce, considera los costos de cambiar de una tecnología a otra y los beneficios económicos que resultan de dicho cambio. Al evaluar los costos y beneficios de las diferentes tecnologías, el agricultor toma en cuenta los factores de riesgo. Trata de protegerse contra el riesgo de perder beneficios, evitando

aquellas opciones que, aunque en promedio sean más redituables, incrementen su dependencia de los factores de riesgo.

Otro factor relacionado con la aversión al riesgo que hay que considerar en la toma de decisiones del agricultor es que tiende a cambiar sus prácticas de manera gradual, paso a paso. Compara sus prácticas actuales con las alternativas propuestas y cautelosamente busca la forma de probar las nuevas tecnologías. Por tanto, es más probable que adopte elementos individuales o pequeñas combinaciones de éstos que un paquete tecnológico completo. Esto no significa que a la larga no vaya a usar todo los elementos de un paquete tecnológico, sino sencillamente que al formular las recomendaciones es preferible idear una estrategia que le permita realizar los cambios poco a poco.

4.6.1 Conceptos sobre la evaluación económica

4.6.1.2 Precios de campo de los productos

El precio de campo del producto se define como el valor que tiene para el agricultor una unidad adicional de producción en el campo, antes de la cosecha. Para calcularlo se toma el precio que el agricultor recibe (o podría recibir) por el producto cuando lo vende y se le restan todos los costos relacionados con la cosecha y venta que son proporcionales al rendimiento. Cuando mayor es el rendimiento obtenido con un tratamiento, mayor es el costo (por hectárea) de la cosecha. Como estos costos son diferentes para cada tratamiento (debido a que los rendimientos de cada tratamiento difieren entre sí), hay que incluirlos en el análisis. Además, resulta conveniente separarlos de los costos de producción porque, aunque fluctúan según el tratamiento, ocurren en el momento de la cosecha y, por tanto, no deben considerarse en el análisis de rentabilidad de los retornos sobre los recursos invertidos.

En el presente trabajo, se consideran los aspectos relacionados que definen los precios de campo de los productos de grano de maíz, de frijol y de terciopelo y se incluyen también los del rastrojo de maíz y de maíz más terciopelo.

En el caso de los precios de campo de los granos, se parte del precio comercial regional para maíz y frijol, en cambio, la situación se complica para el caso de terciopelo. No obstante, como se verá más adelante, al grano de terciopelo también se le pudo asignar un precio el cual puede, en el futuro, adquirir otro valor en función de la variación de la oferta y la demanda en la región.

Dado que en la región es común el pastoreo extensivo en el rastrojo de maíz para definir el precio en este esquilmo se consideró el costo por concepto de renta de la parcela como pastura durante la época de estiaje, para eso se realizó una encuesta con los productores

Definir el costo de rastrojo de maíz más terciopelo resultó un poco difícil. Sin embargo, se pensó en considerar el valor diferencial de la leguminosa como forraje preguntando al agricultor qué valor asignaría a su parcela como renta si además de maíz tuviera frijol terciopelo. Aún cuando no es una práctica conocida, el sembrar el terciopelo en relevo al maíz el agricultor esta consciente de que esta especie aumenta la cantidad y calidad de la pastura. La mayoría de los agricultores opinó que cobrarían por lo menos un 50% más de renta si su parcela tuviera rastrojo de maíz más frijol terciopelo.

Con base en estos conceptos, se fijaron precios de campo de los productos para la evaluación económica.

4.6.1.2.1 Precio de campo del maíz

De la producción de maíz cosechada por los agricultores, alrededor del 70% la comercializan con CONASUPO (Comisión Nacional de Subsistencias Populares), por lo que el punto de partida para estimar el precio de campo fue el precio de garantía. Como siguiente paso, el precio de garantía se le restaron los gastos efectuados a la cosecha y a los gastos de comercialización, mismos que fueron proporcionales al rendimiento y se calcularon por kilogramo. A continuación se presentan los conceptos y cálculos del precio de campo del maíz.

- Precio de garantía del maíz \$0,630/kg.
- Cosecha:
 - Un jornal (\$15/jornal) cosecha 195 kg de grano de maíz.
 - $\$15 \div 195 \text{ kg} = \$0,077/\text{kg}$
- Bajada del maíz de la parte ladera a la parte plana:
 - Un jornal baja 975 kg de grano de maíz.
 - $\$15 \div 975 \text{ kg} = \$0,015/\text{kg}$.
- El desgrane se realiza con maquinaria alquilada, el maquilador cobra \$0,026/kg de maíz desgranado.
- El transporte del grano de la parcela a la bodega se realiza con camión rentado, el transportista cobra \$0,038/kg

Cálculo:

- Precio de garantía \$0,630/kg de maíz, al que se restaron:
- Costo de cosecha \$0,077
 - Costo de bajada \$0,015
 - Costo de desgrane \$0,026
 - Costo de transporte \$0,038

Así, el precio de campo de maíz es de \$0,474/kg

4.6.1.2.2 Precio de campo del frijol

De la misma manera que para el caso del maíz se partió del precio regional del frijol. A continuación se presentan los conceptos y el cálculo del precio de campo del frijol:

Para arrancar una hectárea de frijol con un rendimiento de 600 kg se ocupan en promedio 11 jornales:

$$(11 \text{ jor.})(\$15) = \$165 \div 600\text{kg} = \$0,275/\text{kg}$$

Trilla: un jornal trilla 60 kg
 $\$15 \div 60 \text{ kg} = \$0,250/\text{kg}$

Transporte: para transportar el grano de frijol de la parcela al lugar de venta, el camión cobra $\$0,070/\text{kg}$.

Cálculo:

Precio regional del frijol $\$2,000$, menos:

- Costo de arrancar	$\$0,275$
- Trilla	$\$0,250$
- Transporte	<u>$\\$0,070$</u>
	$\$1,405$

Entonces, el precio de campo del frijol fue de $\$1,405/\text{kg}$.

4.6.1.2.3 Precio de campo del frijol terciopelo

Asignar un precio a un producto que en la actualidad tiene muy poca comercialización en la región resultó un poco difícil, sin embargo fue necesario considerar su aportación a los beneficios netos para el análisis económico integral del sistema de producción.

Existen evidencias de que la semilla de terciopelo se compra en la región por algunos ganaderos para ser utilizada como complemento en la ración alimenticia del ganado y algunos otros la recolectan para venderla como semilla con alguna Institución de Gobierno y ser utilizada en programas de conservación de suelo. Para asignarle el precio, se tomo de referencia el precio a como es vendido en el mercado de San Cristóbal de las Casas (Altos de Chiapas) el cual se encontró a un precio de $\$2,0/\text{kg}$. Sin embargo los comerciantes adquieren el grano de la Depresión Central a un precio de $\$1,5/\text{kg}$. A este precio regional de venta, se le restaron $\$0,333/\text{kg}$ por concepto de recolección (45 kg/jornal) y $\$0,070/\text{kg}$ por acarreo y trilla, la diferencia fue considerada como el precio de campo: $\$1,097/\text{kg}$

4.6.1.2.4 Precio de campo del rastrojo de maíz y maíz-terciopelo

El uso del rastrojo de maíz como forraje en la región es muy común, ya que es la principal fuente de forraje para el ganado durante la época seca (enero-mayo). El pastoreo directo en el rastrojo es la forma más común de venta, variando el precio de acuerdo a varios factores; dentro de los que destaca: la cantidad de rastrojo presente y la disponibilidad de agua en la parcela. El valor asignado por lo general es bajo, pues si se considera como casi el único recurso para alimentar el ganado, debiera tener un mayor valor económico. Por otra parte, la forma en que se maneja trae como resultado que en realidad se le considere como un subproducto, con un bajo retorno de capital. Esta última situación es la que impera en la región y, en la práctica, los precios de renta de una parcela como pastura son relativamente bajos.

La consulta que se hizo a los agricultores sobre el precio que se asigna a una parcela por pastoreo en el rastrojo de maíz, señaló que éste varió de \$160 a \$210/ha, por lo que con fines de la evaluación económica se tomó la media como precio de campo \$185/ha. De la misma manera, los agricultores manifestaron que si su parcela tuviera, además del rastrojo de maíz, rastrojo de terciopelo, aumentarían un 50% más el precio de renta o sea \$278/ha.

4.6.1.3 Presupuesto completo.

El principal objetivo de un presupuesto completo es de estimar la rentabilidad del cultivo con las diferentes tecnologías ha ser recomendadas o utilizadas por los agricultores. El presupuesto completo, como parte del análisis económico, consistió en calcular para cada sistema de producción el total de los costos invertidos en las prácticas agronómicas y sus respectivos beneficios netos. Para que la evaluación fuera más completa e integral, se incluyeron los costos y beneficios de todos los productos: rendimiento de grano de maíz, frijol y frijol terciopelo, así como los costos y beneficios del rastrojo de maíz y rastrojo de maíz más la biomasa del frijol terciopelo.

Los rendimientos de grano de maíz se presentan en el Cuadro 8, mientras que los de frijol y frijol terciopelo se presentan en el Cuadro 12. En los ciclos 1990

y 1991 no se obtuvo rendimientos de frijol debido al ataque severo de babosa (*Vaginulus plevejus*) que terminó con el cultivo en algunas partes de la parcela experimental. Sin embargo, al realizar el análisis económico estos fueron considerados, promediándose con los rendimientos de los otros años, ya que el productor se enfrenta a esa situación por lo menos una vez dentro de un periodo de diez años.

Cuadro 12 Rendimientos medios de grano de frijol y de frijol terciopelo (kg/ha) de 1985 a 1994. La Fraylesca, Chiapas, México.

Años	Sistemas de Producción							
	P-Q		P-SQ		SP-Q		SP-SQ	
	F	T	F	T	F	T	F	T
1985	1291	2509	1134	1753	1093	2287	1321	2569
1986	1440	1325	1320	1996	1560	1619	1530	1601
1987	590	521	683	1060	557	898	662	1034
1988	600	1300	590	2000	650	1800	820	1400
1989	700	1405	770	1540	740	1700	790	1870
1990	-	1475	-	1302	-	1441	-	1332
1991	-	666	-	958	-	731	-	891
1993	1056	1951	969	1591	1000	1879	938	2524
1994	113	1549	291	1370	234	1502	339	1701
Prom.	643	1411	640	1508	648	1540	711	1658

P= Pastoreo

Q= Quema

F= Frijol

SP= Sin pastoreo

SQ= Sin quema

T= Terciopelo

El análisis económico se realizó considerando el efecto promedio del rendimiento acumulado por sistema de producción en dos etapas. La primera, consistió en analizar económicamente los primeros efectos acumulativos de los sistemas durante los primeros cinco años (1985-1989), y la segunda, analizar los efectos acumulativos durante los diez años (1985-1994). De esta manera, fue posible evaluar los efectos acumulativos de cada uno de los sistemas de producción en el corto y mediano plazo.

Para la evaluación económica, los rendimientos de campo de los productos (rendimientos experimentales) se ajustaron al 90% con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr bajo su manejo. De esta manera permite que los resultados obtenidos sean más apegados a las circunstancias socioeconómicas bajo las cuales trabajan los agricultores.

4.6.1.4 Retorno a la inversión (TR)

Es el retorno en % a la inversión de los costos de producción inmovilizada durante un determinado tiempo. El agricultor cambiará una práctica o tecnología por otra si la tasa de retorno (TR) de dicho cambio es mayor que la tasa mínima de retorno (TAMIR). Se define en base al retorno a la inversión vs. la tasa mínima de retorno (TR vs. Tamir).

Para el cálculo del retorno a la inversión solo se incluye costos de prácticas e insumos que ocurren al inicio y durante el ciclo del cultivo (costos de producción) y no incluye el costo de capital. También se considera que los gastos de cosecha, por ocurrir al final del ciclo, no dá lugar a costo de capital porque no es una inmovilización en el tiempo: se gasta y se recupera en pocos días.

Se calcula de la forma siguiente.

$$TR = \frac{BB - CP}{CP}$$

Donde: TR = Tasa de retorno

BB = Beneficio bruto

CP = Costo de producción

Dado la manera en que se calcula TR, eso permite comparar lo comparable es decir TR (= el retorno en %, a la inversión de CP inmovilizada durante 9 meses) vs. Tasa mínima de retorno= costo de capital (en %, para el mismo período de 9 meses) + costo del factor manejo. Por esa razón no se incluye el costo de capital en el cálculo de costos de producción. Si TR es > a Tamir se concluye que el cultivo es rentable

4.6.1.7 Los costos de producción

Se definen como los costos (por hectárea) que el agricultor pudiera efectuar relacionados con los insumos comprados o propios, la mano de obra y la maquinaria requerida en cada sistema de producción sin considerar los gastos de cosecha. En el presente trabajo, los costos de producción se estimaron para cada uno de los sistemas de producción evaluados. Para los sistemas que incluyeron la no quema, la siembra de maíz sobre los residuos fue más lenta, principalmente en donde no pastoreo el ganado lo cual incrementó la mano de obra, lo mismo; para realizar el rastreo del terreno.

En los cuadros 13, 14, 15 y 16 se presentan los conceptos, los costos de producción y los gastos de cosecha para los sistemas de producción evaluados, tanto para el año 1989, como para el año 1994 respectivamente, mismos que serán utilizados para estimar la rentabilidad de los sistemas de producción. Todos los precios, costos y beneficios están referidos a pesos constantes de 1994, para lo cual se tomo de referencia el Índice Nacional de Precios al Consumidor (promedio anual), correspondiendo 47.5 para el año 1989 (Fuente. Programa de Economía del CIMMYT, 1995).

Cuadro 15. Costos de producción (pesos mexicanos) por sistema de producción. La Fraylesca. Año 1989 (actualizados a 1994).

Concepto	Unidad	P-Q-F	P-Q-T	P-SQ-F	P-SQ-T	SP-Q-F	SP-Q-T	SP-SQ-F	SP-SQ-T
MAIZ		985	985	1002	1002	1019	1019	1052	985
Ronda	3 Jor.	51	51	51	51	51	51	51	51
Rastroleo	1.2			17	17	34	34	34	34
Quema + Junta	2 Jor.	34	34			34	34		
Siembra	6.8.10	101	101	135	135	101	101	168	168
Semilla (V-524)(\$3.4/ka)	20 ka.	84	84	84	84	84	84	84	84
Aplicación de herbicida (1ª v 2ª)	7 Jor.	118	118	118	118	118	118	118	118
Atrazina (\$23.0/lt)	1.5 Lt.	36	36	36	36	36	36	36	36
Paraquat (23.0 lt)	3.5 Lt.	103	103	103	103	103	103	103	103
Transporte fertilizante (0.034 ka)	392 ka.	17	17	17	17	17	17	17	17
Fertilización (1ª v 2ª aplicación)	7 Jor.	118	118	118	118	118	118	118	118
Urea (0.72 ka)	262 ka.	139	139	139	139	139	139	139	139
00-46-0 (\$0.725/ka)	130 ka.	82	82	82	82	82	82	82	82
Aplicación de insecticida	3 Jor.	51	51	51	51	51	51	51	51
Lorsban 480 E (\$39.00/lt)	1 Lt.	51	51	51	51	51	51	51	51
FRIJOL v FRIJOL TERCIOPELO		763	520	763	520	763	520	763	520
Chapiada	6 Jor.	101	101	101	101	101	101	101	101
Aplic. Herbicida	4 Jor.	67	67	67	67	67	67	67	67
Paraquat (\$23.00/lt)	2 Lt.	59	59	59	59	59	59	59	59
Dobla	6 Jor.	101	101	101	101	101	101	101	101
Siembra	13 v 8	219	135	219	135	219	135	219	135
Semilla (\$2.1 v 1.0 /ka)	50 v 80	112	57	112	57	112	57	112	57
Aplicación de insecticida (2)	3 Jor.	51	51	51	51	51	51	51	51
1 Tamaron (\$42.00/lt)	1 Lt.	53	53	53	53	53	53	53	53
TOTAL		1748	1505	1765	1522	1782	1539	1815	1572

Cuadro 16. Costos de producción (pesos mexicanos) de los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas. Año 1994.

Concepto	Unidad	P-Q-F	P-Q-T	P-SQ-F	P-SQ-T	SP-Q-F	SP-Q-T	SP-SQ-F	SP-SQ-T
MAIZ		937	937	952	952	967	967	997	997
Ronda	3 Jor.	45	45	45	45	45	45	45	45
Rastroleo	1.2			15	15	30	30	30	30
Quema + Junta	2 Jor.	30	30			30	30		
Siembra	6.8.10	90	90	120	120	90	90	150	150
Semilla (V-524)(\$3.4/ka)	20 ka.	68	68	68	68	68	68	68	68
Aplicación de herbicida (1ª v 2ª)	7 Jor.	105	105	105	105	105	105	105	105
Atrazina (\$23.0/lt)	1.5 Lt.	34	34	34	34	34	34	34	34
Paraquat (23.0 lt)	3.5 Lt.	80	80	80	80	80	80	80	80
Transporte fertilizante (0.034 ka)	392 ka.	13	13	13	13	13	13	13	13
Fertilización (1ª v 2ª aplicación)	7 Jor.	105	105	105	105	105	105	105	105
Urea (0.72 ka)	262 ka.	189	189	189	189	189	189	189	189
00-46-0 (\$0.725/ka)	130 ka.	94	94	94	94	94	94	94	94
Aplicación de insecticida	3 Jor.	45	45	45	45	45	45	45	45
Lorsban 480 E (\$39.00/lt)	1 Lt.	39	39	39	39	39	39	39	39
FRIJOL v FRIJOL TERCIOPELO		673	486	673	486	673	486	673	486
Chaoiada	6 Jor.	90	90	90	90	90	90	90	90
Aplic. Herbicida	4 Jor.	60	60	60	60	60	60	60	60
Paraquat (\$23.00/lt)	2 Lt.	46	46	46	46	46	46	46	46
Dobla	6 Jor.	90	90	90	90	90	90	90	90
Siembra (Jornales)	13 v 8	195	120	195	120	195	120	195	120
Semilla (\$2.1 v 1.0 /ka)	50 v 80	105	80	105	80	105	80	105	80
Aplicación de insecticida (2)	3 Jor.	45		45		45		45	
1 Tamaron (\$42.00/lt)	1 Lt.	42		42		42		42	
COSTO TOTAL		1610	1423	1625	1438	1640	1453	1670	1483

Cuadro 15. Gastos de cosecha de los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas. México. Año 1989 (actualizados a 1994).

Concepto	P-Q-F	P-Q-T	P-SQ-F	P-SQ-T	SP-Q-F	SP-Q-T	SP-SQ-F	SP-SQ-T
Maíz:								
Pizca (\$0.086/kg)	310	351	322	311	302	293	302	341
Bajada (\$0.017/kg)	61	68	63	61	59	57	59	67
Desgrane (\$0.026/kg)	94	106	97	94	91	88	91	103
Transporte (\$0.050/kg)	182	205	188	182	177	172	177	200
SUBTOTAL	647	780	670	648	629	610	629	711
Frijol:								
Arrancada (\$0.309/kg)	236		222		230		256	
Majada o trilla (\$0.280/kg)	214		201		209		232	
Transporte (\$0.103/kg)	79		74		77		85	
SUBTOTAL	529		497		516		573	
Terciopelo:								
Cosecha (\$0.375/kg)		504		432		484		539
Transporte (\$0.103/kg)		138		119		133		148
SUBTOTAL		642		551		617		687
TOTAL	1176	1372	1167	1199	1145	1227	1202	1398

Cuadro 16. Gastos de cosecha de los sistemas de producción. La Fraylesca, Chiapas. México. Año 1994.

Concepto	P-Q-F	P-Q-T	P-SQ-F	P-SQ-T	SP-Q-F	SP-Q-T	SP-SQ-F	SP-SQ-T
Maíz:								
Pizca (\$0.077/kg)	249	282	264	268	245	248	261	296
Bajada (\$0.015/kg)	49	55	52	52	48	48	51	58
Desgrane (\$0.026/kg)	84	95	89	91	83	84	88	100
Transporte (\$0.038/kg)	123	139	131	132	121	123	129	146
SUBTOTAL	505	571	536	543	497	503	529	600
Frijol:								
Arrancada (\$0.275/kg)	159		158		160		176	
Majada o trilla (\$0.250/kg)	145		144		146		160	
Transporte (\$0.070/kg)	41		40		41		45	
SUBTOTAL	345		342		347		381	
Terciopelo:								
Cosecha (\$0.333/kg)		423		452		462		497
Transporte (\$0.070/kg)		89		95		97		104
SUBTOTAL		512		547		559		601
TOTAL	850	1083	878	1090	844	1062	910	1201

4.6.1.4.2 Beneficio bruto (BB)

El beneficio bruto de campo se calcula multiplicando el precio de campo del producto por el rendimiento ajustado.

4.6.1.4.3 Beneficio neto (BN)

Se calcula restando el total de los costos de producción del beneficio bruto

4.6.1.5 Tasa mínima de retorno (TAMIR)

Para formular recomendaciones a partir de un análisis de rentabilidad, es necesario estimar la tasa mínima de retorno aceptable para los agricultores, ya que si se le pide que haga una inversión adicional en sus actividades, el agricultor considerará el costo del dinero que invertirá. Se define como el costo de capital (en %, durante un determinado tiempo) + el costo del factor manejo (Tamir = $i + m$).

Como capital de trabajo se entiende al valor de los insumos y servicios (adquiridos o propios) asignados a una actividad con el fin de obtener posteriormente una ganancia. Mientras que el costo del capital de trabajo es la utilidad que el agricultor deja de percibir al invertir el capital de trabajo durante cierto período en la actividad. Este costo puede ser directo o puede ser un costo de oportunidad.

Así mismo, es necesario estimar el nivel de retornos adicionales, además del costo del capital, que convencerá al agricultor de que vale la pena su inversión. Al estimar la tasa de retorno mínima aceptable, hay que agregar una cantidad al costo del capital para renumerar al agricultor por el tiempo y el esfuerzo que dedica a aprender una nueva tecnología. Tanto la experiencia como la evidencia empírica han demostrado que, en la mayoría de las situaciones, la

tasa mínima de retorno aceptable para el agricultor se sitúa entre el 50 y 100%. Este rango no es muy preciso, pero hay que recordar que los datos agronómicos y económicos utilizados en el análisis son también aproximaciones (CIMMYT,1988). Para el caso de este estudio la tasa mínima de retorno se calculo de la siguiente manera:

Calculo de la Tamir (ciclo 1994)	Crédito Banca Oficial
Interés al capital (%)	26 en 9 meses
Seguro agrícola (%)	15 del capital
Gestión del crédito (%)	5 del capital
Costo de capital (%) = i	46
Costo de manejo (%) = m	50
TAMIR (%)	96

4.6.2 Evaluación económica del efecto acumulado en los primeros cinco años (1985-1989) por los sistemas de producción.

En el Cuadro 17 se presenta los resultados del análisis de rentabilidad de cada uno de los sistemas de producción, considerando la producción integral del sistema completo. De manera general, los sistemas de producción que incluyeron en su manejo la siembra de frijol común arrojaron los mayores beneficios brutos (BB), superando en promedio por más de \$1000 por hectárea a los sistemas manejados con frijol terciopelo. Esa diferencia se debió en buena parte al buen precio de venta que tuvo el frijol común ese año (1989), contra el bajo precio a que se vendió el frijol terciopelo. De ésta manera, esa circunstancia permitió a los mismos sistemas obtener también los mejores beneficios netos (BN), destacando dentro de ellos el sistema SP-SQ-F ya que sin tener ingresos por la venta del rastrojo alcanzó BN de \$3019/ha tan solo \$164 menos del sistema de producción

tradicional (P-Q-F) quien obtuvo los mayores BN. Así, aún cuando los sistemas P-Q-T y SP-SQ-T obtuvieron los mayores rendimientos acumulados de maíz y terciopelo, sus BB y BN resultaron ser inferiores a los obtenidos por esos sistemas.

El análisis de rentabilidad, permitió examinar el comportamiento de los sistemas de producción en cuanto a sus costos de producción y sus BB. Así se tiene que los sistemas que obtuvieron los mayores BB, también fueron los que mayor costos de producción tuvieron. De esta forma, el análisis reportó que para los primeros cinco años y dado los precios relativos (productos/insumos) vigentes, la rentabilidad de las tecnologías manejadas en cada uno de los ocho sistemas evaluados resultaron ser positivas al obtener retornos a la inversión mayores del 115%, por arriba de la tasa mínima de retorno aceptable (TAMIR) por el agricultor la cual se estimó en 95%. Eso significa que por cada peso invertido, el agricultor recupera ese peso y además obtiene \$1.15 adicionales como utilidad, o sea \$0.20 más de lo mínimo requerido.

El mayor retorno a la inversión lo obtuvo el sistema tradicional (P-Q-F) con 182%, seguido por los sistemas P-SQ-F y P-Q-T quienes obtuvieron retornos de 179 y 175% respectivamente. Estos resultados explican en cierta manera, la siembra hoy en día del frijol de relevo en terrenos de ladera bajo un manejo rotativo dentro de la misma parcela; el agricultor siembra en el mismo sitio tres a cuatro años continuos para luego cambiar a otra parte con buena fertilidad. Con este manejo, busca asegurar mejores rendimientos y esperar vender a buen precio para alcanzar buena rentabilidad. En este contexto, el agricultor mostrará interés por seguir manejando su propio sistema de producción, sin embargo, es importante señalar que a pesar de haber alcanzado el mejor retorno se encuentra dentro de los sistemas que mayor pérdida de suelo tuvieron, por lo cual no se considera al igual que el sistema P-Q-T, como sistemas alternativos a recomendar para alcanzar una agricultura sostenible en terrenos de ladera.

Cuadro 17. Presupuesto completo y rentabilidad de cada sistema de producción considerando cinco años (1985-1989). La Fraylesca, Chiapas, México.

Concepto	Sistema de producción							
	PQF	PQT	PSQF	PSQT	SPQF	SPQT	SPSQF	SPSQT
Rend. (kg/ha):								
Maíz (M)	3597	4069	3726	3601	3498	3398	3502	3956
Frijol (F)	764		718		745		830	
Terciopelo (T)		1344		1152		1290		1437
BB (\$/ha):								
Maíz	2953	3341	3059	2956	2872	2790	2875	3248
Frijol	1803		1694		1758		1959	
Terciopelo		535		458		513		572
Rastrojo M	179		179					
Rastrojo M-T		269		269				
Total BB	4935	4145	4932	3683	4630	3303	4834	3820
CP (\$/ha)								
Maíz	985	985	1002	1002	1019	1019	1052	1052
Frijol	763		763		763		763	
Terciopelo		520		520		520		520
Total CP	1748	1505	1765	1522	1782	1539	1815	1572
GC (\$/ha)								
Maíz	647	730	670	648	629	610	629	711
Frijol	529		497		516		573	
Terciopelo		642		551		617		687
Total GC	1176	1372	1167	1199	1145	1227	1202	1398
BN (\$/ha)	3183	2640	3167	2161	2848	1764	3019	2248
TR (%)	182	175	179	142	160	115	166	143

Rend. = Rendimiento de campo ajustado al 90%; BB= Beneficios Brutos; CP= Costos de Producción; GC= Gastos de Cosecha; BN= Beneficios Netos; TR= Tasa de Retorno

Cabe destacar la rentabilidad obtenida por los sistemas de producción que incluyeron en su manejo prácticas alternativas de conservación y productividad del suelo (el no pastoreo del ganado, la no quema de los residuos de cosecha y la siembra del frijol terciopelo como cultivo de cobertura), ya que en solo cinco años, aparte de manifestar logros muy importantes en la conservación y la productividad, manifestaron también ser rentables para el productor, lo cual permite poder recomendarse como sistemas alternativos orientados a la búsqueda de una agricultura sostenible y que tienen la factibilidad de ser adoptadas por los agricultores que siembran en terrenos de ladera.

4.6.3 Evaluación económica del efecto acumulado en 10 años (1985-1994) por los sistemas de producción.

Los resultados del análisis de rentabilidad para cada uno de los sistemas de producción evaluados se presentan en el Cuadro 18. Al igual que el análisis de cinco años, aquí también se consideró la producción integral del sistema completo. De manera general, los sistemas de producción con frijol terciopelo arrojaron los mayores beneficios brutos (BB), superando en promedio por más de \$835 por hectárea a los sistemas manejados con frijol. Esa diferencia se debió en buena parte al buen rendimiento alcanzado por el cultivo de maíz, lo cual se manifestó también en mejores beneficios netos (BN), destacando dentro de ellos el sistema SP-SQ-T ya que sin tener ingresos por la venta del rastrojo alcanzó BN de \$1977/ha similares a los obtenidos por los sistemas P-Q-T y P-SQ-T quienes obtuvieron los mayores BN.

El análisis, permitió examinar el comportamiento de los sistemas de producción en cuanto a sus costos de producción (CP) y sus beneficios brutos (BB). De esta manera mostró que los sistemas que obtuvieron los mayores Beneficios brutos, presentaron también menor costos de producción.

Cuadro 18 Presupuesto completo y rentabilidad de cada sistema de producción considerando los 10 años (1985-1994). La Fraylesca, Chiapas. México.

Concepto	Sistema de producción							
	PQF	PQT	PSQF	PSQT	SPQF	SPQT	SPSQF	SPSQT
Rend. (kg/ha):								
Maíz (M)	3237	3658	34335	3486	3184	3227	3394	3845
Frijol (F)	579		576		583		640	
Terciopelo (T)		1270		1357		1386		1492
BB (\$/ha):								
Maíz	1534	1734	1628	1652	1509	1530	1609	1823
Frijol	813		809		819		899	
Terciopelo		1393		1489		1520		1637
Rastrojo M	185		185					
Rastrojo M-T		278		278				
Total BB	2532	3405	2622	3419	2328	3050	2508	3460
CP (\$/ha)								
Maíz	937	937	952	952	967	967	997	997
Frijol	673		673		673		673	
Terciopelo		486		486		486		486
Total CP	1610	1423	1625	1438	1640	1453	1670	1483
GC (\$/ha)								
Maíz	505	571	536	543	497	503	529	600
Frijol	345		342		347		381	
Terciopelo		512		547		559		601
Total GC	859	1083	878	1090	844	1062	910	1201
BN (\$/ha)	922	1982	997	1981	688	1597	838	1977
TR (%)	57	139	61	138	42	110	50	133

Rend.= Rendimiento de campo ajustado al 90%; BB= Beneficios Brutos; CP= Costos de Producción; GC= Gastos de Cosecha; BN= Beneficios Netos; TR= Tasa de Retorno.

De esta forma, el análisis reportó que para los 10 años de estudio y dado los precios relativos (productos/insumos) vigentes, la rentabilidad de las tecnologías manejadas en cada uno de los ocho sistemas evaluados resultaron ser positivas únicamente para los cuatro sistemas que incluyeron en su manejo la siembra de frijol terciopelo al obtener tasas de retornos (TR) mayores al 110%, por arriba de la tasa mínima de retorno aceptable (TAMIR) por el agricultor la cual se estimo en 95%. Eso significa que por cada peso invertido, el agricultor recupera ese peso y además obtiene \$1.10 adicionales como utilidad, o sea \$0.15 más de lo mínimo requerido. Los mayores retornos a la inversión lo obtuvieron los sistemas P-Q-T, P-SQ-T y SP-SQ-T con 139, 138 y 133% respectivamente.

Como era de esperarse, los efectos acumulados por parte de las prácticas alternativas evaluadas (no pastoreo del ganado, no quema de los residuos y la siembra del frijol terciopelo como cobertera) dentro del manejo integral de cada sistema de producción, se manifestaron de manera importante conforme se acumularon mayor numero de años, reflejándose en mejores rendimientos para los sistemas que incluyeron la no quema de residuos y la siembra en relevo del terciopelo. Tanto así, que fueron los que obtuvieron los mayores BN, destacando el sistema SP-SQ-T con \$1977/ha, BN que supera en un 114% al obtenido por el sistema tradicional (\$922/ha). A pesar de que los sistemas P-Q-T y SP-Q-T presentaron TR de 139 y 110% respectivamente, cabe señalar que forman parte de los sistemas que mayor pérdida de suelo tuvieron, característica que los descarta a ser recomendados como sistemas alternativos orientados a la búsqueda de una agricultura sostenible en terrenos de ladera.

Cabe destacar la rentabilidad obtenida por los sistemas de producción P-SQ-T y SP-SQ-T, ya que tanto en el corto (cinco años) como en el mediano plazo (10 años), aparte de manifestar logros muy importantes en la conservación y la productividad del suelo, manifestaron también ser rentables para el productor, lo cual permite poder recomendarse como sistemas alternativos orientados a la búsqueda de una agricultura sostenible y que tienen la factibilidad de ser adoptadas por los agricultores que siembran en terrenos de ladera.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Considerando la naturaleza del estudio y de acuerdo a los resultados obtenidos, se llega a las siguientes conclusiones

1. El efecto acumulado de los sistemas de producción evaluados se manifestó diferencialmente en la reducción de las pérdidas de suelo y agua. Los sistemas más eficientes fueron los que incluyeron en su manejo la no quema de residuos de cosecha al reducir en un 96% las pérdidas de suelo por erosión hídrica y en un 78% el volumen de agua perdido por escurrimiento superficial.
2. Así mismo; el efecto acumulado de los sistemas se manifestó diferencialmente en el incremento de los niveles de materia orgánica. Los sistemas de producción que incrementaron y sostuvieron su nivel por encima del valor inicial de materia orgánica (4.4%), fueron los que incluyeron en su manejo la práctica de no quemar los residuos de cosecha. Lo anterior permite considerar el uso de los residuos de cosecha como una alternativa para incrementar y mantener la fertilidad de los suelos.
3. Durante los primeros cinco años (corto plazo), los mayores rendimientos promedios acumulados de maíz se obtuvieron con el sistema de producción donde pastoreo el ganado, se quemaron los residuos de cosecha y se sembró el frijol terciopelo en relevo al maíz (P-Q-T). Mientras que en el mediano plazo (10 años) le correspondió al sistema de producción donde no pastoreo el ganado, ni se quemó los residuos y se utilizó al terciopelo en relevo al maíz (SP-SQ-T). Con el manejo de este último se logró un incremento sostenido de la productividad del suelo a través del tiempo.
4. De acuerdo a la evaluación económica, en los primeros cinco años de efecto acumulativo, los ocho sistemas evaluados resultaron rentables, y al considerar los diez años (mediano plazo), únicamente los cuatro sistemas que incluyeron en su manejo la siembra del frijol terciopelo

5.2 Recomendaciones

Tomando en cuenta las observaciones y experiencias del presente estudio, a continuación se anotan algunas recomendaciones que pueden coadyuvar en la implementación de los resultados obtenidos y de futuras investigaciones.

1. En la implementación de programas enfocados a la conservación de los recursos naturales (suelo, bosque y agua), deben buscarse procedimientos efectivos de transferencia y recomendarse tecnologías que sean técnica y socialmente viables, económicamente rentables y consideren además el impacto ambiental que puedan ocasionar a nivel de cuenca. Ya que los agricultores no están acostumbrados a realizar prácticas de conservación y mucho menos esperar beneficios a mediano y largo plazo
2. Es necesario y urgente crear una dependencia especializada donde integre profesionales de diferentes disciplinas (investigación, validación, difusión, extensión y crediticia) para que en coordinación con los productores, sea la encargada de planificar e implementar programas orientados a la conservación de los recursos naturales de una forma coordinada e integrada
3. Dado que con los sistemas de producción que incluyeron dentro de su manejo las prácticas de no quema de residuos de cosecha y la siembra de frijol terciopelo redujeron significativamente las pérdidas de suelo e incrementaron sustancialmente su productividad, sería conveniente y necesario incluir dichas prácticas en los programas de conservación como alternativas para buscar una agricultura sostenible en terrenos de ladera.
4. Así mismo, es necesario realizar estudios que permitan entender mejor la relación cantidad de rastrojo-carga animal y manejo del terciopelo con la conservación y productividad del suelo. Estos trabajos deben considerar, evaluar el efecto independiente de las prácticas de manejo y de la cobertura por follaje, e intensificar la evaluación en campo y laboratorio de los parámetros relacionados con la estructura del suelo, así como los

parámetros relacionados con su fertilidad, principalmente la aportación de materia orgánica por parte de los residuos y la fijación de nitrógeno por parte del frijol terciopelo.

- 5 Se requiere realizar estudios de monitoreo sobre el fósforo, para saber cuando es necesario hacer nuevas aplicaciones de este elemento y mantener la reserva existente en el suelo.
- 6 Dado que no se encontró respuesta significativa al factor pastoreo de ganado, se sugiere modificar el experimento, cambiando dicho factor por otro que este más relacionado con los otros dos factores. Como propuesta se sugiere evaluar dosis de nitrógeno con el propósito de explorar una disminución en el nivel de fertilización y con ello bajar los costos de producción en el cultivo de maíz.

6. BIBLIOGRAFIA

- ANAYA, G.M. 1991. La desertificación, sus causas y consecuencias: medidas preventivas y correctivas para su control. Conferencia Magistral. Memorias del Primer Seminario sobre Manejo de Suelos Tropicales en Chiapas. CIES. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. México. p. 18.
- ARRELLANO, M. J. L. 1989. Los terrenos agrícolas de Chiapas. SARH-Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 12 p.
- ARRELLANO, M. J. L. 1991. Caracterización de la erosión hídrica potencial en Chiapas. de CIES. México.
- BANDY, D.; GARRITY, D. P.; SANCHEZ, P. 1994. El problema mundial de la agricultura de tala y quema. Agroforestería en las Américas. Turrialba, Costa Rica. ISSN 1022-7482: 14-20.
- BOLAÑOS J., SAIN G., URBINA R., BARRETO H. 1993. Síntesis de resultados experimentales 1992. Programa regional de maíz para Centro América y el Caribe. Guatemala, Guatemala. 283 p.
- BUCKLES, D. 1994. El frijol terciopelo. Una planta "nueva" con historia. Documento Interno. CIMMYT, México, 26 p.
- BURGOS, G.A. 1987. El manejo inadecuado de la ganadería como factor de erosión en los suelos de ladera. Suelos ecuatoriales. Vol. XVII (2) p. 257-260.
- CECECH. 1985-1994. Informes anuales de investigación SARH-INIFAP-CIFAP-CHIS. Ocozocoautla, Chiapas, México.
- CECECH. 1992. Marco de referencia para la investigación forestal y agropecuaria del Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chiapas, México.

- CIAPY. 1984. La milpa: Sistema tradicional para producir maíz asociado con frijol y calabaza en la Península de Yucatán. INIA. México. 22 p.
- CIDICCO. 1991. Noticias sobre el uso de cultivos de cobertura No. 2 (Ed.) Flores, M. Tegucigalpa, Honduras. p. 1- 4.
- CIDICCO. 1992. El uso del frijol Lablab. En: Noticias sobre el uso de los cultivos de cobertura No. 4 (Ed.) Flores, M. Tegucigalpa, Honduras. p. 1-4
- CIDICCO. 1992. El uso de leguminosas de cobertura por pequeños agricultores y su contribución a la agricultura Hondureña. Reporte técnico E92-1 (Ed.) Flores, M. Tegucigalpa, Honduras. p. 1-5.
- CIDICCO. 1992. Prácticas de manejo para trabajar con frijol terciopelo. En: Noticias sobre cultivos de cobertera No. 5 (Ed.) Flores, M. Tegucigalpa, Honduras. p. 1-5.
- PERRIN, R. K., D. L. WINKELMANN, E. R. MOSCARDI Y J. R. ANDERSON, 1976. Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México: CIMMYT. 54 p.
- CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México, D.F., México: CIMMYT. 79 p.
- CONSTANTINESCO, I. 1976. Conservación de suelos para los países en desarrollo. Boletín de suelos de la FAO No. 309. Servicios de Recursos, Fomento y Conservación de Suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. FAO. Roma. 91 p.
- DE CAMINO V. R., MULLER S. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales. Bases para establecer indicadores Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Coronado, San José, Costa Rica. 133 p.

- FASSBENDER H.W. 1975. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 398 p.
- FASSBENDER, W. H. 1987. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 240-245.
- FAUSTINO, J. 1988. Manual técnico de conservación de suelos y aguas. CATIE. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales. Proyecto Regional de Manejo de Cuencas. Turrialba, Coata Rica. 224 p.
- FIGUEROA S. B. 1975. Pérdida de suelos y nutrientes y su relación con el uso del suelo en la cuenca del río Texcoco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 209 p.
- FLORES, M. 1987. Utilización del frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) por los agricultores de las aldeas del Departamento de Cortes, Honduras para la producción de maíz. CIDICCO. Tegucigalpa, Honduras. 7 p.
- FLORES, M. 1992. El uso de leguminosas de cobertura por pequeños agricultores y su contribución a la agricultura hondureña. CIDICCO. Reporte técnico E92-1. Tegucigalpa, Honduras. 20 p.
- HART R.D. 1985. Conceptos Básicos sobre agroecosistemas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 159 p.
- HUDSON, N.W. 1977. Soil conservation. Cornell University Press. Ithaca, New York. 319 p.
- JACKSON J. 1992. Los abonoa verdes. CIDICCO. Reporte técnico E92-1. Tegucigalpa, Honduras. 10 p.

- KAIMOWITZ D. 1993. La experiencia de Centroamérica y República Dominicana con proyectos de inversión que buscan sostenibilidad en las laderas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Programa de Generación y Transferencia de Tecnología. San José, Costa Rica. 66 p.
- LAL, R. 1976a. Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria III. Effects of rainfall characteristics. *Geoderma*, 16:389-401.
- LAL, R. 1976b. Soil erosion on Alfisol in Western Nigeria, I. Effects of slope, crop rotation and residue management. *Geoderma*, 16:363-375.
- LAL, R. 1981a. Clearing a tropical forests. II. Effects on crop performance. *Field Crops Research*, 4: p. 345-354.
- LAL, R. 1981b. Soil erosion problems of Alfisol in Western Nigeria. VI. Effects of erosion on experimental plots. *Geoderma*, 25: 251-230.
- LAL, R. 1986a. Conversion of tropical rainforest: agronomic potential and ecological consequences. *Advances in Agronomy*. Vol. 39, p. 173-264.
- LAL, R. 1986b. Deforestation and erosion In: Land clearing and development in the tropics. (Eds.) Lal, R. P.A. Sánchez and R. W. Cummings. Rotterdam, Netherlands. p. 299-315.
- LAL, R. 1988a. Soil erosion research on steep lands. In: Conservation Farming on Steep Lands. (Eds.) Moldenhaver, W.C. and N.W. Hudson Soil and Water Conservation Society. World Association of Soil and Water Conservation. Ankeny, Iowa. p. 45-53.
- LAL, R. 1988c. Monitoring soil erosion's impact on crop productivity. In: soil erosion research methods. (Eds.) r. Lal. Soil and Water Conservation Society Ankeny, Iowa p. 187-200.

- LOPEZ, B. W.; VILLAR, S. B.; ZAMARRIPA, M. A.; PIEDRA, C. R. DE LA, 1992. Aprovechamiento integrado y sostenido el suelo en la región Fraylesca, Chiapas, México. Proyecto de investigación. CECECH. Ocozocoautla, Chiapas México. 24 p.
- LOPEZ, M. J. 1993. Conservación y productividad de suelos en ladera de La Fraylesca, Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. México. 177 p.
- MICHAELSEN, T. 1980. Manual de conservación de suelos para tierras de ladera. Documento de trabajo No. 3. Tegucigalpa, Honduras. p. 44-47.
- MORGAN, R. P.C. 1979. Soil erosion: topics in applied geography. Soil Erosion. Longman. London and New York. 113 p.
- NIEUWKOOP, M. V.; BAEZ, L. W.; ZAMARRIPA, M. A.; PIEDRA, C. R. DE LA; CHAVEZ, C. F.; CAMAS, G. R.; LOPEZ, M. J. 1994. La adopción de las tecnologías de labranza de conservación en La Fraylesca, Chiapas. México. D. F.; CIMMYT.
- NIEUWKOOP, M. V.; BAEZ, L. W.; ZAMARRIPA, M. A.; CADENA, I. P.; VILLAR, S. B.; PIEDRA, C. R. DE LA 1992. Uso y conservación de los recursos naturales en La Fraylesca, Chiapas: Un diagnóstico. México. D. F. CIMMYT.
- PIEDRA, C. R. DE LA. 1987. Diagnóstico, Base de un programa de investigación en campos de agricultores: Caso La Fraylesca, Chiapas. Tesis Profesional. UNACH. México.
- POOL, N. L. 1986. Experimentación en producción maicera bajo roza-tumba-quema en Yaxcabá, Yucatán, México. Tesis profesional Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 136 p.

- SANCHEZ P.A. 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 634 p.
- SHANER, W. W.; PHILIPP, P. F.; SCHMEHL, W. R. 1982. Farming systems research and development: Guidelines for developing countries. Westview Press. 414 p.
- SINGER, M. J. And WALKER, P. H. 1983. Rainfall-runoff in soil erosion with simulated rainfall, overland flow and cover. Aust. J. soil Res., 21: 109-122.
- SOLANO, A. R. 1994. La ganadería: actividad destructora del medio ambiente?. Agroforestería en las Américas. Turrialba, Costa Rica. ISSN 1022-7482: 4-5.
- SUAREZ, C. F. 1982. Conservación de suelos 3a. ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. p. 154-168.
- THURSTON H.D., SMITH M. ABAWI G. KEARI S. 1994. Los sistemas de siembra con cobertura. CATIE y CIIFAD Ithaca, New York. 330 p.
- TRACY, C. T.; MUNGIA, P.R. 1986. Manual práctico de conservación de suelos. Proyecto Manejo de Recursos Naturales. Tegucigalpa, Honduras. 165 p.
- TRUEBA C. A. 1992. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 273 p.
- VILLAR S. B. 1996. Erosionabilidad de suelos y su impacto en la productividad del maíz en el trópico mexicano. Tesis Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 215 p.

7. ANEXOS

Cuadro 1A. Significancia de los análisis varianza individual de la variable rendimiento de maíz. La Fraylesca, Chiapas. México. 1996.

Fuente de Variación	Años								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1993	1994
Repetición	n.s.								
Pastoreo (P)	n.s.								
Quema (Q)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
Cobertera (C)	n.s.	0,085	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	0,074	*
P-Q	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	0,083	n.s.
P-C	n.s.	0,076	n.s.						
Q-C	n.s.								
P-Q-C	n.s.	*	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CMEEa	0,129	0,081	0,430	0,586	0,830	0,435	0,335	3,122	1,218
CMEEb	0,084	0,303	0,528	0,183	0,074	0,655	0,228	0,296	0,554
CMEEc	0,154	0,098	0,249	0,195	0,252	0,139	0,290	0,180	0,051
C.V. (%)	8,34	7,47	14,76	11,13	12,15	9,62	21,77	12,83	5,27

P= Efecto del pastoreo, Q= Efecto de la quema, C= Efecto del terciopelo

Cuadro 2A. Significancia de los análisis de varianza individual y combinado de la variable rendimiento de maíz, La Fraylesca, Chiapas, México. 1996.

Fuente de Variación	Años								
	85	85-86	85-87	85-88	85-89	85-90	85-91	85-93	85-94
Años	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Repeticiones	n.s.								
Pastoreo (P)	n.s.								
Quema (Q)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	**
Cobertera (C)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	**	**	**
Años - P	n.s.								
Años - Q	n.s.								
Años - C	n.s.								
P-Q	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	*	*	**	**
P-C	n.s.								
Q-C	n.s.								
P-Q-C	n.s.	*	**	**	**	**	**	**	**
Años - P-Q	n.s.								
Años - P-C	n.s.								
Años - Q-C	n.s.								
Años -P-Q-C	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CMEEa	0,129	0,105	0,213	0,307	0,411	0,415	0,404	0,743	0,820
CMEEb	0,084	0,193	0,305	0,274	0,234	0,305	0,94	0,294	0,318
CMEEc	0,154	0,126	0,167	0,174	0,190	0,181	0,197	0,195	0,174
C.V. (%)	8,34	7,98	9,98	10,27	10,68	10,53	11,62	11,75	11,10

P= Efecto del pastoreo, Q= Efecto de la quema, C= Efecto del terciopelo

CMEEa= CME correspondiente a repeticiones - años