

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE  
INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ENSEÑANZA  
ÁREA DE POSTGRADO**

**DESARROLLO DE UN MODELO PARA LA  
EVALUACIÓN AUTOMATIZADA DE TIERRA CON  
ÉNFASIS EN LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS  
NATURALES, EN LA FRAYLESCA, CHIAPAS, MÉXICO.**

*Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del  
programa de estudios de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos  
Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
para optar al grado de*

**Magister Scientiae**

Por

**Robertony Camas Gómez**

CATIE  
Turrialba, Costa Rica  
1995

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Área 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:

## **MAGISTER SCIENTIAE**

COMITE ASESOR :



---

José Arze Borda, M. Sc.  
Profesor Consejero



---

Donald L. Kass, Ph. D.  
Miembro del Comité Asesor



---

Sergio Velásquez M., M. Sc.  
Miembro del Comité Asesor



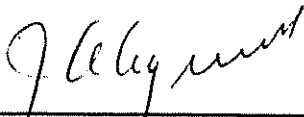
---

Jorge Faustino M., Ph. D.  
Miembro del Comité Asesor



---

Pedro Oñoro, Ph. D.  
Miembro del Comité Asesor



---

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



---

Pedro Ferreira, Ph. D.  
Director, Programa de Enseñanza



---

Robertony Camas Gómez  
Candidato

## AGRADECIMIENTOS

Al MSc. José Arze Borda, inapreciable profesor consejero, su guía marcó las directrices para una buena formación profesional. Gracias por ser maestro y amigo, por su comprensión y confianza. Dios lo bendiga.

A Donald Kass, Pedro Oñoro, Jorge Faustino PhD y Sergio Velazquez, MSc., miembros del comite de tesis por sus acertadas observaciones al presente trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) por el patrocinio de la beca que permitió mis estudios en el CATIE.

Al MSc. Tomás Galómo Rangel Director Agrícola de la Región Sur (INIFAP) por su apoyo decidido para la tramitación de la beca y por su confianza hacia mi persona.

Al MSc. Walter López Báez por fungir como asesor en la fase del trabajo efectuado en La Fraylesca, Chiapas, México. Gracias por su amistad.

Al Msc. Leopoldo Gómez, por su amistad y apoyo en diferentes aspectos del trabajo.

A las diversas instituciones que facilitaron la información cartográfica y análisis de suelos de la región en estudio.

A los agricultores de los ejidos Villaflores, Calzada Larga y Joaquín M. Gutiérrez que desinteresadamente contribuyeron en los recorridos de campo, para la ubicación de las parcelas, correspondientes a los registros de análisis de suelos.

## DEDICATORIA

***" Alma mía, bendice al Señor, alaba de corazón su santo Nombre.  
Sí, alma mía, bendice al Señor, y no olvides tantos beneficios de su mano."  
Salmo 103***

A mis padres, René y Natividad por guiarme con amor en la vida y por su presencia en los momentos agradables y difíciles.

A mi esposa Sary por su paciencia y apoyo decidido. Por motivarme en los momentos difíciles y guiar nuestros lazos en el amor de Dios.

A mi hija Veronica, ese gran regalo que el cielo al fin nos envió. Eres una pieza muy importante para vencer obstáculos y alcanzar mejores logros.

A mis hermanos Enelyi, Leticia y Rausel, por su apoyo y darme siempre la satisfacción de pregonar que formamos una familia muy unida. Así sea siempre.

A mis cuñados Mario, Armando, por su gran apoyo. Que sigan obteniendo muchos éxitos

Al "viejo" compadre Rausel y comadre Mary por sus motivadoras cartas que siempre llegaban en el momento más apropiado.

A todos mis sobrinos y ahijados.

A mis compañeros Luis Lin Mou Sue y Reginaldo Reyes, creanme, los extrañaré.

## BIOGRAFÍA

El autor nació en Villaflores, Chiapas, México, el 13 de noviembre de 1962. Efectuó estudios primarios en la Escuela Angel Pola Moreno. La secundaria en la Escuela Secundaria Federal y bachillerato en la Escuela Preparatoria Agropecuaria Villaflores.

En 1980 obtuvo una beca para realizar estudios en el Colegio Superior de Agricultura Tropical ( CSAT ) en Cardenas, Tabasco, México, donde obtuvo el título de Ingeniero Agronomo Parasitologo.

En 1986 se desempeñó en la Comisión Nacional de Fruticultura ( CONAFRUT ) del estado de Chiapas.

De 1987 a 1994 ha laborado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias ( INIFAP) desempeñando trabajos en los programas de Entomología y Conservación de Recursos Naturales.

En 1994 ingresó a la escuela de Postgrado del CATIE en el programa de Agricultura Tropical Sostenible con énfasis en Sistemas Agroforestales.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>BIOGRAFÍA.....</b>	<b>v</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>x</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>xi</b>
<b>TABLA DE CUADROS.....</b>	<b>xii</b>
<b>TABLA DE FIGURAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>TABLA DE FIGURAS EN EL ANEXO .....</b>	<b>xvi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
2.1 General .....	4
2.2 Específicos .....	4
<b>III. HIPÓTESIS.....</b>	<b>4</b>
<b>IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
4.1 Evaluación de las tierras .....	5
4.2 Metodología para la evaluación del uso de la tierra.....	6
4.3 Principios básicos de un sistema de evaluación .....	7

4.4	Los principios básicos para la evaluación de la tierra y su uso.....	9
4.5	Sistema experto.....	11
4.6	La evaluación de tierras mediante el ALES .....	12
4.7	Magnitud de la degradación de los suelos en la región y sus efectos.....	13
4.8	Experiencias de la aplicación de prácticas de conservación de suelos en la región.....	15
4.8.1	<i>Implementación de obras mecánicas</i> .....	15
4.8.2	<i>Implementación de tecnologías de labranzas de conservación conservación</i> .....	16
4.9	Labranza de conservación .....	17
4.9.1	<i>Labranza cero</i> .....	18
4.9.2	<i>El uso de cobertura con labranza cero</i> .....	20
4.9.3	<i>Incorporación de abonos vegetales</i> .....	21
4.10	Uso de barreras vegetativas para control de la erosión.....	23
4.11	Requisitos del cultivo de maíz .....	25
4.12	Requisitos del frijol terciopelo o nescafé.....	28
4.13	Requisitos del cocuite o madreado .....	29
<b>V.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>30</b>
5.1	Localización del área de estudio .....	30
5.2	Clima y fisiografía.....	32
5.3	Sistemas de producción.....	33
5.4	Clase primordial de uso y tipos de uso de la tierra (TUT) .....	34
5.4.3	<i>Tipos de uso en labranza convencional y cero con barreras vegetativas de Gliricidia sepium y Stizolobium sp</i> .....	35
5.4.3.1	<i>Barreras vegetativas de Gliricidia sepium</i> .....	35
5.4.3.2	<i>Establecimiento del frijol nescafé Stizolobium sp</i> .....	36
5.5	Definición de los sistemas expertos con el Sistema Automático de Evaluación de Tierras (ALES) .....	38
5.5.1	<i>Sistema experto 1</i> .....	38
5.5.2	<i>Sistema experto 2</i> .....	39
5.6	Materiales e información necesaria.....	41
5.6.1	<i>Recolección de información cartográfica, estadística, y análisis de suelos</i> .....	41
5.6.2	<i>Recolección de información experimental y determinación de expertos</i> .....	42

5.7	Identificación de unidades de tierra (UT) .....	43
5.8	Características de la tierra (CT) .....	44
5.8.2	Niveles de las características de la tierra .....	45
5.9	Definición de los requisitos de uso de la tierra .....	45
5.10	Niveles de severidad de los requisitos de uso de la tierra (RUT) .....	49
5.11	Requisitos de uso de la tierra (RUT) y características de la tierra (CT) que los forman .....	49
5.12	Determinación de las clases de aptitud .....	52
5.12.1	Aptitud física .....	52
5.12.2	Aptitud económica .....	54
5.13	El ALES y la construcción del modelo .....	55
5.14	Revisión y comprobación de campo .....	56
5.15	Uso del sistema IDRISI .....	56
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	57
6.1	Mapa de unidades de tierra .....	57
6.2	Características de las unidades de tierra en el segundo ordenamiento .....	63
6.3	El Sistema Experto .....	66
6.3.1	Generación de mapas por medio de la interfase ALIDRIS .....	67
6.3.2	Evaluación física y económica de las unidades de tierra para el sistema experto FRAY1 .....	68
6.3.2.1	Tipos de uso de la tierra labranza convencional con: quema, no quema y no quema+barreras+leguminosa .....	69
6.3.2.2	Tipos de uso de la tierra labranza cero con: quema, no quema y no quema+barreras+leguminosa .....	72
6.3.2.3	Tipos de uso de la tierra con no quema en labranza convencional y labranza cero .....	75
6.3.2.4	Tipo de uso de la tierra no quema + barreras + leguminosa en labranza convencional y labranza cero .....	76
6.3.3	Evaluación física y económica de unidades de tierra para el sistema experto FRAYMODI .....	82
6.3.3.1	Tipos de uso de la tierra labranza convencional y labranza cero con quema .....	87
6.3.3.2	Tipos de uso de la tierra labranza convencional no quema sin y con barrera+leguminosa .....	90
6.3.3.3	Tipos de uso de la tierra labranza cero no quema sin y con barrera+leguminosa .....	97
6.3.3.4	Tipo de uso de la tierra labranza convencional y cero, con no quema +barreras+ leguminosa .....	104



6.3.2	<i>Confrontación de los rendimientos reales con los obtenidos mediante la evaluación.....</i>	108
6.3.4	<i>Generalización de las tendencias presentadas por las 9 unidades de tierra representativas en el segundo sistema experto (escenarios en el tiempo), al resto de las unidades .....</i>	111
6.3.4.1	Unidades de tierra con Temporal de muy buena productividad con pendiente < 4%.....	112
6.3.4.2	Unidades de tierra con temporal de muy buena productividad, con pendientes de 4-8%.....	113
6.3.4.3	Unidades de tierra con temporal de muy buena productividad, con pendientes de 8-16%.....	115
6.3.4.4	Unidad de tierra (Panteón-deportiva) con temporal de muy buena productividad con pendiente de 16-32% .....	116
6.3.4.5	Unidad de tierra (Mati) de temporal de buena productividad con pendiente de 8-16% .....	117
6.3.4.6	Unidades de tierra con temporal de buena productividad y pendientes > 32%.....	118
6.3.4.7	Unidades de tierra con temporal de mediana productividad y pendientes de 16 - 32% .....	119
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>122</b>
<b>IX.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO</b>	<b>.....</b>	<b>132</b>

## CAMAS G., R. 1995. Desarrollo de un modelo para la evaluación automatizada de tierras con énfasis en la conservación y recuperación de los recursos naturales, en la Fraylesca, Chiapas, México.

**Palabras claves:** evaluación de tierras, sistemas expertos, conservación de recursos, cultivo maíz.

### RESUMEN

En la región de La Fraylesca, Chiapas, México los suelos están sometidos a un acelerado proceso erosivo, como resultado se presenta una disminución de la fertilidad y de los rendimientos del maíz, cultivo de gran importancia económica y social. Los ejidos Joaquín Miguel Gutiérrez, Calzada Larga y Villaflores, son representativos de la problemática que impera en la región.

El trabajo se realizó entre diciembre de 1994 a noviembre de 1995. De mayo a junio de 1995 se recopiló información técnica disponible en las instituciones del sector agrícola, así como de los productores.

Se desarrollaron dos modelos básicos de evaluación con el Sistema Automático de Evaluación de Tierras (ALES) usando el cultivo del maíz como clase de uso primordial. El primer modelo (FRAY 1) evalúa los tipos de uso de la tierra en el primer año. En el segundo modelo (FRAYMODI) la evaluación se efectúa hasta cinco años para conocer los efectos de las innovaciones sobre la conservación de los recursos.

Se definieron 29 unidades de tierra (UT) basado principalmente en la clasificación de provincias agronómicas (INIFAP), riesgo de erosión, pendiente y características físico químicas del suelo.

Con la evaluación del primer modelo, el 71% del área no es apta física y económicamente para el tipo de uso de la tierra labranza convencional con quema, los principales limitantes son la posibilidad de mecanización, alto riesgo de erosión y disponibilidad de nutrientes. Labranza cero sin quema disminuye el área no apta a 67%.

Con labranza cero con quema sufre algo parecido (74 % de área no apta). Mientras que al no quemar y aplicar labranza cero existe una mayor conservación de los recursos naturales disminuyendo el área no apta (38%), el resto presenta 34% con aptitud moderada y 26% apta.

A un primer ciclo de implementar barreras vegetativas+*Stizolobium* sea con labranza cero o convencional se obtienen igual resultado en aptitud física que sin ellas.

En años posteriores el efecto del uso de barreras+ *Stizolobium* muestra mejorías en la aptitud física. En el aspecto económico durante los primeros cinco años y debido a las inversiones en barreras y siembra de *Stizolobium* los beneficios son menores respecto a no implementar barreras. Sin embargo a través de los años las tasas de incrementos en beneficio costo son mayores respecto a sin barreras, donde se mantienen estables.

CAMAS G., R. 1995. Developing a model to automatic land evaluation with emphasis on natural resource conservation and recuperation, in Fraylesca, Chiapas, Mexico.

*Key Words:* Land evaluation, expert systems, resource conservation, corn.

## SUMMARY

In the region of Fraylesca, Chiapas, Mexico, soils are under a rapid erosive process; consequently there is a decrease in soil fertility and productivity of corn, which is a crop of great social and economical importance. The areas of Joaquin Miguel Gutierrez, Calzada Larga and Villaflores represent this situation, imperative in the region.

This work was carried out between December 1994 and November 1995. Technical information was recovered from agricultural institutions and farmers during May and June 1995.

Two basic evaluation models were developed with ALES (Automatic Land Evaluation System), using corn as primordial use class. The first model (FRAY 1) evaluates the land uses in the first year. In the second model (FRAYMODI) the evaluation is done for five years, to know the effects of the innovations in soil conservation.

It was possible to define 29 land units (UT) based mainly on the classification of agronomical provinces (INIFAP), erosion risk, slope, and physical and chemical soil characteristics.

The first model evaluation shows that 71% of the area is not physically and economically appropriate to conventional soil use and burning; the major limitations are the possibility of mechanization, high erosion risk and nutrient availability. Without soil preparation and burning, the appropriate area is reduced to 67%. Without soil preparation and with burning, the result is similar (74% of the area is not appropriate), while not burning and without soil preparation there is a higher resource conservation, diminishing the inapt area (38%); the rest presents 34% with moderate aptitude and 26% apt.

During the first cycle of the establishment of vegetative barriers + *Stizolobium* either without soil preparation or conventional preparation, the results obtained for physical aptitude are the same as without it.

During the next years the effect of using barriers + *Stizolobium* improvements in physical aptitude. In economic terms, because of the investments in barriers and the establishment of *Stizolobium* the first five years, the benefits are lower than without the implementation of barriers. However, through the years, the increase rates in benefit/cost are higher than without barriers, which are kept stable.

## TABLA DE CUADROS

Cuadro 1. Características de la tierra y método de determinación.....	46
Cuadro 2. Características de la tierra (CT) y sus categorías.....	47
Cuadro 3. Requisitos de los tipos de uso de la tierra.....	48
Cuadro 4. Niveles de los requisitos de uso de la tierra (RUT).....	50
Cuadro 5. Requisitos de uso de la tierra y características utilizadas en su designación.....	51
Cuadro 6. Clases de aptitud de la tierra y su descripción.....	53
Cuadro 7. Clasificación de las unidades de tierra, por el isocociente p/e (provincias agronómicas), pendiente y erosión.....	59
Cuadro 8. Localización de las Unidades de Tierra (UT).....	61
Cuadro 9. Descripción de las características de las unidades de tierra.....	65
Cuadro 10. Esquema guía del análisis de la evaluación de Tipos de uso de la tierra.....	69
Cuadro 11. Unidades de tierra, rendimiento, aptitud física y económica por tipo de uso.....	79
Cuadro 12. Sub-clases de aptitud física de unidades de tierra para diferentes tipos de uso.....	80
Cuadro 13. Unidades de tierra, y sus principales indicadores económicos bajo diferentes tipos de uso.....	81
Cuadro 14. Cambios en los valores de las características M.O. y suelo erosionado por la aplicación de seis tipos de uso de la tierra (TUT) durante cinco años.....	84
Cuadro 15. Tres escenarios para cada una de nueve UT (unidades de tierra) representativas. Rendimiento, aptitud física y económica por seis tipos de uso de la tierra.....	106
Cuadro 16. Principales indicadores económicos a cinco años de implementar las tecnologías.....	107
Cuadro 17. Unidades de tierra (UT) y rendimiento simulado y real para diferentes tipos de uso de la tierra (TUT).....	109
Cuadro 18. Unidades de tierra con temporal de muy buena productividad, con pendientes de 4- 8%.....	114

Cuadro 19. Unidades de tierra con temporal de muy buena productividad, con pendientes de 8-16%.....	115
Cuadro 20. Unidad de tierra con temporal de muy buena productividad y pendiente de 16-32%.....	116
Cuadro 21. Unidad de tierra (Mati) de temporal de buena productividad con pendiente de 8-16%.....	117
Cuadro 22. Unidades de tierra con temporal de buena productividad y pendientes > 32%.....	118
Cuadro 23. Unidades de tierra con temporal de mediana productividad y pendientes de 16 - 32%.....	121

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los ejidos y región Fraylesca en el estado de Chiapas, México.....	31
Figura 2. Localización de las unidades de tierra en la región de estudio.....	62
Figura 3. Evaluación de la aptitud física de la tierra en área (has) con labranza convencional quema (LCVQ); labranza convencional no quema (LCVNQ) y labranza convencional no quema +barreras + leguminosa (LCVNQBL).....	72
Figura 4. Evaluación de la aptitud física de la tierra en área (Has) con labranza cero quema (LCEQ); labranza cero no quema (LCENQ) y labranza cero no quema+barreras+leguminosa (LCENQBL).....	74
Figura 5. Evaluación de la aptitud física de la tierra en área (has) con labranza convencional no quema (LCVNQ) y labranza cero no quema (LCENQ).....	76
Figura 6. Evaluación de la aptitud física de la tierra en área (has) labranza convencional no quema+barreras+leguminosa (LCVNQBL) y labranza cero no quema + barreras + leguminosa (LCENQBL).....	77
Figura 7. Valor promedio de la relación beneficio costo con labranzaconvencional y cero no quema (LCVNQ, LCENQ) con y sin barreras Vegetativas+leguminosa (LCVNQBL, LCENQBL).....	78
Figura 8. Ubicación fisiográfica de las unidades de tierra escogidas para la evaluación a cinco años (escenarios) con los diferentes tipos de uso de la tierra, correspondiente al sistema experto FRAYMODI.....	83
Figura 9. Variación de la aptitud física con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Ante y Cruces con labranza convencional quema.....	88
Figura 10. Variación del rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Ante y Cruces con labranza convencional quema.....	88
Figura 11. Variación de la aptitud física con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Piju1 y Tamp3 con el TUT labranza cero quema.....	89
Figura 12. Variación del rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Piju1 y Tamp3 con labranza cero quema.....	89
Figura 13. Variación del beneficio/costo con el tiempo (escenarios) de la unidad de tierra Piju1 con labranza cero quema y no quema.....	90

Figura 14. Rendimientos promedios de unidades de tierra con labranza convencional con quema (LCVQ) y no quema (LCVNQ).....	91
Figura 15. Variación del rendimiento con el tiempo (escenarios) de la unidad de tierra Ante, con labranza convencional con y sin quema.....	92
Figura 16. Variación del rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de la unidad de tierra Cruces con labranza convencional no quema (CNQ) y quema (CQ).....	92
Figura 17. Variación del rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Ante y Cruces con labranza convencional no quema barreras+leguminosa (CNQBL) y con convencional no quema (CNQ).....	93
Figura 18. Rendimientos promedios (año 1) con labranza convencional con quema (LCVQ), no quema (LCVNQ), no quema+barreras +leguminosa (LCVNQBL).....	94
Figura 19. Diferencia promedio del rendimiento de labranza convencional no quema sin (LCVNQ) y con barreras+leguminosa (LCVNQBL) respecto a labranza convencional quema a uno, tres y cinco años.....	95
Figura 20. Relación beneficio/costo de escenarios de las UT Ante y Cruces con el TUT labranza convencional no quema sin (ANTCV, CRUCV) y con barreras+leguminosa (ANTCVBL, CRUCVBL).....	96
Figura 21. Variación de la aptitud física con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Mati y Ramlad con labranza convencional no quema barreras+leguminosa.....	97
Figura 22. Diferencia promedio de rendimientos de labranza cero no quema respecto a labranza cero con quema a uno, tres y cinco años.....	98
Figura 23. Variación del rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de la unidad de tierra Ante con labranza cero con quema (LCEQ) y no quema (LCENQ).....	99
Figura 24. Variación de rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Mati, Piju1, Piju2 y Tamp3 con labranza cero no quema y Piju1LCEQ, TampLCEQ labranza cero con quema.....	100
Figura 25. Diferencia promedio del rendimiento de labranza cerono quema sin (LCNQ) y con barreras+leguminosa (LCNQBL) respecto a labranza cero a uno, tres y cinco años.....	101
Figura 26. Aumento promedio del rendimiento de maíz de escenarios de unidades de tierra con labranza cero no quema con (LCENQBL) y sin barreras+ leguminosa (LCENQ).....	102

Figura 27. Valor promedio de relación beneficio/costo de unidades de tierra con labranza cero no quema con (LCENQBL) y sin barreras+leguminosa (LCENQ) .....	103
Figura 28. Comportamiento del rendimiento a través de diferentes escenarios con labranza cero (LCENQBL) y convencional no (LCVNQBL) quema, ambas con barreras+ leguminosa. ....	105
Figura 29. Relaciones entre el rendimiento observado y simulado. ....	110

## TABLA DE FIGURAS EN EL ANEXO

Figura 1A. Evaluación de aptitud física de maíz en labranza cero con barreras y leguminosas en el ejido Villaflores, Chiapas, México. ....	133
Figura 2A. Evaluación de aptitud física de maíz en labranza convencional no quema en el ejido Villaflores, Chiapas, México. ....	134
Figura 3A. Evaluación del rendimiento de grano de maíz con labranza convencional no quema en el ejido Villaflores, Chiapas, México. ....	135
Figura 4A. Evaluación del beneficio/costo con maíz labranza cero no quema en el ejido Villaflores, Chiapas, México. ....	136



## I. INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales, las características biofísicas de los recursos naturales asociadas a la interacción de actividades no planificadas del hombre, hacen que el uso del suelo genere impactos negativos sobre el medio ambiente y la infraestructura para el desarrollo, ocasionando a la vez la degradación y pérdida de los recursos naturales.

La degradación de los recursos naturales tienen un impacto negativo en la producción de los alimentos necesarios para una población en continuo aumento.

Actualmente existe mayor cantidad de gente mal alimentada y por ende una menor calidad de vida. Sánchez y Salinas (1983) destacan de acuerdo a estimaciones de la FAO, que es necesario un incremento del 60% de la producción de alimentos para poder mantener el nivel de alimentos adecuado per capita, significando la incorporación de 200 millones de hectáreas a la agricultura para alcanzar este propósito. En muchos países, esto ocasiona trasladar la actividad agrícola a áreas no aptas para este uso y más grave aún sin las medidas adecuadas y pertinentes que eviten la degradación de los recursos.

En la República Mexicana, de acuerdo a estimaciones de la Dirección de Conservación de Suelo y Agua, el 80% de la superficie nacional presenta diferentes grados de erosión. Las regiones tropicales ocupan a lo largo de la zona costera del Golfo de México y la vertiente del Pacífico alrededor de 4.2 millones de hectáreas (Sánchez, 1990).

Estimaciones efectuadas en el estado de Chiapas de acuerdo a la metodología de la FAO, reportan que en un 30% del territorio se tienen pérdidas de suelo de 50 ton/ha/año; mientras que en un 8% se presentan de 50 a 200 ton/ha/año

(Estrada y Ortiz Solorio 1982). Las regiones con mayor problema de erosión hídrica son: la Depresión Central, Sierra Madre, Montañas Marginales del Norte y Altos de Chiapas (Villar et al, 1991).

La subregión Fraylesca considerada como zona maicera de primer importancia en el estado, cuenta con 830,000 hectáreas de las cuales 140,000 se siembran con maíz. Allí la degradación de los suelos es el principal problema, poniendo en peligro el uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, debido a una escasa planificación del uso de la tierra y a la forma desordenada en que las actividades agrícolas se han desarrollado .

El manejo del uso de la tierra tiene como meta la determinación, el establecimiento y el mantenimiento de una combinación de sistemas de usos de la tierra hasta un potencial sostenible, el cual está determinado por un proceso más o menos cíclico de evaluación y definición de factores y procesos contribuyentes en un contexto físico, biológico, social (político) y económico (Richters, 1985).

En una buena implementación de manejo del uso de la tierra, es necesario la planificación de la tierra, considerada como una actividad, cuya función es orientar las decisiones correctas, de tal forma que los recursos ambientales permitan el uso beneficioso para el hombre, conservando al mismo tiempo los recursos para el futuro (FAO 1976, citado por Richters, 1985).

En la subregión Fraylesca, actualmente y en los próximos años pocos problemas plantean mayores amenazas a la sostenibilidad de los sistemas de

producción agrícola como la degradación de los suelos, causado por el uso inadecuado de los mismos o por la aplicación desorganizada de las tecnologías generadas. Siendo necesario efectuar una planificación de uso de la tierra dando prioridad a la implementación de las prácticas de conservación.

Para ello se puede aplicar el marco de evaluación de tierras de la FAO

(1973), usando como instrumento de análisis el Sistema de Evaluación de Tierras (ALES), con la participación de un equipo multidisciplinario para lograr la integridad social, económica y productiva.

En base a la integración de toda la información se crean modelos con los cuales se forma un sistema experto de evaluación de tierras, de manera que las tecnologías generadas sean aplicadas ordenadamente, procurando la minimización de la degradación de los recursos, enfrentando satisfactoriamente el reto de satisfacer demandas de alimentos, materias primas y otras necesidades que exige el crecimiento de una población, dentro del marco de racionalización de subsidios, protección ecológica y escasez de nuevas tierras para cultivar.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 General

- Contribuir al mejoramiento de la producción sustentable del cultivo del maíz en la región de la Fraylesca, Chiapas, México.

### 2.2 Específicos

- a) Determinar y evaluar tipos de utilización de la tierra basados en el sistema de producción de maíz con diferentes prácticas de conservación.
- b) Determinar la distribución potencial de los tipos de uso del maíz de acuerdo al grado de degradación de las diferentes áreas de la zona de estudio.

## III. HIPÓTESIS

- a) Mediante el Sistema de evaluación de tierras ALES (FAO) es posible determinar zonas con aptitud para la producción sustentable del maíz.
- b) Es factible establecer una zonificación de los tipos de uso del maíz con prácticas de conservación de suelos, en base a prioridades de conservación.

## IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Evaluación de las tierras

La evaluación de la tierra consiste en la valoración de la explotación de la tierra cuando se utiliza con propósitos específicos. De esta manera, presenta un fundamento racional para tomar decisiones relativas al uso de la tierra basadas en análisis de las relaciones entre la utilización de la tierra y la tierra misma, con estimaciones de los insumos necesarios y de la producción proyectada (FAO, 1985).

Para establecer estas relaciones es necesario como lo plantea Richters (1987) describir e interpretar aspectos básicos del clima, vegetación, suelos y otros aspectos biofísicos, así como aspectos socioeconómicos, con el objeto de identificar usos probables de la tierra y compararlos en cuanto al rendimiento estimado de su aplicación sostenida.

En un estudio de evaluación de tierras los planificadores del uso confrontan áreas de tierra, denominadas unidades cartográficas, con usos de la tierra, denominados tipos de utilización de la tierra, para así determinar la aptitud relativa de cada área para cada uso específico (Rossiter, 1993). En este mismo sentido el resultado de una evaluación normalmente da información sobre dos o más formas potenciales de uso para cada zona de tierras, incluidas las consecuencias beneficiosas o adversas de cada una (Richters, 1987).

## 4.2 Metodología para la evaluación del uso de la tierra

Las metodologías para la evaluación del uso de la tierra han venido evolucionando. De manera general se pueden diferenciar dos metodologías, una que toma en cuenta consideraciones de carácter físico y de conservación de recursos y otras que además, toman en cuenta los aspectos socioeconómicos.

Además resulta conveniente distinguir entre lo que es clasificación y evaluación. La primera es relativamente estática en el tiempo y su propósito es de ordenar por clases o categorías, mientras que la evaluación asigna y calcula valores a la tierra dentro de una connotación de aptitud física y económica.

Las clasificaciones tienen una vigencia temporal limitada. La clasificación más general de tierras es la clasificación geográfica; en esta se toman en cuenta todos los parámetros estables y menos estables, que en conjunto describen las características básicas de la tierra en cuestión, como pueden ser geología, geomorfología, pendiente, clima, suelo, agua, vegetación, fauna y actividades humanas. Además existen clasificaciones más específicas que describen la ocurrencia espacial de un aspecto con más detalle como son las clasificaciones de suelo.

Entre las metodologías existentes para clasificación de suelos y clasificación por capacidad de uso de tierras, el sistema USDA (United States Department of Agriculture) ha sido el más difundido, el cual ha servido de ejemplo para muchos sistemas que se han desarrollado en el mundo. Este se trata de un acercamiento edafológico cuyo objetivo principal es proteger el suelo, también trata de un enfoque con clases previamente fijadas (Richters, 1989).

### 4.3 Principios básicos de un sistema de evaluación

La FAO (1976) ha desarrollado un sistema de evaluación de tierras con una metodología de aceptación mundial. Este esquema define en primer lugar el tipo de uso de la tierra, para realizar sobre ellas, la armonización de características, cualidades y requisitos de uso de la misma.

A partir de la comparación de usos de la tierra, el esquema propone cuatro categorías de aptitud física y su correspondiente aptitud económica:

a) Reconoce dos ordenes de aptitud:

- ♦ apta, en donde espera obtener beneficios que justifiquen insumos sin riesgo de deteriorar el ambiente, y b) no apta, en los cuales no es posible un uso sostenido.
- ♦ Clases de aptitud apta; generalmente se reconocen tres clases , representando los grados de adaptabilidad:
  - i) A1 (Altamente apta)
  - ii) A2 (Moderadamente apta)
  - iii) A3 (Marginalmente apta)

b) En el orden de aptitud no apta, existen dos clases ; la clase no apta actualmente o temporalmente y la no apta permanentemente.

- c) Sub clases aptitud. Estas representan limitaciones como los riesgos de erosión, disponibilidad de humedad etc. Las subclases se indican con letras minúsculas de significación nemotécnica, por ejemplo, A2h, A2e, A2i etc. En la clase A1 no existen limitaciones.
- d) Unidades de aptitud; son subdivisiones de una subclase, se diferencian entre sí, en sus características de producción ó en limitaciones secundarias.

Este sistema permite la evaluación de tierras de uso forestal, agricultura de secano, de riego y otros modelos de producción, sobre la cual se hacen algunas consideraciones relevantes.

- Puede estar referida al rendimiento actual de las mismas; supone cambios, efectos del cambio; considera la economía de las empresas propuestas, consecuencias sociales y ambientales.
- Debe responder a las interrogantes:

¿Cómo se manejan actualmente las tierras?

¿Cuáles mejoras podrían introducirse?

¿Qué otros usos son físicamente posibles, económica y socialmente?

¿Qué factores negativos están asociados a cada uso?

¿Qué insumos recurrentes son necesarios para alcanzar la producción deseada y reducir los efectos adversos?



¿Cuáles son los beneficios de cada forma de uso?

- El proceso de la evaluación facilita datos para tomar decisiones y, como resultado, da información necesaria sobre dos o más formas de uso para cada zona de tierra .
- La evaluación es parte de la planificación del uso de la tierra .

#### **4.4 Los principios básicos para la evaluación de la tierra y su uso**

- La evaluación es de la tierra y no del suelo.
- La aptitud de las tierras se evalúa y clasifica con respecto a clases específicas de utilización, porque las diferentes clases de uso de la tierra tienen diversas exigencias.
- La evaluación exige comparación de los beneficios obtenidos y los insumos necesarios para cada tipo de tierra.
- Se hace necesario participación y solución multidisciplinarias.
- La evaluación debe ser en términos biofísicos, económicos y sociales.
- La evaluación supone la comparación de más de una clase de uso.

Según FAO (1985) el ver la evaluación de la tierra con un enfoque de sistemas es complejo, sobre todo en la determinación de los límites de cada subsistema, como de las interacciones entre ellos. Además debe considerarse la variabilidad temporal de los subsistemas.

En la delimitación de las unidades geográficas para implementar un proyecto, deben tomarse en cuenta el principio de homogeneidad y principio de funcionabilidad.

Para el caso de homogeneidad si los criterios son físicos, la unidad geográfica puede ser homogénea en topografía, tasa de lluvia, etc.; si son económicos, puede ser uniformidad en sistemas de producción o una cierta producción.

Funcionabilidad, involucra el concepto de interrelación espacial en una región o zona; por ejemplo función gubernamental/administrativa, de mercado, etc. Para proyectos de uso de la tierra es crucial la coincidencia con la infraestructura gubernamental/administrativa para lograr éxito.

El problema de uso de la tierra se puede enfocar de dos maneras. Dedicarse a ciertas técnicas agrícolas (por ejemplo relacionado a conservación de suelos), a ciertos usos (mal usos) de la tierra en particular, o a ciertas combinaciones de usos, o sea ciertos sistemas de producción. También se puede dividir el área en áreas más pequeñas, representativas de la totalidad (Richters, 1989).

En el contexto de la evaluación de las tierras es necesario contar con información mínima necesaria, la cual puede ser obtenida de oficinas de desarrollo, agencias, de manera que sea factible planear o recomendar la vía racional y equitativa del uso de la tierra mediante técnicas de planeamiento, primeramente para desarrollo agrícola (Rossiter, 1989).

## 4.5 Sistema experto

Un sistema experto es un nuevo tipo de software que puede almacenar el conocimiento de expertos para un campo de especialidad determinada y muy estrechamente delimitada. Contribuye a la solución de un problema mediante deducción lógica de conclusiones imitando el comportamiento de un experto humano.

Estos sistemas de expertos encuentran su aplicación donde hay conocimientos especializados y experiencias valiosas, y no resulta posible una solución convencional de procesamiento de datos. Es decir, son problemas que implican un procedimiento de solución basado en el conocimiento (Nebendahl, 1988).

La conformación de un sistema de expertos es a través de relaciones lógicas de sus componentes, estos son: a) la base de conocimientos que contienen los hechos y experiencias de los expertos en un dominio determinado; b) los mecanismos de inferencia; c) el componente explicativo y d) la interfase del usuario para realizar consultas en un lenguaje muy natural y adecuado (Arze, 1992).

A pesar de la similitud que guardan los sistemas expertos para manejo o fisiología de cultivos y los modelos de evaluación, es importante distinguir la diferencia entre ellos. En primero utiliza mecanismos o prototipos de decisión siguiendo un diagrama causal, es decir las relaciones lógicas de efecto y respuesta en el manejo o comportamiento de una especie.

Los modelos de evaluación se dirigen a la definición de árboles de decisión para determinar las características que inciden sobre una cualidad de la tierra, y posteriormente establecer árboles de decisión para la aptitud física y económica

#### **4.6 La evaluación de tierras mediante el ALES**

El uso del Sistema Automático de Evaluación de Tierras (ALES) ha tenido una sobresaliente importancia en Latinoamérica. Así tenemos su aplicación en el Altiplano de Guatemala por Roller, (1989), evaluando los tipos de uso de brócoli, repollo, papa con semilla certificada y con la del agricultor y trigo. En Nicaragua se aplicó en el desarrollo de modelos de evaluación de tierras usando tipos de uso de la tierra como maíz semitecnificado con bueyes, papa tecnificado con bueyes y café semitecnificado con nivel intermedio de insumos (Moncada, 1990) y café monocultivo semitecnificado, café con sombra semitecnificado, café tradicional, café tecnificado y plantación forestal (Orozco, 1992).

En la Cuenca del Río Sinú, Colombia se aplicó el ALES para la evaluación de las tierras usando como tipos de uso el arroz de secano, ajonjolí, mango y pastos León, (1990).

Más recientemente Celada, (1993) y León (1994) utilizan este sistema de evaluación. El primero en el trópico seco de Jutiapa, Guatemala utilizando los cultivos asociados maíz + frijol + sorgo, maíz + frijol + eucalipto y plantación de bosque eucalipto como tipos de uso. El segundo autor en la Cuenca del Río Reventazón Turrialba, Costa Rica utilizando los tipos de uso caña y café.

De manera general para todos los estudios efectuados, se ha determinado que el Sistema Automático de Evaluación de Tierras (ALES), es un instrumento

valioso de evaluación de tierras, que permite una eficiente toma de decisiones para el uso adecuado de la misma, permitiendo con facilidad la actualización de las bases de datos y la experiencia de las bases de conocimientos, procurando un mayor dinamismo del sistema.

#### **4.7 Magnitud de la degradación de los suelos en la región y sus efectos**

La degradación de los suelos en el estado de Chiapas y en la región Fraylesca es el principal de los problemas que afecta la producción agrícola. A nivel estatal se reporta que un 36% (21, 641, 932 ha) de la superficie se encuentra afectada por diferentes grados de erosión de los suelos, presentándose con mayor magnitud en las regiones central y norte Villar et al (1991).

En la Depresión Central del estado, López et al (1993) estimaron a través de la ecuación universal de pérdida de suelo que de las 95, 000 ha sembradas en suelos de buena y muy buena productividad del Distrito de Desarrollo Rural No.1 (Tuxtla Gutiérrez), el 83% presentan tasas de pérdida de suelo superiores a las 50 ton/ha/año.

Específicamente en la sub-región Fraylesca, se tiene que alrededor de 23, 000 agricultores siembran 140, 000 ha de maíz de temporal en diversas topografías. En terrenos de laderas con pendientes de hasta 70%, se han cuantificado pérdidas de 22.3 ton/ha/año de suelo y se escurren 3, 979 m<sup>3</sup>/ha/año de agua bajo el manejo tradicional de los productores, esto implica pastoreo y quema de residuos de cosecha.

Además determinó una disminución de las características químicas conforme la pérdida de suelo aumenta a través de los años. Para la materia orgánica generó la ecuación  $MO(\%) = 4.2685 - 0.0186 \text{ Ton/suelo/ha/año}$ , ( $r = -0.63$ ) lo cual considerando una erosión de 70 toneladas para este sitio (60% pendiente) representa una pérdida del 30% de la cantidad inicial de materia orgánica, así también tendió a disminuir el contenido de potasio, materia orgánica, nitrógeno total, conductividad hidráulica, al contrario la densidad aumentó (López, 1993).

Este mismo autor tomando en cuenta pérdidas de suelo acumuladas de 1985-1991 y sometiéndolas a un análisis de regresión con el rendimiento de maíz, generó la ecuación de predicción  $Y = 3.0191 - 0.0065 \text{ (PSA)}$  donde PSA son pérdidas de suelo acumuladas en ton/ha/año

Los efectos de la erosión también han causado problemas en suelos de planicie, donde se han detectado valores bajos de materia orgánica (1-1.5%), de arcillas (< 13%) y de cationes intercambiables (CIC < 4.5 meq/100 g de suelo). Un 40% de los suelos (33, 500 ha) son muy ácidos con pH de 4.7 en promedio y una saturación del suelo por aluminio superior a 20%, únicamente el problema de acidez está causando pérdidas en el rendimiento de maíz de 800 hasta 1, 400 kg/ha, (CECECH, 1989).

Los agricultores están conscientes de este problema en sus suelos, en una encuesta efectuada por López (1991), 90% de ellos plantearon al "cansancio de la tierra" como el principal limitante del rendimiento y mencionaron que en un período de aproximadamente diez años han tenido un descenso promedio de 1.2 ton/ha de grano de maíz (120 kg por año).

Por su parte Nieuwkoop et al (1992) en un diagnóstico sobre el uso y conservación de los recursos naturales en la Fraylesca, encontró que la degradación

de los suelos puede considerarse en la región, como el principal problema que limita el logro de una agricultura sustentable. De manera que algunos agricultores para mantener los rendimientos de maíz han elevado sus dosis de nitrógeno hasta 230 kg/ha/año, lo cual ha sido posible con la política de subsidios a los fertilizantes en años pasados. Sin embargo los rendimientos obtenidos de 2.6 ton/ha indican una baja eficiencia en su aprovechamiento, lo cual redundará en sus costos de producción y la contaminación de cuerpos de agua con nitratos.

## **4.8 Experiencias de la aplicación de prácticas de conservación de suelos en la región**

### **4.8.1 Implementación de obras mecánicas**

Con el objeto de minimizar los efectos de la erosión de los suelos, se han desarrollado en México algunas prácticas de conservación y mejoramiento de suelos agrícolas, que se basan en resultados de investigación realizadas en otros países, aunque en algunos casos se han conjugado con tecnologías autóctonas.

El sector oficial, ha promovido el uso exclusivo de las prácticas mecánicas y ha realizado cuantiosas inversiones en su implementación. Las obras han recibido sendas críticas por su calidad y procedimiento de construcción, ya que en muchos casos el problema se ha tratado como si los terrenos fueran un bien del gobierno y el agricultor un asalariado, lo que ha redundado en un serio paternalismo y mínimo interés por preservar las obras (Bifano, 1983).

A este respecto en la región Fraylesca en años pasados se establecieron medidas como el uso de terrazas y bordos, lo cual fue posible mediante un proyecto de la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua. Estas fueron gratuitas y actualmente son pocos los agricultores que conservan estas obras, la mayor parte en mal estado. Los agricultores mencionan que nunca se les orientó de la manera en que debían darles mantenimiento, además de estas obras restaban mucho terreno de cultivo, tendiendo a destruirlas.

#### **4.8.2 Implementación de tecnologías de labranzas de conservación conservación**

En los últimos 5 años, varios institutos como la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), la Secretaría de Desarrollo Rural y Ecología (SDRyE) y Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), han promocionado el uso de tecnologías de labranza de conservación. Por su parte el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) las ha incluido en sus programas de investigación.

Lo anterior ha ocasionado se hayan adoptado en buena medida diferentes modalidades de labranza de conservación como medio para establecer una agricultura sostenible. Esto se explica también por el potencial de estas tecnologías en la generación de beneficios económicos en el corto plazo, por medio de la disminución de costos de producción en la minimización de los niveles de labranza.

En suelos planos como vegas o terrazas intermedias se presentan cuatro categorías diferentes de labranza: 1) labranza mínima, cuando no se quema y se reduce el paso de implementos agrícolas aplicando hasta tres rastreos; 2) labranza cero cuando no se quema y no se hace ningún laboreo del suelo con implementos;



3) labranza convencional con no quema, cuando no se queman los residuos de la cosecha anterior y se incorporan con por lo menos un barbecho y un rastreo; 4) labranza convencional, cuando se efectúa la quema de residuos y se aplican por lo menos un barbecho y un rastreo.

En los suelos de ladera únicamente se presentan dos tipos de labranza: 1) labranza cero, que implica la no quema de residuos de la cosecha; y 2) labranza convencional, que implica la quema de residuos (Nieuwkoop, 1994).

De manera general Nieuwkoop, (1994) concluye que la adopción de las tecnologías de labranza de conservación en la Fraylesca, está aún en su fase inicial, usándose en una superficie relativamente limitada. Así lo indican datos del Distrito de Desarrollo Rural No. 04 de la SARH, que manifiestan que de 92, 000 hectáreas cultivadas en el ciclo PV 1992 únicamente en el 13% se aplicó labranza de conservación, dividiéndose en 6, 189 bajo labranza mínima, 1, 432 labranza cero en planos y 4, 167 en laderas. Aproximadamente 4, 700 agricultores (34.4%) de un total de 13, 500 de la región usaron una tecnología de labranza de conservación. Este número es mucho mayor que las hectáreas reportadas, lo cual indica que la mayoría de los agricultores están manejando pequeñas áreas.

## **4.9 Labranza de conservación**

La labranza de conservación , es cualquier sistema que contribuya a evitar la degradación del suelo y agua, en los cuales los residuos de cosecha juegan un papel importante en conservar el suelo, en establecer relaciones adecuadas entre el suelo y agua y en el control de las malezas (López, 1994).

En los EE. UU. se ha establecido que un sistema de labranza de conservación debe tener cuando menos un 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos de cosecha, para que tenga efectos significativos sobre la erosión. En el trópico se carece de información al respecto, sin embargo se recomienda proteger por lo menos el 50% de la superficie del suelo (Figueroa, et al. 1992).

#### **4.9.1 Labranza cero**

Consiste en la apertura de un pequeño agujero en el suelo, suficiente para enterrar la semilla. Incluye la no quema y la eliminación del movimiento del suelo por laboreo. Al dejar intacta la capa superficial del suelo, se reduce significativamente los costos de preparación del suelo y los daños por erosión. En terrenos con fuertes pendientes ( laderas) la practica de no quema es la actividad más importante, ya que normalmente en estas áreas la cero labranza con quema es parte de la forma de siembra tradicional (López, 1994). Al recomendar el uso de de residuos de la cosecha anterior o de alguna leguminosa como mulch, debe tenerse cuidado de picar el material en pequeños trozos de manera que facilite la siembra y no se vuelva hospedero de insectos (MAG, 1991)

En lo que respecta a su contribución sobre la minimización de la erosión del suelo MAG (1991) reporta que esta práctica ha demostrado ser muy eficiente hasta pendientes del orden de 20% agregando que en pendientes mayores debe ser combinada con otras obras de conservación de suelo.

Lal (1985) en parcelas de 5 hectáreas cultivadas con maíz durante 12 ciclos consecutivos, evaluó la labranza cero y convencional (barbecho + rastreo) sobre la erosión y cambios de algunas propiedades químicas y físicas de un Alfisol Tropical. En el suelo manejado con labranza cero se observó una tendencia en la reducción

de la densidad aparente, un incremento de la infiltración, materia orgánica y del pH. El declinamiento de las propiedades del suelo en el sistema de labranza convencional lo atribuyó al deterioro de la estructura.

Por su parte Kamara (1986) citado por López (1993), en un Ultisol con 8% de pendiente, evaluó el efecto de sistemas de labranza sobre erosión, escurrimiento, cambios de las propiedades del suelo y la respuesta de maíz y chicharo de vaca. Las pérdidas de suelo en terreno barbechado sin residuos fueron superiores en 26 y 16% a las obtenidas con labranza cero, para maíz y chicharo de vaca respectivamente.

En la Fraylesca se ha determinado la bondad de la labranza cero en el control de la erosión del suelo. Araujo (1991) en pendiente del 15% determinó bajo labranza cero una pérdida de suelo por erosión hídrica de 11.2 ton/ha respecto a 61.1 ton/ha bajo el control consistente en labranza convencional (arado + 2 rastras) obteniendo un rendimiento de maíz de 4.9 ton/ha en el primero respecto a 1.9 del segundo. Resultado similar fué obtenido por Zamarripa (1994) en una ladera del 40%, presentando 7.0 ton/ha de suelo erosionado con no quema de residuos respecto a 68.4 del testigo o control que implicaba la quema de residuos.

#### 4.9.2 El uso de cobertura con labranza cero

Se menciona que la cobertura vegetal es el factor más importante en el control de la erosión en los trópicos y que la cantidad de energía interceptada depende de la altura y densidad de la cobertura.

Es conocido que bajo condiciones de temporal, es común que la mayor parte de las pérdidas de suelo ocurran en las primeras etapas del desarrollo de los cultivos que es cuando presentan poca protección al suelo por su escasa cobertura vegetal.

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. Con cantidades bajas (0.56 ton/ha) de paja se llega a reducir la erosión en un 33% y al aplicar 2.24 ton/ha, se reduce a un 18% (Meyer et al, 1970).

En la Fraylesca López (1991) considera que la cantidad y calidad del residuo usado bajo labranza cero contribuye aún más al control de la erosión y a proveer una mayor disponibilidad de agua en el suelo. Este investigador ha cuantificado en laderas del 70% que durante 4 años bajo labranza cero con residuos de maíz y *Stizolobium* sp como cobertura, las pérdidas de suelo se reducen hasta un 92% y el escurrimiento superficial se reduce en 81% ocasionando una mayor infiltración y retención de humedad. Esto ocasiona que en años con fuerte problema de sequía como 1991, se obtengan 668 kg de maíz más, respecto al sistema tradicional de labranza cero con quema.

Por otra parte este mismo autor menciona que después de 4 años del uso de *Stizolobium* sp. en relevo de maíz se ha obtenido aumento de 320 kg/ha por efecto de la acumulación de nitrógeno y materia orgánica. En este sentido Gonzales (1985)

usando 5 ton/ha de esta misma leguminosa ha obtenido aportes importantes de materia orgánica y un aporte de nitrógeno equivalente a 149 kg.

### 4.9.3 Incorporación de abonos vegetales

Generalmente se utilizan plantas de rápido crecimiento productoras de abundante follaje y cuyo destino es la incorporación para mejorar el suelo. Para tal propósito se usan leguminosas ya que permiten una ganancia neta en nitrógeno para el suelo. La aplicación de esta práctica se debe investigar para cada sitio específico, de acuerdo a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas del agricultor, buscando complementar el sistema de cultivo en vigor sin cambiarlo.

Las formas de incorporación pueden ser cuando la leguminosa esta verde o seca, siendo en el primer de los casos cuando se aprovecha con mayor eficiencia. Los abonos verdes son altamente recomendados en terrazas construidas o en áreas recién habilitadas en donde no existan otras fuentes de abono orgánico. Generalmente los abonos se incorporan a la floración, momento en el cual el cultivo tiene la mayor cantidad de materia verde. Un buen abono verde debe proporcionar de 20 a 50 ton/ha de biomasa con un contenido de materia seca de 10 a 15%. A pesar de que el beneficio es a corto plazo, la mayor limitación es el costo de incorporación además de que solo es permisible en pendientes menores del 15% (MAG, 1991).

En la región Fraylesca a nivel de parcelas de validación se ha establecido *Stizolobium deerengianum* en relevo de maíz y su subsecuente incorporación como abono verde, obteniéndose aumentos en rendimientos de 400 kg/ha un año después de su incorporación y de 1.2 ton/ha después de dos ciclos de incorporación (Camas, 1993). En lo que se refiere a la incorporación de esta leguminosa como

abono seco, este mismo autor menciona que en parcelas de validación se han obtenido aumentos promedio en el rendimiento de 300 kg a un primer ciclo y de 430 kg a dos ciclos de incorporación en suelos franco arenosos con problemas de baja fertilidad, aunque en este caso también existe una contribución en la minimización del suelo erosionado por barreras vegetativas.

Se ha observado que la incorporación de la leguminosa sea en seco o verde presenta una mayor y más pronta descomposición de la leguminosa respecto a su manejo como cobertura (Camas, 1992), lo cual coincide con Doran (1987) quien manifiesta que las tasas de descomposición de residuos es mucho más bajo cuando están en la superficie que cuando son incorporados al suelo.

Al incorporar mediante mecanización residuos de *Stizolobium*, se detectó un valor de sustitución de fertilizante nitrogenado de 127 kg N-urea/ha respecto a 60 kg/ha como cobertura, lo cual sugiere que al no incorporar los residuos de las leguminosas en el suelo, se disminuye la cantidad de nitrógeno disponible para los cultivos subsecuentes de maíz. Esto además indica que existen pérdidas de nitrógeno por lavado o volatilización involucradas en la eficiencia de la conversión del nitrógeno fijado biológicamente en nitrógeno disponible para el siguiente cultivo cereal (Barreto, 1992).

Smyth (1991) en un oxisol en la Amazonia Central determinó con la incorporación de *Stizolobium* verde, durante tres años, aumentos promedios en rendimiento de maíz de 20% y de nitrógeno acumulado de 22% respecto al manejo como mulch, no existiendo efecto en Ca, acidéz, Mg y P.

Como observamos el aporte de esta leguminosa en la recuperación de la fertilidad de los suelos es importante, así también lo demuestra Wilson (1982) en Nigeria donde después de dos años de establecida se han obtenido aumentos en el

pH de 0.2, carbono 0.3%, nitrógeno 0.1%, fósforo 15 ppm, CIC 3.8, calcio 2.8 meq, magnesio 0.6 meq y potasio 0.5 meq.

#### 4.10 Uso de barreras vegetativas para control de la erosión

Es esencialmente un sistema silvoagrícola, donde se siembran plantas alimenticias entre setos de árboles o arbustos de porte pequeño. Los arbustos cumplen funciones de: aporte de abono vegetal al cultivo intercalado, propiciar el crecimiento de macro y microorganismos, producir leña, aportar nitrógeno fijado biológicamente y como barreras para control de erosión de los suelos.

Respecto a la utilización de cultivo en callejones para el control de la erosión se reportan muchos estudios experimentales que presentan cuantificaciones de la influencia de esta práctica en la disminución del proceso erosivo.

En Ibadán Nigeria, Lal (1989) citado por Kang (1993), encontró que cultivo en callejones con *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium* redujeron la erosión en un 83% y 73% respectivamente en comparación con el tratamiento de control.

Lebeuf (1991), en un experimento en lotes de escurrimiento, establecido en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica, determinó que cultivo de maíz en callejones de *Inga edulis* y *Erythrina fusca* presentaron menor material erosionado y menor coeficiente de escorrentía respecto a monocultivo, argumentando a la vez que el uso de coberturas con mulch es una de las formas de controlar mas efectivamente esos procesos. A la vez *Inga edulis* produjo los mayores rendimientos en las producciones de grano de maíz y frijol.

Ghost et al (1989) citado por Nair en ( 1992) en un estudio llevado a cabo en una zona al sur de la India con precipitación de 1, 700 mm anuales y suelos con 5-9% de pendiente intercaló setos de *Leucaena leucocephala* con yuca y cacahuate . Al segundo año se realizó una estimación de las pérdidas de suelo, resultando ser de 11.94 ton/ha/año, mientras que para *Leucaena leucocephala* y *L. leucocephala* + yuca las pérdidas fueron de 5.15 y 2.89 ton/ha/año respectivamente.

Resultados interesantes han sido obtenidos en Malawi por Banda et al (1994) en un cambisol con 44% de pendiente, donde se obtuvo un eficiente control de la erosión por efecto de setos de *Leucaena*. Las pérdidas decrecieron de 3-5 ton/ha/año hasta estabilizarse a un nivel bajo aceptable de 2 ton/ha/año. La reducción fue atribuida a la formación de terrazas y los setos se establecen mejor a una mayor edad, de manera que siete años después de su establecimiento se presentó un modificación del perfil de la pendiente. Los rendimientos de maíz de 1.5 - 2.3 ton a través de los años siempre fueron mayores para los tratamientos con setos de *Leucaena* demostrando los efectos benéficos de este sistema con respecto al tratamiento testigo que presentó una rápida declinación del rendimiento de hasta 152 Kg, como efecto de la degradación irreversible del suelo. Los resultados anteriores fueron obtenidos sin la aplicación de fertilizantes químicos, únicamente usando el follaje como abono.

En la Región de Los Tuxtlas, Veracruz, México se ha efectuado el establecimiento de parcelas de validación de barreras vegetativas con *Gliricidia sepium*, determinándose importante disminución de las escorrentías. Evaluaciones preliminares utilizando muestreadores Gerlach, indican que en un terreno con barreras vegetativas a cada metro de desnivel ocurre solamente un 63% de movimiento del suelo del ocurrido con respecto a un suelo cultivado de manera tradicional (Zuñiga et al, 1993).



En la Fraylesca, Chiapas , México, Zamarripa (1994) determinó en lotes de escurrimiento en un terreno con pendiente del 40%, bajo un primer ciclo de establecer barreras vegetativas de *Gliricidia sepium* pérdidas de 20.3 ton/ha de suelo respecto al testigo de 68.4 ton/ha. Este efecto benéfico se ha incrementado a través de los años conforme la barrera es más robusta presentando también una mayor humedad en el suelo.

En parcelas de validación de maíz con barreras vegetativas de *Gliricidia sepium* en contorno , se ha cuantificado una acumulación de suelo arriba de los setos, de 47 cm y 59 cm a 3 años de establecidos, en pendientes de 8 y 15% respectivamente, de manera que tiende a haber una formación natural de una terraza. A la vez se ha detectado durante la época de sequía intraestival, una humedad del suelo del 16% en áreas cercanas a la barrera respecto a 10% donde no existen barreras lo cual se considera es por la disminución de la velocidad de escurrimiento del agua, propiciando una mayor infiltración y permanencia de la misma por efecto del follaje y tallos aportados para fortalecer la barrera en los primeros ciclos (Camas, 1993). Una evaluación reciente manifiesta que a 4 años de establecida la barrera la acumulación de suelo es de 58 cm y 67 cm para las pendientes de 8 y 15% respectivamente.

#### 4.11 Requisitos del cultivo de maíz

Para una buena germinación del maíz se considera aceptable u óptima una temperatura del suelo a la profundidad elegida para sembrar de 13 °C (PIONEER, 1981) y para su desarrollo el maíz requiere de temperaturas entre 18 °C a 20 °C.

El cultivo presenta demandas de agua que van de 225 mm a 500 mm por ciclo de producción; la limitante por déficit tiene efectos sobre el rendimiento final de grano y la biomasa. De igual manera un exceso de agua provoca marchitamiento debido a la falta de oxigenación (Celada, 1993).

Para un ideal desarrollo, el maíz necesita de suelos francos y de textura intermedia con buen drenaje, sueltos, aireados y de relieves planos o ligeramente quebrados. No soporta suelos muy arcillosos, por disminuir la capacidad de respiración.

El cultivo se desarrolla muy bien en pH neutros aunque tolera ph de 5.5 . Suelos con ph menor de 5.5 resultan inadecuados porque afectan la disponibilidad de otros nutrientes, sobre todo cuando presentan una saturación de aluminio mayor de 20%.

Para obtener buenos rendimientos es necesario que el suelo tenga un nivel de fertilidad alto, ya que el maíz consume grandes cantidades de nutrientes aunado a su elevada capacidad de asimilarlos, de manera que es la planta que mejor reacciona ante fuertes dosis de fertilizantes (IICA, 1989). Así, es indispensable suministrarle al suelo las sustancias nutritivas necesarias para la planta, sobresaliendo principalmente el nitrógeno, fósforo y potasio.

Para el caso del nitrógeno, la respuesta de la planta es usualmente positiva, excepto en suelos recién abiertos a la agricultura, cuando la cantidad de nitrógeno inorgánico es alta. Según el INTA (1980), es necesario aplicar fertilizantes, ya que suponiendo una producción de 7000 kg/ha de grano, se consumen cerca de 150 kg/ha de nitrógeno. De éste, dos terceras partes son extraídas con la cosecha del grano y solo el tercio restante vuelve al suelo a través de los restos.

La SEP (1987), menciona que se aplican de 80 a 140 kg/ha para híbridos y de 40 a 70 kg/ha para variedades locales. Sin embargo el IICA (1989) menciona que la cantidad de nitrógeno puede variar de 50 a 150 kg/ha según la riqueza del terreno y de las circunstancias económicas. En la Fraylesca se tiene una alta respuesta al nitrógeno, determinándose dosis que van desde 80 a 185 kg según el grado de fertilidad del suelo (CECECH, 1994).

El fósforo generalmente se encuentra en cantidades mas bajas que el nitrógeno y potasio. Este no se encuentra sometido a pérdidas por lixiviación en el suelo. Durante el primer año, el cultivo no suele obtener más del 15 a 20% del fósforo aplicado con el fertilizante (Aldrich, 1978).

El IICA (1989) menciona que deben aplicarse de 40 a 60 kg/ha de fósforo cuando éste es deficiente en el suelo o sea menos de 20 ppm. A su vez MAG (1991) indica que deben aplicarse 60 kg/ha en suelos de fertilidad media o alta y 90 kg/ha en suelos de baja fertilidad.

Lo anterior concuerda con las dosis recomendadas para la Fraylesca (CECECH, 1994) siendo estas de 40 a 90 kg/ha para suelos desde baja a alta fertilidad.

El potasio es el elemento que más requiere el maíz. Todos los suelos, excepto los arenosos, poseen enormes cantidades de potasio, dentro de la profundidad de arraigo del maíz; sin embargo solo 1 a 2% es asimilable.

Existe divergencia en la dosis a ser aplicada, la SEP (1987) recomienda de 30 a 70 kg/ha y el IICA (1989) de 50 a 100 kg/ha.

En la región de la Fraylesca, la respuesta del maíz a aplicaciones de potasio son reducidas debido al suficiente contenido en la mayoría de los suelos del área y de la buena movilidad de nutrientes en el suelo (CECECH, 1994).

#### 4.12 Requisitos del frijol terciopelo o nescafé

El frijol terciopelo, también conocido como "nescafé" en el norte de Chiapas, Tabasco y Sur de Veracruz, México, en Centroamérica se conoce como "pica-pica dulce" y como "frijol abono" (Camas et al, 1993), en el idioma inglés es conocido como "velvet bean". Esta es una leguminosa cuyo nombre científico es *Stizolobium deeringianum* (Bort), aunque algunos botánicos la han clasificado también como *Stizolobium aterrimum* (Piper y Tracey) *Mucuna pruriens* o *Mucuna utilis* (Woll), (Skerman, 1991).

Esta leguminosa necesita de un clima cálido y húmedo para conseguir su máximo crecimiento. Se adapta desde el nivel del mar hasta los 2100 m en Kenya lo cual parece ser su límite de altitud. La escala de precipitaciones favorable para la especie va de 650 a 2500 mm.

Tolera una amplia gama de suelos, que van desde los arenosos a los arcillosos, aunque prefiere los francos, bien drenados y fértiles. Presenta buen crecimiento en suelos de moderada acidez, los muy ácidos disminuyen la germinación de la semilla. (Skerman, 1991).

En la Depresión Central de Chiapas puede apreciarse esta especie en estado silvestre en muchas laderas de hasta 1600 msnm y temperaturas hasta de

28 °C. Requiere de adecuada luminosidad y por eso extiende su follaje sobre los arboles en busca de luz (Camas et al, 1993).

#### 4.13 Requisitos del cocuite o madreado

Esta especie se le llama comunmente "madreado" en Honduras, "madero negro" en Costa Rica y "Cocuite" en México, su nombre científico es *Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers. Es nativa de las zonas bajas de México y América Central, con una estación seca bien definida (CATIE, 1991).

Esta especie crece en zonas con precipitaciones que van de 500 a 1500 mm y cinco meses de período seco, desde diciembre hasta abril. Tolera una gran variedad de suelos siendo cultivado desde suelos muy arenosos hasta vertisoles negros profundos, menos los que presentan un mal drenaje interno (CATIE, 1986). Incluso se le ha determinado creciendo en dunas costeras ligeramente salinas.

Tolera un pH entre 5.5 y 7.0, aunque también se le encuentra creciendo en suelos ácidos con pH de 4 a 5, pero su tolerancia en suelos extremadamente ácidos, con alto contenido de aluminio, no se ha evaluado lo suficiente (Glover, 1989 citado por CATIE, 1991).

Prefiere suelos con una profundidad mayor de 30 cm y no crece bien en suelos con poca retención de humedad, viéndose afectado en sitios con más de 8 meses de déficit hídrico, o en áreas con menos de 600 mm anuales (CATIE, 1991).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización del área de estudio

La Fraylesca se ubica en el estado de Chiapas, México (Figura 1), en la región conocida como Depresión o Valles Centrales de Chiapas, a los  $16^{\circ} 0'$  y  $16^{\circ} 30'$  de latitud norte, entre los meridianos  $93^{\circ} 0'$  y  $93^{\circ} 30'$  de longitud oeste. El área tiene una altitud promedio de 600 msnm y cuenta con una superficie de 8, 300 km<sup>2</sup> repartidos en 69 ejidos y 62 sociedades de producción rural formadas por ejidatarios y pequeños propietarios.

Esta región se encuentra formada por los municipios de Villaflores, Villacorzo, La Concordia y Ángel Albino Corzo.

Tomando en cuenta la amplia extensión de la región, se decidió por aplicar la metodología de evaluación de tierras en tres ejidos del municipio de Villaflores. Estos son representativos de la región Fraylesca, por presentar diferentes condiciones fisiográficas y dentro de estas se presentan desde bajas a altos índices de deterioro de los recursos naturales, principalmente por procesos erosivos y sobreuso de la tierra. Además se cuenta con información referida a las condiciones físico-químicas del suelo.

Los ejidos determinados son Villaflores, Calzada Larga y Joaquín Miguel Gutiérrez.

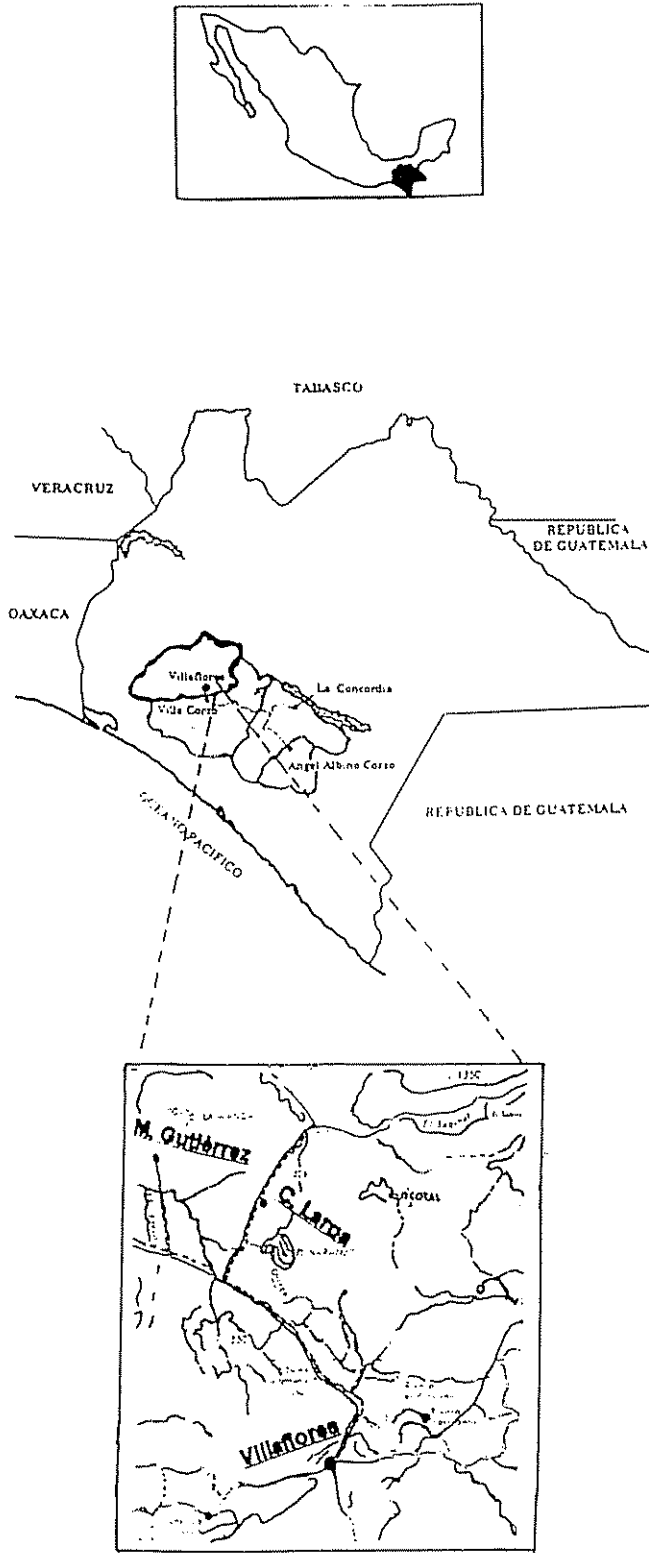


Figura 1. Ubicación de los ejidos Joaquín Miguel Gutiérrez, Calzada Larga y Villaflores, en la región Fraylesca, Chiapas, México.

## 5.2 Clima y fisiografía

El clima de la región pertenece al grupo de los cálidos subhúmedos, el 95% del área es más húmedo ( $A_{w2}$  (w) (i) g) en comparación al 5% restante que es más seco ( $A_{w0}$  (w) (i) g). La precipitación promedio anual varía de 1, 100 a 1, 300 mm, con una estación lluviosa que inicia a fines de mayo, en septiembre la precipitación alcanza su máximo y declina en octubre.

La parte noroeste de la región es la más seca, con 708 mm/año siendo esta misma área la que presenta una mayor probabilidad de déficit de lluvia o sequía intraestival durante el período del 20 de julio al 20 de agosto.

La evaporación promedio anual es de 1, 600 mm; el mayor valor se registra en mayo (6.6 mm/día) y el menor en octubre (3.8 mm/día). La temperatura media anual es 25 °C. Los meses más calientes son abril y mayo, con 38 °C, y los más fríos noviembre y diciembre, con 12 °C (Nieuwkoop et al, 1994).

Se presentan diversas condiciones fisiográficas. En las vegas con pendientes menores del 5% se encuentran suelos fluvisoles, profundos y productivos. Las terrazas ocupan un 56% y tienen pendientes entre 5 y 20% con suelos de los tipos Luvisol, Acrisol y Cambisol. Aquí se localizan suelos de bajo nivel productivo por limitantes como pH, saturación de aluminio, compactación y baja capacidad de retención de humedad. Las laderas ocupan el 35% de la región, predominan suelos Litosoles, Cambisoles y Feozem. Las pendientes son mayores del 20% y se presentan los más altos índices de erosión hídrica (Nieuwkoop et al 1992).



### 5.3 Sistemas de producción

De la superficie total de la Fraylesca, (831, 182 ha), un 28% se clasifica de uso agrícola, 35% de uso pecuario y 32% de uso forestal. El maíz es el principal cultivo en la Fraylesca, se estima que ocupa el 76% del área de uso agrícola (176, 837 ha) El 98% de esa superficie se cultiva bajo condiciones de secano y los rendimientos en promedio son de 2.6 ton/ha muy por debajo del potencial de 6-7 ton/ha considerando la tecnología empleada, características climáticas y el apoyo institucional presente en la región (López 1991).

El maíz se encuentra ubicado en mayor proporción en zona fisiográfica de terrazas, seguido de las laderas y vegas. El segundo cultivo en importancia es el frijol estableciéndose en relevo al maíz en áreas de vega que retienen mayor humedad y en laderas en la que se presentan algunos nortes (precipitaciones bajas) que aunado a la retención de humedad proveen las condiciones para el desarrollo del cultivo. En algunas zonas de la región se cultiva sorgo y cacahuete y el patrón maíz- calabaza.

La ganadería es más frecuente en pequeños propietarios, aunque los ejidatarios también se dedican a esta actividad. La alimentación del ganado se efectúa con forrajes naturales como grama (*Paspalum notatum*), zacate seda (*Rhynchelytrum roseum*) . Estos se encuentran de junio a diciembre, sin embargo en la época de estiaje de enero a mayo estas fuentes disminuyen y es cuando juega un papel muy importante el uso del rastrojo del maíz para la alimentación del ganado, generalmente mediante el pastoreo.

## **5.4 Clase primordial de uso y tipos de uso de la tierra (TUT)**

La clase primordial de uso es el cultivo del maíz de temporal, de acuerdo a la importancia social-económica que tiene en la región.

Los tipos de uso de la tierra (TUT) están referidos al cultivo del maíz con prácticas tradicionales y con diferentes tecnologías de conservación, algunas ya empiezan a ser utilizadas por los productores y otras se encuentran en fase experimental o de validación.

### **5.4.1 Tipo de uso maíz labranza convencional con quema y sin quema**

Estos tipos de uso, son característicos de suelos con pendientes menores de 15% que permiten la preparación del suelo de manera mecanizada. La diferencia estriba en que Convencional con quema de residuos de la cosecha anterior contempla laboreo del suelo por lo menos con un paso de arado y un rastreo, mientras que convencional con no quema, un paso de arado y cuando menos dos rastreos. En este último caso se utiliza mayor número de rastreos para incorporar los residuos.

### **5.4.2 Tipo de uso maíz labranza cero con y sin quema**

Labranza cero con quema o sin quema generalmente está confinado a zonas de ladera, mayor de 15% de pendiente. El primero es el manejo tradicional de los agricultores desde hace mucho tiempo, efectuándose con pocas normas de seguridad (guarda rayas ) lo cual ocasionaba que muchas veces el fuego se saliera de control y dañara áreas de bosques.

Actualmente la SARH exige guarda rayas de 20 metros para otorgar permisos de quema, lo cual requiere de mucho trabajo sobre todo en estas zonas accidentadas. Esto ha ocasionado en cierta forma que los campesinos se limiten en la aplicación de la quema.

#### **5.4.3 Tipos de uso en labranza convencional y cero con barreras vegetativas de *Gliricidia sepium* y *Stizolobium sp***

##### **5.4.3.1 Barreras vegetativas de *Gliricidia sepium***

Consiste en establecer a lo largo de la pendiente, barreras de la especie *Gliricidia sepium*. Las barreras se ubican en curvas a nivel orientadas en forma perpendicular o transversal, a la pendiente máxima del terreno. Para lograr un máximo control de los escurrimientos, es importante que también el cultivo de maíz se siembre en curvas a nivel.

El trazo de las curvas a nivel se puede realizar con altímetro, nivel "A" o con un nivel de mangueras con agua (tipo albañil), estableciendo una barrera a cada 1% que baja la pendiente.

La *Gliricidia* se debe sembrar durante el período comprendido desde el inicio de la germinación del maíz, hasta 10 días después de emergido. El método es a chorrillo en un surco en medio de dos de maíz, la semilla se entierra a una profundidad de 5 cm y se tapa. En un surco de 100 m de largo se usan 350 gramos de semilla aproximadamente. Se deben resembrar las plantas que por cualquier motivo se hayan perdido. Esto es importante para evitar espacios abiertos que

permitan el flujo concentrado de agua, lo que a menudo resulta en la formación de surcos y/o cárcavas.

Para estimular el rápido crecimiento de la barrera después de la siembra se deben realizar dos limpiezas, una a los 30 días acompañada de un aporque y la otra a los 30 días después.

Después de la primera limpieza aplicar a chorrillo 44 gramos de superfosfato triple de calcio por metro lineal (4.4 kilogramos/ 100 metros), para proveer un mayor crecimiento y grosor de los tallos.

Se efectúan podas a partir del segundo ciclo de maíz (respecto al primero de establecimiento de las barreras) unos días antes de establecer el maíz, la barrera se debe podar hasta una altura de 60 centímetros y efectuar una segunda poda únicamente si la barrera compite con el maíz por luz y espacio.

El material obtenido de las podas se deben colocar en el suelo, perpendicularmente a los tallos de la barrera del lado de donde vienen los escurrimientos. Después de la cosecha del maíz, la barrera se deja crecer libremente y el ganado puede entrar a ramonear libremente (Camas, 1993).

#### **5.4.3.2 Establecimiento del frijol nescafé *Stizolobium* sp**

Para la época de siembra del frijol terciopelo existen dos alternativas, de acuerdo a la humedad disponible en el suelo.

En las regiones donde se presenta buena precipitación o que existen suelos de buena retención de humedad (arcillosos), se recomienda sembrarlo cuando el maíz esté en madurez fisiológica.

En la regiones de escasa precipitación o con suelos arenosos de baja retención de humedad, se recomienda sembrarlo cuando el maíz esté jiloteando (floración femenina).

En ambas situaciones es necesario que el terreno esté libre de malezas y sin problemas de acidéz La siembra es en forma manual en medio de las hileras de maíz, con una separación de 20 centímetros entre puntos y depositando dos semillas, utilizando de esta manera 40 kg/ha de semilla Estas recomendaciones de siembra evitan que el " frijol nescafé " cubra toda la planta de maíz y no dificulte la cosecha del cultivo.

Los rendimiento en peso seco del *Stizolobium* es de 2 a 10 ton/ha, según la fertilidad y humedad de cada suelo. El aprovechamiento se efectúa de dos maneras diferentes:

Con labranza convencional se incorpora como abono verde y es ideal para recuperar rápidamente la fertilidad en terrenos degradados y con poca pendiente. Consiste en dar un chapeo y dar dos pasos de rastra o arado cuando el frijol está verde y las vainas tienen granos tiernos.

Con labranza cero, se deja al frijol completar su ciclo y finalmente se deja como cobertura. Para evitar la presencia del frijol en el cultivo del maíz en el proximo ciclo se recomienda una aplicación de un litro por hectárea de Paracuat cuando las plantas alcancen 30 centímetros de altura.

## **5.5 Definición de los sistemas expertos con el Sistema Automático de Evaluación de Tierras (ALES)**

### **5.5.1 Sistema experto 1**

Contempla el diseño de modelos de utilización de la tierra, referidos al cultivo del maíz bajo diversas prácticas de conservación y su efecto en la conservación de los recursos a un primer año de su establecimiento. Los modelos de tipos de utilización de la tierra creados son:

- a) Tipos de uso de la tierra (TUT) que representan el manejo tradicional de los agricultores y servirán como punto de comparación con las otras tecnologías.**
  - ◆ Maíz con labranza convencional (quema)
  - ◆ Maíz en labranza cero (quema)
  
- b) Tipos de uso de la tierra (TUT), como tecnologías de conservación que empiezan adoptarse y que necesitan de un ordenamiento de acuerdo a los requisitos necesarios para su establecimiento.**
  - ◆ Maíz con labranza convencional ( no quema)
  - ◆ Maíz labranza cero (no quema)

c) **Tipos de uso de la tierra (TUT) como tecnologías que prometen una recuperación y conservación de los recursos en menor tiempo y que se encuentran en fase de experimentación y validación.**

- ◆ Maíz con labranza convencional (no quema) + barreras vegetativas de *Gliricidia sepium* + *Stizolobium* sp.
- ◆ Maíz labranza cero (no quema) + barreras vegetativas de *Gliricidia sepium*, + *Stizolobium* sp.

### 5.5.2 Sistema experto 2

Se utilizan los mismos 6 tipos de uso de la tierra del sistema experto anterior y se evalúan sobre 9 unidades de tierra representativas de cada condición fisiográfica o pendiente. A estas unidades se les modifica sus escenarios a través de cinco años, de acuerdo al efecto que cada tipo de uso de la tierra ejerce sobre las características de la tierra (CT).

Con esto se pretende evaluar el efecto y las tendencias en el tiempo de cada tipo de uso de la tierra.

Las unidades de tierra utilizadas son Totonilco y Antena (pendiente

< 4%), San Ramón alto y Las Cruces (pendiente 4-8%), San Luis Alto y Matilishuatal (pendiente 8 a 16%), Pijuyal 2 y Tampico 3 (pendiente 16-32%) y Pijuyal 1 (mayor de 32% de pendiente).

EL criterio utilizado para modificar los escenarios fueron los siguientes:

- a) De acuerdo a información experimental disponible y opiniones de expertos se definieron a las características de la tierra, materia orgánica y riesgo de erosión como las que son más susceptibles de modificarse por las innovaciones a corto plazo.
- b) En lo que se refiere a riesgo de erosión, este se minimiza más rápidamente mediante la implementación de labranza cero no quema con y sin barreras+leguminosas respecto a labranza convencional no quema con y sin barreras respectivamente, detectandose efectos desde el primer ciclo.
- c) Los incrementos de materia orgánica dependen de la mayor actividad microbiana ocasionado por el alimento suministrado por medio de las cantidades de materia seca de *Stizolobium* para cada unidad de tierra en particular (Kass, 1995<sup>1</sup>).
- d) Tomando en cuenta que esta leguminosa se establece inicialmente al final del primer ciclo (madurez fisiológica del maíz), el efecto se espera hasta el segundo ciclo para labranza convencional y hasta el tercero para labranza cero. Lo anterior es debido a considerar que bajo labranza convencional existe una descomposición más rápida del *Stizolobium* , obteniendo mayor disponibilidad de nitrógeno en menor tiempo (Doran 1987; Smyth, 1991; Barreto, 1992).

---

<sup>1</sup> Comunicación personal



- e) Tomando en cuenta que existen pérdidas de materia orgánica por medio del proceso erosivo y volatilización, se asume que dependiendo del grado de erosión que presente un suelo, así será el aprovechamiento que tenga de la cantidad de materia orgánica que teóricamente representan las adiciones de materia seca de *Stizolobium* con 2.6% de nitrógeno.
- f) En este caso se asignó una pérdida del 30% de materia orgánica para unidades con erosión de alto a muy alto (López, 1993) pérdida del 20% a unidades con erosión mediana y del 10% para unidades con erosión de muy baja a baja (Kass, 1995).

## 5.6 Materiales e información necesaria

Para el desarrollo eficiente del modelo de evaluación de tierras, es de vital importancia la elaboración de una base de datos y de conocimientos, para lo cual se hace necesaria la recopilación de toda la información pertinente.

### 5.6.1 Recolección de información cartográfica, estadística, y análisis de suelos

- Se recabó la información cartográfica base, de importancia fundamental para la delimitación de las unidades de mapeo, así como información sobre características agroclimáticas de la zona y de los suelos.
- Tres mapas o cartas de provincias agronómicas del maíz incorporado el riesgo de erosión actual correspondientes a las hojas E15 C78, E15 C79 y E15 C 89 escala 1:50, 000.

- Tres mapas cartográficos correspondientes a las cartas E15 C78, E15 C79 y E15 C89 escala 1:50, 000 del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).
- Caracterización de las diferentes tecnologías. Esto se logró en base a información obtenida del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP).
- Estadísticas de producción de los cultivos.
- Costos de producción. Elaborados en base a la información proporcionada por el INIFAP, el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 04. El costo de los insumos es el manejado en centros comerciales de la región.
- 241 análisis de suelo con rutinas de determinación de pH, MO, P, K, Al, CIC, Dap y textura. Efectuados por el DDR 04 de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), la Secretaría de Desarrollo Rural y Ecología (SDRyE) y Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) durante los ciclos 1992-1994.

#### **5.6.2 Recolección de información experimental y determinación de expertos**

Consistió en recabar información experimental sobre el impacto de las diferentes tecnologías de conservación manejadas en este estudio como **tipos de uso**, sobre el control de la degradación de los suelos, así como el efecto de este proceso sobre la productividad del cultivo de maíz.

Para esto se efectuaron consultas principalmente a instituciones que han efectuado trabajos ya sea de experimentación o validación en la región, además de información generada en otras regiones del país e incluso en otros países, pero que pueda ser útil para una fundamentación lógica de los modelos. Las Instituciones consultadas fueron el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuaria, Universidad Autónoma de Chiapas y el Colegio de Post Graduados. Algunos investigadores de estas instituciones conjuntamente con profesionales del Centro Agronómico Tropical en Investigación y Enseñanza fungieron como expertos para efectuar consultas.

## **5.7 Identificación de unidades de tierra (UT)**

Para la determinación de las unidades de mapeo se hizo uso de la fotointerpretación a escala 1:50,000 siendo considerada a semidetalle.

Se identificaron primeramente en el mapa de uso de la tierra maíz y su regionalización en provincias agronómicas con el riesgo de erosión actual, efectuadas por el Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas del INIFAP. La determinación de provincias agronómicas se basa en el isocociente precipitación/evaporación + profundidad del suelo. El riesgo de erosión actual presenta magnitudes de < de 20 ton/ha/año hasta < 1000 ton/ha/año, estos fueron modificados en sus ponderaciones o magnitudes de cada nivel, asignando pérdidas anuales de suelo por hectárea < 10 ton (muy baja erosión), 10-20 ton (baja erosión) 20-40 ton (moderada erosión), 40-70 ton (alta erosión) y > 70 ton (muy alta erosión). Valores que se consideran más representativos de la magnitud del fenómeno en la región, basados en resultados experimentales.

Mediante la sobreposición de los mapas anteriores sobre los mapas cartográficos fue posible adicionar los criterios de fisiografía y pendiente, corroborándose con recorridos de campo.

Tomando en cuenta el área cubierta en este estudio, aunado al uso de cartografía 1:50, 000 la selección de las unidades de tierras se puede considerar a semidetalle.

Se establecieron puntos de referencia de fácil identificación tanto en el campo como en los mapas, de manera que permitieran una mayor ubicación del investigador en la designación de las UT.

La contribución de agricultores de los ejidos en la definición de estos puntos de referencia es de gran importancia, dado los años que tienen radicando en su comunidad y la experiencia que esto representa.

## **5.8 Características de la tierra (CT)**

Las características de la tierra (CT) son atributos de la tierra que pueden ser medibles y formaran cada uno de los requisitos de uso de la tierra (RUT). Las características se agruparon según el requisito que caracterizan siendo; a) fisiológicas: la humedad, textura, materia orgánica, profundidad, fósforo, pH, aluminio, CIC, saturación de bases b) manejo como la pendiente y c) conservación, como la erosión actual.

Algunas características que presentan homogeneidad en la zona de estudio no se toman en cuenta, por considerar que no crean diferencias en la expresión de los tipos de uso de la tierra (TUT) sobre las unidades de tierra (UT).

### **5.8.1 Obtención de los valores de las características de la tierra**

Las características fueron obtenidas por medio de información existente en diferentes instituciones (ver recolección de información cartográfica, estadística y análisis de suelos) y por medio de evaluaciones efectuadas en el campo. A continuación se da una breve descripción de las características y de la manera de como fue obtenida cada una de ellas (Cuadro 1).

### **5.8.2 Niveles de las características de la tierra**

Las 11 características de la tierra (CT), se dividieron en niveles que expresan condiciones de favorables a desfavorables (Cuadro 2). Cada característica es clasificada en base a 5 niveles que resultan semejantes a los valores presentados en cada característica que forman los requisitos en el Cuadro 5.

## **5.9 Definición de los requisitos de uso de la tierra**

Una vez determinado los tipos de uso de la tierra, es necesario definir sus requisitos. Entendiéndose como las demandas fisiológicas, de manejo y de conservación que estos requieren para una producción adecuada y estable (FAO 1976).

**Cuadro 1. Características de la tierra y método de determinación.**

CARACTERÍSTICA	DETERMINACIÓN
<b>Fisiológicas</b>	
Agua disponible	Cartografía 1:50, 000 del Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas. Determinada por isocociente Precip/ Evap + profundidad de suelo.
Textura	De análisis de suelos. Método de Bouyoucos.
Profundidad efectiva	Por barrenamientos y perfiles efectuados en el campo
Materia orgánica	De análisis de suelos efectuados por diversas instituciones.
Fósforo	Análisis de suelos .Método de análisis Bray II por calorimetría.
% Saturación de Aluminio	Análisis de suelos efectuados por diversas instituciones.
pH	Análisis de suelos.Método del potenciómetro relación 1:2.5
C I C	Análisis de suelos efectuados por diversas instituciones.
Sat. bases	Análisis de suelos efectuados por diversas instituciones.
<b>Manejo</b>	
Pendiente	Fotointerpretación de mapas topográficos escala 1:50, 000 y ajuste con observaciones de campo.
<b>Conservación</b>	
Erosión actual	Por medio de cartografía de riesgo de erosión actual escala 1:50, 000 con las ponderaciones de cada nivel modificado y ajuste por medio de observaciones de campo.

Cuadro 2. Características de la tierra (CT) y sus categorías.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	CATEGORIAS
Agua disponible		MBD Muy buena disponibilidad BUD Buena disponibilidad MED Mediana disponibilidad BAD Baja disponibilidad MBAD Muy baja disponibilidad
Textura		Arcilloso Franco arcilloso Franco Franco arenoso Arenoso
Profundidad efectiva del suelo	Cm	> 90 60 - 90 30 - 60 < 30
Fosforo	ppm	> 20 16 - 20 10 - 16 5 - 10 < 5
pH		6.0 - 7.0 5.5 - 6.0 5.0 - 5.5 4.5 - 5.0 < 4.5
Saturación de aluminio	%	< 10 10 - 20 20 - 30 30 - 40 > 40
Materia orgánica	%	> 5 3 - 5 2 - 3 1 - 2 < 1
CIC	meq/100 gr suelo	> 20 15 - 20 8 - 15 5 - 8 < 5
Saturación de bases	%	> 60 50 - 60 25 - 50 10 - 25 < 10
Pendiente	%	< 4 4 - 8 8 - 16 16 - 32 > 32
Erosión actual observada	ton/ha	< 10 10 - 20 20 - 40 40 - 70 > 70

En esta fase fue de utilidad toda la información disponible sobre la unidad de tierra, siendo de especial importancia la revisión de bibliografía y aporte de los expertos. En este aspecto solo se consideraron requisitos que planteaban diferencias y limitaciones para el desarrollo del cultivo entre las unidades de tierra en el área de estudio. Por ejemplo laboreo del suelo, se considera que todo el área es laborable (sin limitación), entonces no se toma en cuenta.

Se determinaron nueve requisitos como los más importantes, cinco requisitos fisiológicos, dos de manejo y dos de conservación (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Requisitos de los tipos de uso de la tierra.**

1	Humedad disponible	Fisiológico
2	Condición de enraizamiento	Fisiológico
3	Disponibilidad de nutrientes	Fisiológico
4	Capacidad de retención de nutrientes	Fisiológico
5	Toxicidad del suelo	Fisiológico
6	Condición de pendiente	Manejo
7	Posibilidad de mecanización	Manejo
8	Barreras	Conservación
9	Riesgo por erosión	Conservación



## **5.10 Niveles de severidad de los requisitos de uso de la tierra (RUT)**

Los requisitos de la tierra (RUT) se dividen en niveles. Estos niveles se determinaron en base a consultas a instituciones con experiencia en los tipos de uso del suelo y los requisitos que estos demandan. De vital importancia fue determinar los criterios para diferenciar los niveles referidos a los requisitos de disponibilidad de nutrientes, retención de nutrientes, humedad disponible y erosión, efectuando consultas a (FAO, 1985; FAO, 1980; CECECH, 1993, López 1991), así como atendiendo a opiniones de investigadores que fungieron como expertos.

Se utilizan 5 niveles de manera que sean compatibles con el número de niveles utilizados en la aptitud física, para facilitar la evaluación. De manera general e independientemente del requisito, los niveles expresan desde magnitudes favorables, hasta las menos favorables del requisito (Cuadro 4).

## **5.11 Requisitos de uso de la tierra (RUT) y características de la tierra (CT) que los forman**

Cada uno de los RUT se forman por características de la tierra, dándose el caso de que un requisito sea formado por una o por la integración de varias características.

Se utilizan 11 características de la tierra para la definición de los 9 requisitos de uso de la tierra, utilizándose muchas veces una misma característica en varios requisitos (Cuadro 5).

**Cuadro 4. Niveles de los requisitos de uso de la tierra (RUT).**

Requisito	NIVELES				
	1	2	3	4	5
Humedad disponible	Muy disponible	Disponible	Disponibilidad Moderada	Disponibilidad Restringida	Muy Restringida
Condición enraizamiento	Sin limitación	Poca limitación	Limitación Moderada	Limitado	Muy limitado
Toxicidad suelo	No toxico	Poco toxico	Medio	Alto	Muy alto
Nutrientes disponibles	Muy disponible	Disponible	Disponibilidad Moderada	Disponibilidad Baja	Disponibilidad Muy baja
Capacidad retención nutrientes	Muy alta	Alta	Moderada	Baja	Muy bajo
Condición de pendiente	Plano	Suavemente Ondulado	Ondulado	Colinado	Escarpado
Posibilidad mecanización	Muy mecanizable	Mecanizable	Mecanización Moderada	Poco mecanizable	No mecanizable
Barreras	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Riesgo por erosión	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto

**Cuadro 5. Requisitos de uso de la tierra y características utilizadas en su designación.**

REQUISITO	CARACTERÍSTICA	1	2	3	4	5
Humedad Disponible	Agua disponible (Prov agronómica)	MBD	BUD	MED	BAD	MBAD
	Textura	Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco	Franco arenoso	Arenoso
	Materia orgánica	> 5	3 - 5	2 - 3	1 - 2	< 1
Condición de enraizamiento	Profundidad efectiva del suelo	> 90	60 - 90	30 - 60	< 30	< 30
	Textura	Franco F-arenoso Arenoso	F-arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso
Nutrientes Disponibles	Fosforo	> 20	16 - 20	10 - 16	5 - 10	< 5
	Potasio	> 0.7	0.5 - 0.7	0.2 - 0.5	0.1 - 0.2	< 0.1
	pH	6.0 - 7.0	5.5 - 6.0	5.0 - 5.5	4.5 - 5.0	< 4.5
	Saturación Aluminio	< 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	> 40
	Materia Orgánica	> 5	3 - 5	2 - 3	1 - 2	< 1
Toxicidad del suelo	pH	6.0 - 7.0	5.5 - 6.0	5.0 - 5.5	4.5 - 5.0	< 4.5
	Aluminio	< 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	> 40
Capacidad de retención de nutrientes	CIC	> 20	15 - 20	8 - 15	5 - 8	< 5
	pH	6.0 - 7.0	5.5 - 6.0	5.0 - 5.5	4.5 - 5.0	< 4.5
	Saturación de bases	> 60	50 - 60	25 - 50	10 - 25	< 10
Posibilidad de mecanización	Pendiente	< 4	4 - 8	8 - 16	16 - 32	> 32
Barreras	Intensidad barrera	200	600	1200	2400	3200
Riesgo erosión	Riesgo erosión modificada	< 10	10 - 20	20 - 40	40 - 70	> 70

## 5.12 Determinación de las clases de aptitud

### 5.12.1 Aptitud física

Esta fase comprende el proceso de comparación de los requisitos de los tipos de uso de la tierra con las cualidades de unidades de tierra. Responde a la pregunta ¿en que medida las cualidades de la tierra satisfacen los requisitos de uso de la tierra? El resultado será una primera aproximación de las clases de aptitud, basada en criterios físicos usando además subclases indicadas por letras subíndices en las clases, para representar el tipo de limitación. Este proceso se efectuará con el sistema ALES en microcomputadora.

Para cada tipo de uso de la tierra se determinará un rendimiento óptimo, basado en el máximo registrado en los ejidos bajo estudio, determinándose sobre este valor las clases de aptitud siguientes. Además se usarán subclases indicadas por letras subíndices en las clases, para representar el tipo de limitación.

Se manejan cinco clases de aptitud de la tierra asignados a la combinación de cada tipo de uso con cada unidad de tierra, propuesta (FAO (1985) y que se describen en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Clases de aptitud de la tierra y su descripción.**

No.	CLASE	DESCRIPCIÓN
1	A1 Sumamente apta	Tierras que no tienen limitaciones de importancia para una aplicación sostenida de un uso determinado, o que sólo tienen limitaciones de menor grado que no reducirán significativamente la productividad o los beneficios ni harán elevar los insumos por encima del nivel aceptable.
2	A2 Moderadamente apta	Tierras con limitaciones que en conjunto son moderadamente graves para la aplicación sostenida de un uso determinado; las limitaciones pueden reducir la productividad o los beneficios y aumentar los insumos necesarios hasta un grado en que las ventajas globales obtenidas de dicho uso, si bien todavía atractivas, serán bastante inferiores a las esperadas de las tierras de la clase A1.
3	A3 Marginalmente apta	Tierras con limitaciones que en conjunto son graves para la aplicación sostenida de un uso determinado y reducirán la productividad o los beneficios, o incrementarán los insumos necesarios en tal medida que estos desembolsos quedarán solo marginalmente justificados.
4	N1 No apta actualmente	Tierras con limitaciones que pueden ser superadas en el tiempo, pero que no pueden corregirse con los conocimientos existentes a un costo actualmente aceptable; las limitaciones son tan graves que impiden un uso sostenido y satisfactorio de la tierra del modo que se ha determinado.
5	N2 No apta permanentement e	Tierras con limitaciones que parecen ser tan graves que impiden toda posibilidad de un uso sostenido y satisfactorio de las tierras en el modo que se ha determinado.

### 5.12.2 Aptitud económica

Para cada tipo de uso de la tierra (TUT) se determinará un rendimiento óptimo, basado en el máximo registrado en los ejidos bajo estudio. Sobre este valor se evaluará el rendimiento proporcional, que representa el rendimiento actual una vez descontado la disminución en el rendimiento óptimo por efecto de los requisitos que afectan la producción.

Mediante la valoración de los egresos e ingresos se determinarán indicadores económicos como el valor presente neto (VPN), relación beneficio/costo (B/C), y margen bruto. Los dos primeros son bastantes sensibles a la tasa de descuento asumida.

Se utilizan las cinco clases económicas propuestas por la FAO: S1= apta, S2= moderadamente apta, S3=Marginalmente apta, N1=temporalmente apta y N2 económicamente no apta. Los límites de las clases económicas se especificarán para el análisis del margen bruto como una buena medida del ingreso en el año de la unidad de producción y para el valor presente neto como un estimador de la factibilidad del proyecto.

### 5.13 El ALES y la construcción del modelo

El Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras, es un programa de computación que permite al evaluador de tierras construir sistemas expertos para sus evaluaciones, de acuerdo al método presentado en el esquema para la evaluación de tierras de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1976). Las entidades evaluadas por ALES son las Unidades de Tierra las cuales se definen a nivel de detalle general o más específico como a nivel de finca.

El ALES por si mismo no aporta conocimientos acerca de la tierra, siendo un marco donde el evaluador construye su propio sistema experto, basado en su propio conocimiento y el obtenido de otras fuentes. De manera que los modelos pueden ser creados de acuerdo a los objetivos particulares de interés.

El procedimiento a seguir consiste primeramente en determinar cual es el objetivo de la evaluación, posteriormente se determinan los tipos de uso de la tierra, sus requisitos y las características que forman a cada requisito. Se determinan las unidades de tierra y sus características que determinan a las vez las cualidades. De la confrontación de las cualidades y requisitos se obtendrán las evaluaciones de la tierra en términos de la aptitud física, económica y rendimientos de la tierra.

La creación de los modelos en el ALES se efectúa por medio del diseño de árboles de decisión, los cuales trabajan por medio de información clasificada. Los árboles de decisión son claves jerárquicas multidireccionales en donde las "hojas" presentan los resultados, tales como rangos de las cualidades de la tierra, y los nodos interiores del árbol (puntas de las ramas) son criterios de decisión, por ejemplo los valores de la característica de la tierra (Arze, 1993; Rossiter, 1993).

Los árboles de decisión se utilizan para determinar los niveles de severidad de los requisitos de la tierra a partir de valores de características de la tierra. Con los valores de severidad se construyen árboles de decisión para evaluar la aptitud física, para predecir rendimientos proporcionales de acuerdo a la influencia de los requisitos de uso y para realizar inferencias de características de la tierra a partir de valores de otras características conocidas (Arze, 1993).

#### **5.14 Revisión y comprobación de campo**

Esta fase consiste en la verificación de las clases de aptitud a nivel de campo, para lo cual se visitarán algunos sitios representativos conjuntamente con expertos en el cultivo y agricultores. De esta manera se pretende lograr un ajuste final de la clasificación de aptitud de la tierra.

#### **5.15 Uso del sistema IDRISI**

Anteriormente los resultados de los análisis hechos con ALES presentaban la limitación de no contar con capacidad de georeferenciación, de modo que los análisis no pueden tomar en cuenta fácilmente requisitos de proximidad o adyacencia. En este sentido el ALES actualmente tiene una interfase con el Sistema de Información Geográfica IDRISI (Eastman , 1992), denominada ALIDRIS (Rossiter, 1992). De esta manera los resultados de los análisis hechos con ALES pueden ser fácilmente utilizados como capas de información de estos sistemas.

Esta herramienta permitirá extraer datos vertidos al SIG e importarlos a ALES donde luego de ser manipulados son exportados nuevamente a IDRISI. Siendo de vital importancia en el análisis, generación de información, así como en la delimitación cartográfica final de cada una de la unidades de mapeo con su respectiva evaluación de aptitud.



## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 Mapa de unidades de tierra

El área total evaluada es de 1, 324 hectáreas, correspondiendo 59% (781 Has) al ejido Villaflores, 28% (372 Has) Calzada Larga y 13% (171 Has) a Joaquín Miguel Gutiérrez. El ejido Villaflores, por su mayor área representa 15 unidades de tierra (UT) en comparación a 8 y 6 de los otros dos. Esto se debe principalmente a la disponibilidad de mayor información.

Una característica del ejido Calzada Larga que lo diferencia de los otros dos, está dada por la presencia de laderas con más de 16% de pendiente.

En una primera aproximación se determinan las unidades de tierra (UT) bajo el concepto de homogeneidad, tomando los criterios de áreas de productividad del INIFAP, pendiente y erosión. Se delimitan bajo estos criterios 9 grupos (Cuadro 7) Sin embargo, tomando en cuenta que entre estas existen diferencias marcadas en las características físico-químicas se efectuó un segundo ordenamiento determinandose 29 UT homogéneas (Cuadro 9).

19 unidades de tierra se encuentran en áreas de temporal de muy buena productividad con una extensión de 1008 hectáreas (76%), 3 de buena productividad con 99 hectáreas (7%) y 7 de mediana productividad con 216 hectáreas (16%).

El proceso erosivo está caracterizado como muy bajo a bajo en 4 UT (Auditorio-Vergel, Totonilco, Antena y San Ramón) representando 379 hectáreas

(29%). 25 UT presentan problemas de erosión entre alto (606 has) a muy alto (338 has) independientemente del grado de pendiente, lo que representa el 71% del área (Cuadro 7). Siendo común la presencia de correntales y la formación de cárcavas medianas y profundas.

En la mayor parte de las unidades de tierra se observó una mayor erosión conforme la pendiente tiende a aumentar, excepto para las unidades Pijuyal 3, Linda Vista y Las minas en donde a pesar de tener baja pendiente (4-8%) presentan alta erosión.

La fisiografía de la zona en estudio, presenta valles aluviales, terrazas, colinas bajas, colinas escarpadas y montañosas. La pendiente va desde terrenos planos hasta pendientes pronunciadas, existiendo 29% del área (4 UT) con <4% de pendiente, 44% del área (12 UT) de 4 a 8% de pendiente, 4% del área (3 UT) de 8-16% de pendiente, 7% del área (8 UT) de 16-32% de pendiente y 6% (2 UT) >32% de pendiente.

**Cuadro 7. Clasificación de las unidades de tierra, por el isocociente p/e (provincias agronómicas), pendiente y erosión.**

DESCRIPCION	UBICACION	HAS	GRUPO
<b>Temporal de muy buena productividad</b> Terrenos considerados como intermedios de áreas suavemente onduladas, con pendientes de 4-8%. <b>Erosión alta</b> (40-70 ton/ha/año), presencia de arrastres de sedimentos, formación de correntales y cárcavas poco profundas.	Tampico 1	93	1
	Esperanza 1	189	12 UT
	Las Cruces	9	581 has
	Antena 1	12	
	Las Luces	42	
	S Ramon ladera	40	
	San Luis	43	
	Rastrojon	54	
	Bodegas	16	
	Las minas 1	18	
Linda Vista	12		
Pijuyal 3	53		
<b>Temporal de muy buena productividad</b> Suelos de vega, fluvisoles. <b>Areas planas</b> < 4% de pendiente <b>Erosión muy baja</b> (< 10 ton/ha/año) no observable.	Auditorio-Vergel		2
	Totonilco	132	2 UT
		128	260 has
<b>Temporal de muy buena productividad</b> Terrenos considerados como intermedios. <b>Areas planas</b> con <4% de pendiente. <b>Erosión baja</b> (10-20 ton/ha/año), con presencia de arrastre de sedimentos y baja erosión laminar.	Antena	88	3
	S.Ramon Bajo	31	2 UT
			119 has
<b>Temporal de muy buena productividad</b> Terrenos intermedios. <b>Colinados</b> o ondulados con pendientes de 8-16%. <b>Erosión muy alta</b> (> 70 ton/ha/año), tanto laminar como la formación de correntales y carcavas poco profundas.	Nace solo 1		4
		26	1 UT
			26 has

DESCRIPCION	UBICACION	HAS	GRUPO
<p><b>Temporal de muy buena productividad</b></p> <p>Terrenos intermedios, <b>colinados</b> o ondulados con pendientes de 8-16%</p> <p><b>Erosión alta</b> (40-70 ton/ha/año). Presencia de arrastres de sedimentos y formación de correntales y cárcavas medianamente profundas</p>	Matilishuatal	9	5 1 UT 9 has
<p><b>Temporal de muy buena productividad</b></p> <p><b>Laderas</b> suaves a orilla de vegas con pendientes de 16-32%. <b>Erosión muy alta</b> (&gt; 70 ton/ha/año) denotado por arrastres de sedimentos y formación de correntales y cárcavas medianamente profundas.</p>	Ladera Panteón- Deportiva.	13	6 1 UT 13 has
<p><b>Temporal de buena productividad</b></p> <p>Terrenos intermedios. Áreas <b>onduladas</b> o colinadas, con pendientes de 8-16%. <b>Erosión alta</b> (40-70 ton/ha/año) con presencia de correntales y cárcavas profundas.</p>	Tampico 2	16	7 1 UT 16 has
<p><b>Temporal de buena productividad</b> Laderas de montañas muy <b>escarpadas</b> con pendientes &gt; 32%. <b>Erosión muy alta</b> (&gt; 70 ton/ha/año), presencia de correntales y cárcavas profundas.</p>	Ermita Pijuyal 1	3 80	8 2 UT 83 has
<p><b>Temporal de mediana productividad</b></p> <p><b>Lomerios escarpados</b> de pie de montaña con pendiente de 16-32%. <b>Erosión muy alta</b> (&gt; 70 ton/ha/año), formación de correntales y cárcavas de medianas a profundas.</p>	Pijuyal 2 Tampico 3 Las minas 2 Cementerio Nace solo 2 R. viejo Las Cruces 2	57 21 31 11 26 41 29	9 7 UT 216 has

Las unidades de tierra (UT) fueron georeferenciadas con el Sistema de Información Geográfica IDRISI para establecer sus sistema de coordenadas (Cuadro 8) . Además se generó una imagen de estas , adicionando caminos, cursos de agua y centros de población que permitan la localización de las UT en el campo (Figura 2).

**Cuadro 8. Localización de las Unidades de Tierra (UT).**

UNIDAD DE TIERRA	LATITUD (N )	LONGITUD (W)
Matilishuatal	16° 16' 12"	93° 13' 08"
San Luis (Alto)	16° 15' 36"	93° 13' 12"
Totonilco	16° 12' 56"	93° 14' 22"
San Ramon Bajo	16° 15' 18"	93° 15' 07"
S. Ramon Ladera	16° 15' 22"	93° 15' 25"
Ermita	16° 15' 55"	93° 15' 59"
Esperanza	16° 15' 11"	93° 17' 35"
Panteon-Deportiva	16° 14' 31"	93° 14' 28"
Las Luces	16° 14' 28"	93° 12' 00"
Las Cruces 2	16° 13' 57"	93° 18' 20"
Las Cruces	16° 13' 47"	93° 18' 22"
Auditorio-Vergel	16° 13' 19"	93° 15' 22"
Antena 1	16° 12' 00"	93° 15' 50"
Antena	16° 12' 43"	93° 15' 25"
Linda Vista	16° 12' 07"	93° 14' 20"
Pijuyal 1	16° 20' 22"	93° 18' 40"
Pijuyal 2	16° 20' 33"	93° 18' 54"
Pijuyal 3	16° 20' 28"	93° 19' 05"
Tampico 1	16° 20' 42"	93° 19' 15"
Tampico 2	16° 21' 06"	93° 19' 09"
Tampico 3	16° 21' 15"	93° 19' 10"
Cementerio	16° 21' 33"	93° 19' 07"
Rancho Viejo	16° 21' 24"	93° 18' 46"
Rastrojon	16° 21' 56"	93° 21' 31"
Nace Solo 2	16° 22' 14"	93° 20' 31"
Nace Solo 1	16° 22' 08"	93° 20' 52"
Bodegas	16° 22' 22"	93° 22' 11"
Las Minas 1	16° 19' 10"	93° 22' 07"
Las Minas 2	16° 19' 20"	93° 21' 30"

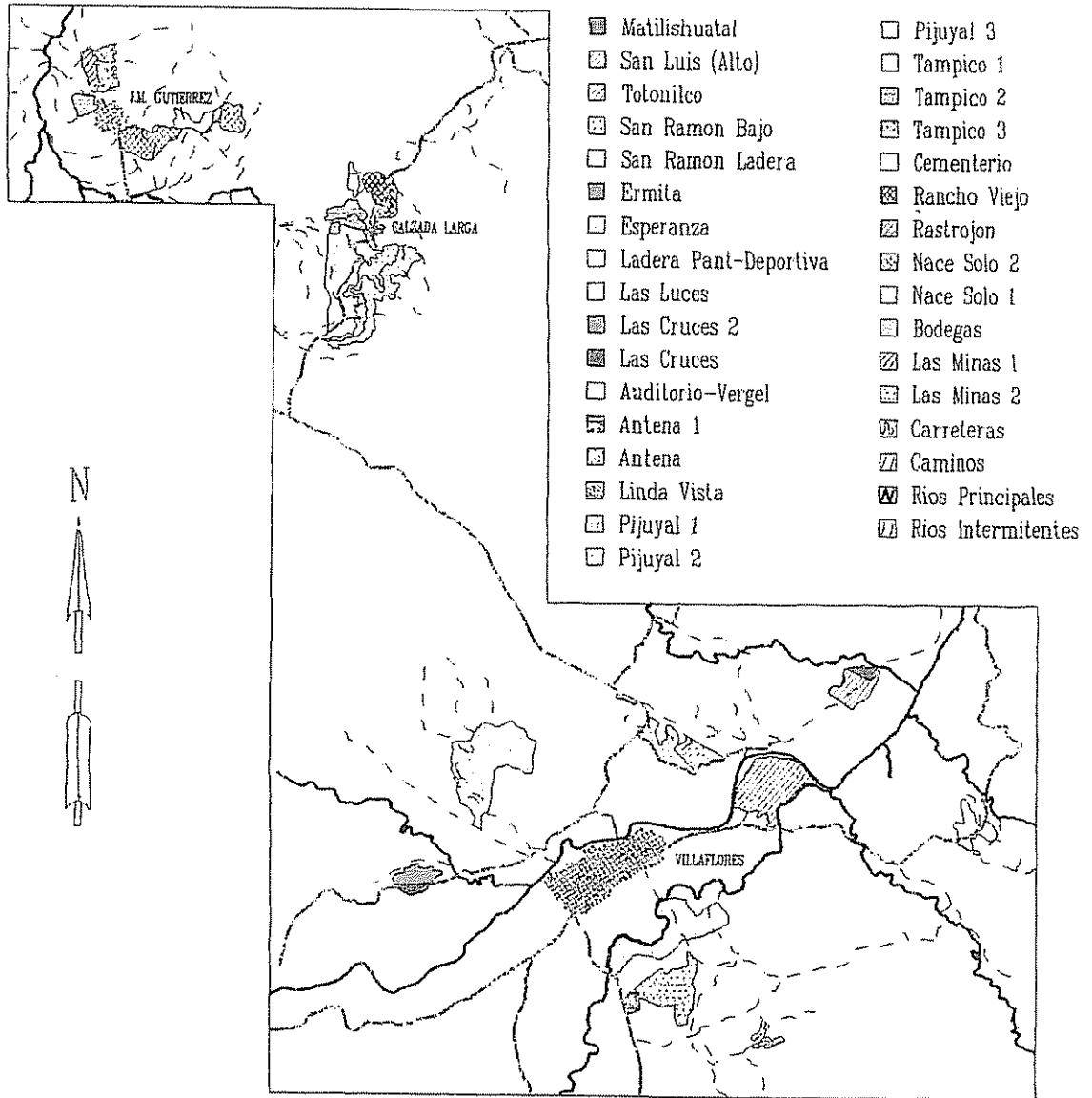


FIGURA 2 : UNIDADES DE TIERRA (UT) EVALUADAS  
EJIDOS J.M. GUTIERREZ, CALZADA LARGA Y VILLAFLORES  
CHIAPAS, MEXICO

## 6.2 Características de las unidades de tierra en el segundo ordenamiento

La mayor parte de los suelos son de textura franco-arenosa, con profundidad efectiva de 0-30 a 30-60 cm y sin problemas de pedregosidad que limiten el laboreo y mecanización de los suelos.

Los valores de las características químicas del suelo indican una acelerada degradación de la fertilidad. Las condiciones químicas más pobres se presentan en suelos con problemas serios de erosión (Cuadro 9), lo cual coincide con lo reportado por Niewkoop et al (1994).

De acuerdo a los resultados de los análisis de suelos únicamente se reportan 3 UT (6% del área) con valores de 5-10 ppm de fósforo, considerado como bajo. 3 UT (4% área) de 10-16 ppm, 1 UT (3% área) de 16-20 ppm y 22 UT (87% del área) con > 20 ppm de fósforo, valores que se encuentran arriba del valor crítico de 7 ppm (Cifuentes, 1984, citado por Celada 1993). Esto posiblemente por el manejo de fertilización con fuentes fósforicas en años anteriores y no propiamente porque los suelos sean ricos en este elemento.

Excepto por el fósforo, las restantes características químicas presentan valores que demuestran la influencia del proceso erosivo en la degradación de la fertilidad de los suelos. Únicamente 5 UT (28% del área) presentan niveles de pH adecuados para el cultivo del maíz. 23 UT (72% del área) presentan pH menor de 5.5 valores que se consideran limitantes para el cultivo, sobre todo con niveles de

saturación de aluminio arriba del 20%. El aluminio alcanzó valores de saturación mayores del 20% en 10 UT (28% del área) coincidiendo muchas veces con la presencia de erosión alta.

La materia orgánica se reporta con niveles inferiores a 1% en 5 UT (7% del área), 15 UT (58% del área) niveles entre 1-2% de M.O., valores que se consideran muy pobres y pobres. 6 UT (14% del área) de 2-3%, 2 UT (11% del área) de 3-5% y únicamente 1 UT (10% del área) mayor de 5% de M.O.

Los suelos presentan una capacidad de intercambio catiónico considerado como alta (15 - 20) a mediana (8 -15), únicamente en 1 y 6 UT con 10% y 23% del área total. 8 UT (22% del área) presenta valores entre 5 - 8 meq/100 gr y cerca de la mitad del área (45%) valores menores de 5 meq/100 g de suelo.

Los valores bajos de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico son determinantes en los valores de disponibilidad de nutrientes de cada unidad de tierra para el cultivo del maíz.



**Cuadro 9. Descripción de las características de las unidades de tierra.**

Unidad Tierra	Prov. Agro.	Pendiente %	Erosión ton/ha	Textura	Prof Efectiva	MO %	P ppm	%Sat Al	pH	CIC	%Sat Base
Tampico 1	mbup	4-8	20-40	fra-arc	60-90	1.6	68.0	24	4.5	6.2	82
Esperanza 1	mbup	4-8	20-40	fra-arc	30-60	1.7	39.0	19	4.7	4.6	82
Las Cruces	mbup	4-8	20-40	fra-arc	30-60	0.8	12.0	7	5.0	2.9	94
Antena 1	mbup	4-8	20-40	fra-arc	60-90	0.9	8.8	38	4.1	4.4	19
Lucas	mbup	4-8	20-40	fra-arc	30-60	1.7	40.1	28	4.5	2.5	79
Ramon ladera	mbup	4-8	20-40	fra-arc	30-60	1.6	8.0	6	5.5	8.3	49
Luis	mbup	8-16	20-40	fra-arc	30-60	1.1	18.5	8	5.0	2.5	92
Rastrojon	mbup	4-8	20-40	fra-arc	60-90	1.7	33.4	32	4.5	4.3	52
Bodegas	mbup	4-8	20-40	fra-arc	30-60	1.4	47.0	52	4.1	3.8	68
Auditorio	mbup	<4	< 10	fra-arc	>90	3.4	30.0	3	6.8	14.5	95
Yélfico	mbup	<4	< 10	fra-arc	>90	5.8	40.0	1	6.8	17.4	84
Antena	mbup	<4	10-20	fra	60-90	2.3	47.0	16	4.5	3.9	84
Ramon bajo	mbup	<4	10-20	fra-arc	60-90	1.5	11.0	11	6.0	11.0	74
Pijuyal 3	mbup	4-8	40-70	fra-arc	30-60	1.8	48.0	17	4.5	7.6	50
Linda Vista	mbup	4-8	40-70	arc	< 30	1.3	27.8	22	4.6	2.9	75
Nace solo 1	mbup	8-16	> 70	fra-arc	30-60	1.5	33.0	27	4.3	4.0	68
Matilishuatal	mbup	8-16	40-70	fra-arc	30-60	3.3	15.1	7	5.0	5.3	92
Panteon	mbup	16-32	> 70	fra	30-60	1.3	23.0	15	4.6	6.7	64
Yélfico 2	bup	8-16	40-70	fra-arc	< 30	3.0	128.0	13	5.1	5.4	87
Ermita	bup	>32	> 70	fra-arc	< 30	2.4	70.0	5	6.6	10.7	95
Pijuyal 1	bup	> 32	> 70	fra	30-60	2.0	50.0	26	5.9	9.0	73
Las minas 1	medp	4-8	> 70	fra-arc	30-60	0.9	30.2	14	5.0	4.8	85
R. viejo	medp	8-16	40-70	fra-arc	< 30	2.3	45.5	12	4.6	5.8	88
Cruces 2	medp	8-16	40-70	arc	< 30	0.6	10.0	12	5.0	2.6	88
Pijuyal 2	medp	16-32	> 70	fra-arc	30-60	1.8	46.0	17	5.3	8.0	62
Tampico 3	medp	16-32	> 70	fra-arc	< 30	2.9	47.0	16	4.6	9.4	84
Las minas 2	medp	16-32	> 70	fra-arc	< 30	0.9	25.0	16	4.9	4.1	78
Cementerio	medp	> 32	> 70	fra-arc	< 30	2.1	50.0	27	4.5	5.2	81
Nace solo 2	medp	> 32	> 70	fra-arc	< 30	1.2	22.0	21	4.5	3.9	62

mbup = Temporal de muy buena productividad.  
 bup = Temporal de buena productividad  
 medp = Temporal de mediana productividad

arc = arenoso  
 fra - arc = franco arenoso  
 fra = franco  
 fra - arci = franco arcilloso

### 6.3 El Sistema Experto

El sistema experto 1, **"Evaluación de prácticas de conservación en la Fraylesca, Chiapas" (FRAY 1)** basado en el diseño de modelos de utilización de la tierra referidos al cultivo del maíz bajo diversas prácticas de conservación y su efecto en el uso de los recursos a un primer año de su establecimiento, se constituye de 160 árboles de decisión, de los cuales 8 corresponden a subclase de aptitud física, 8 de rendimiento proporcional y 144 a requisitos de uso de la tierra para la determinación de niveles de severidad.

El sistema experto 2 **"Evaluación de prácticas de conservación en la Fraylesca, Chiapas, unidades de tierra modificadas "(FRAYMODI)** basado en la modificación de los escenarios a través de 5 años. Los escenarios están referidos a unidades de tierra representativas de cada condición fisiográfica. El sistema está formado por 220 árboles de decisión, 8 de ellos corresponden a subclases de aptitud física, 8 a rendimiento proporcional y 204 para la determinación de los niveles de severidad.

### 6.3.1 Generación de mapas por medio de la interfase ALIDRIS

Por medio de la interfase ALIDRIS es posible generar imágenes correspondientes a las salidas de cada evaluación generada. Siendo estas salidas de clases y subclases de aptitud física, indicadores económicos, cualidades y características de la tierra.

Lo anterior implica sobre todo cuando se manejan varios tipos de uso de la tierra como en este caso, la generación de una gran cantidad de imágenes. Tomando en cuenta el espacio que esto implicaría de adicionarse al presente trabajo, aunado al costo, únicamente se generaron 4 mapas o imágenes de salidas de evaluaciones, de manera que esto ejemplifique las ventajas y la potencialidad de esta interfase.

Las imágenes generadas se encuentran en el apéndice. La imagen 1, consiste en la evaluación por aptitud física del tipo de uso de la tierra labranza cero no quema+barreras vegetativas+leguminosa, la imagen 2 en una evaluación de aptitud física de labranza convencional con no quema, la imagen 3 en una evaluación del rendimiento de grano de maíz con labranza convencional no quema y la imagen 4 una evaluación del indicador beneficio/costo con labranza cero no quema. De igual manera pueden generarse imágenes mediante la reclasificación de cualquier resultado de la evaluación sobre las unidades de tierra del mapa base.

### **6.3.2 Evaluación física y económica de las unidades de tierra para el sistema experto FRAY1**

El análisis de los resultados de la evaluación se efectuó con los siguientes criterios (Cuadro 10).

- a)** Comparar tipos de uso de la tierra que utilizan labranza convencional con: quema, no quema y no quema+barreras+leguminosa.
- b)** Comparar tipos de uso de la tierra que utilizan labranza cero con: quema, no quema y no quema+barreras + leguminosa.
- c)** Comparar tipos de uso de la tierra que utilizan no quema con: labranza convencional y labranza cero.
- d)** Comparar tipos de usos de la tierra que utilizan barreras vegetativas + leguminosa con: labranza convencional y labranza cero.

**Cuadro 10. Esquema guía del análisis de la evaluación de Tipos de uso de la tierra.**

Tipos de uso de la tierra	a	b	c	d
	<u>Lab Conv</u> Quema No quema NoQue+Ba+L <sub>e</sub>	<u>Lab Cero</u> Quema No quema NoQue+Ba+L <sub>e</sub>	<u>No Quema</u> Lab Conv Lab Cero	<u>NoQue+Ba+L<sub>e</sub></u> Lab Conv Lab Cero
1. Labranza convencional quema	X			
2. Labranza convencional no quema	X		X	
3. Labranza convencional no quema + barreras + leguminosa	X			X
4. Labranza cero quema		X		
5. Labranza cero no quema		X	X	
6. Labranza cero no quema+ barreras + leguminosa		X		X

Lab Cero = Labranza cero      Lab Conv = Labranza convencional

NoQue+Ba+Le = No quema + Barreras vegetativas + Leguminosa.

### 6.3.2.1 Tipos de uso de la tierra labranza convencional con: quema, no quema y no quema+barreras+leguminosa

Para labranza convencional con quema, se determinaron con aptitud física y económica únicamente tres unidades de tierra, 2 de ellas (Totonilco y Auditorio Vergel) presentan suelos franco limosos o fluvisoles de vega y la otra (Antena) con suelo franco, haciendo un total de 348 has.

Totonilco y Auditorio-Vergel con suelos fluvisoles de menos de 4% de pendiente el riesgo de erosión es bajo, por ello quemar no implica aumentar el riesgo de erosión, por otra parte las adiciones de minerales (cenizas) pueden resultar positivas. Antena (<4% de pendiente, franco) puede agravar el riesgo de erosión en el futuro por presentar un suelo franco más susceptible de ser arrastrado, por las fuertes precipitaciones pluviales.

Una unidad de tierra presenta aptitud moderada (31 has) y 7 unidades de tierra (442 has) aptitud física y económica no aptas temporalmente (Cuadro 11). Las limitantes que presentan son: disponibilidad de nutrientes y humedad disponible. 18 unidades de tierra (502 has) no son aptas permanentemente, 9 de ellas al situarse en pendientes altas presentan la limitante de mecanización, 7 por el alto riesgo de erosión y 2 por la disponibilidad de nutrientes (Cuadro 12).

De acuerdo a lo anterior, la región en estudio, presentó un 71% del área no apta entre temporal y permanentemente para este tipo de uso de la tierra (Figura 3).

Al implementar la tecnología de **labranza convencional no quema** se observa que el área con aptitud 4 (temporalmente apta) pasa de 442 con quema a 486 hectáreas mientras que no apta permanentemente disminuye de 502 con quema a 409 hectáreas, así también el área con aptitud 3 pasa de 31 a 80 hectáreas. Esto se debe a que áreas que presentaban muy alto riesgo de erosión con labranza convencional quema, al no quemar mejoran en su condición de riesgo de erosión pasando a ser de alto riesgo. Esta minimización del riesgo erosivo en el primer ciclo, es debido principalmente a la incorporación de los residuos de la cosecha anterior, lo cual ocasiona que las partículas del suelo sean menos susceptibles a ser removidos por las escorrentías.

Una diferenciación mayor en aptitud física podría notarse a través de mayor número de años de implementar las tecnologías, con lo cual se espera cambien algunas características como riesgo de erosión y fertilidad, debido a las innovaciones tecnológicas, mejorando las condiciones prevalecientes en labranza convencional con no quema.

Existe un mayor rendimiento por efecto de no quemar debido a una mejor conservación de la humedad disponible y del suelo, a consecuencia de ello presentan mejores niveles de aptitud económica, sobre todo en unidades de tierra como Luis y Rambajo, las cuales al tener mejores condiciones físico-químicas, presentan una mayor capacidad de disponibilidad de humedad, traducida en mejores rendimientos.

Para el caso de **labranza convencional no quema + barreras + leguminosa**, se presentan resultados similares a labranza convencional con no quema en aptitud física y rendimientos, debido al período inicial (primer año) del establecimiento de las barreras y la incorporación de leguminosa, esperando efectos importantes a partir del segundo ciclo.

En este tipo de uso, en el primer año los valores de beneficio/costo tienden a bajar en promedio hasta 0.9 respecto a labranza convencional sin quema (1.2) e incluso convencional con quema (1.1), en virtud del mayor costo de producción por el establecimiento de las barreras y leguminosa, los valores de margen bruto siguen igual comportamiento (Figura 3, Cuadro 13).

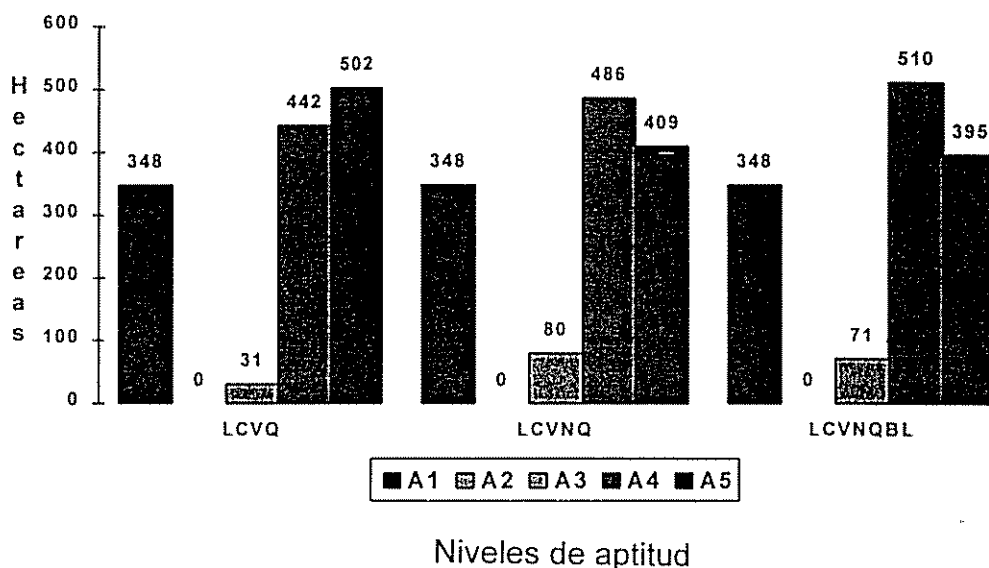


Figura 3. Evaluación de la aptitud física de la tierra en área (has) con labranza convencional quema (LCVQ); labranza convencional no quema (LCVNQ) y labranza convencional no quema +barreras + leguminosa (LCVNQBL).

### 6.3.2.2. Tipos de uso de la tierra labranza cero con: quema, no quema y no quema+barreras+leguminosa

**Labranza cero con quema** ocasiona serios problemas de degradación, de manera que solo existen 3 unidades de tierra (Totonilco, Auditorio vergel y Antena) que presentan aptitud 1. En tierras con suelos fluvisoles de menos de 4% de pendiente como la unidad de tierra Totonilco y Auditorio-Vergel el riesgo de erosión es bajo, por ello quemar no implica aumentar el riesgo de erosión, por otra parte las adiciones de minerales (cenizas) pueden resultar positivas. Sin embargo, para Antena (<4% de pendiente, franco) el riesgo de erosión puede agravarse en el tiempo.



El resto del área de estudio presenta 379 hectáreas con aptitud 4 y 597 hectáreas con aptitud 5 (Figura 4). Las limitantes principales fueron riesgo de erosión, capacidad de enraizamiento, disponibilidad de nutrientes y humedad. Las limitantes presentadas, obedecen al efecto de la quema sobre el proceso erosivo (López, 1993; CECECH, 1989). Estos investigadores mencionan que al quemar los residuos de cosecha, el suelo queda completamente desnudo, ocasionando que al ocurrir las primeras lluvias, las partículas de suelo sean fácilmente arrastradas.

Al paso del tiempo la profundidad efectiva disminuye afectando la capacidad de enraizamiento, la disponibilidad de nutrientes, así como una disminución en la infiltración del agua, restringiendo su disponibilidad en el suelo.

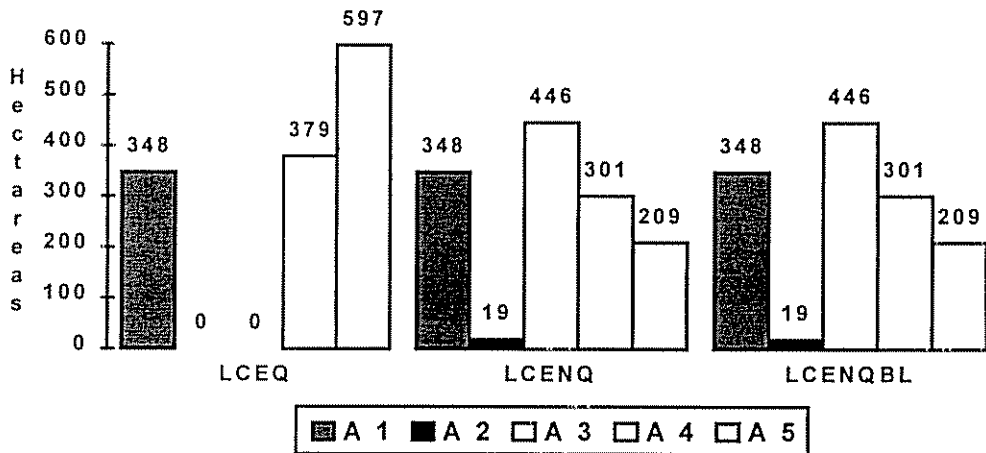
Estos resultados indican que bajo este manejo no es posible efectuar una agricultura redituable y sostenible.

**Labranza cero no quema y labranza cero no quema + barreras + leguminosa** presentan igual área de aptitud 1 a 5. Lo más sobresaliente comparado con labranza cero quema es el mejoramiento de los niveles de aptitud física denotado por la presencia de 446 hectáreas con aptitud 3 y de 19 hectáreas de aptitud 2. El área de aptitud 5 (no apta permanentemente) disminuye en 388 hectáreas (de 597 a 209 has) y el área de aptitud 4 (no apta temporalmente) en 78 hectáreas (de 379 a 301).

Las áreas con aptitud física (moderada) presentan mejores niveles de aptitud económica (de S2 a S1) respecto a las áreas con aptitud 4 con niveles de aptitud económica de N1 a S2. (Cuadro 11).

El hecho que bajo **labranza cero no quema + barreras + leguminosa**, se obtienen iguales resultados que para **labranza cero con no quema**, se debe a que

los efectos benéficos de las innovaciones sobre las características, suceden a partir del segundo ciclo. Los valores de aptitud económica tienden a ser semejantes excepto en las unidades con pendientes pronunciadas en que se tienen un costo más alto por el mayor número de metros de barrera. Esto ocasiona que en la mayoría de los casos se presenta un menor beneficio/costo y margen bruto (Cuadro 13), sin embargo se espera que los índices económicos tiendan a mejorar en el tiempo, al evitarse el costo de establecimiento de la barrera y cuando el efecto de las innovaciones se expresen en el rendimiento.



Niveles de aptitud

Figura 4. Evaluación de la aptitud física de la tierra en área (Has) con labranza cero quema (LCEQ); labranza cero no quema (LCENQ) y labranza cero no quema+barreras+leguminosa (LCENQBL).

### 6.3.2.3 Tipos de uso de la tierra con no quema en labranza convencional y labranza cero

Estos dos tipos de uso de la tierra presentan igual área de aptitud física 1, sin embargo labranza cero no quema comparado a labranza convencional no quema, presenta un incremento importante de 366 hectáreas (de 80 a 446 has) de área con aptitud 3 ( moderadamente apta) y además una disminución de áreas con aptitud 4 (no apta temporalmente) de 185 hectáreas (de 486 a 301 has) y de áreas de aptitud 5 (no apta permanentemente) en 200 hectáreas (de 409 a 209 has) (Figura 5).

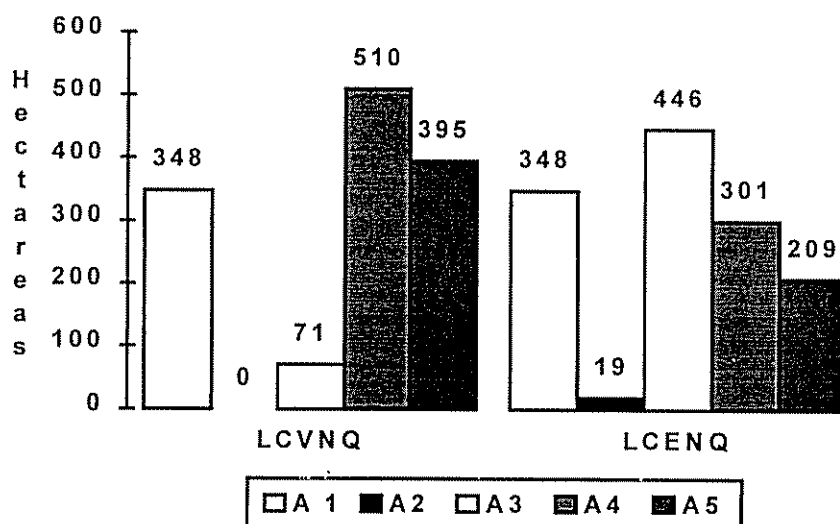
Esto demuestra la bondad y la mejor eficacia de labranza cero con no quema en el control de la erosión por medio de la cobertura de residuos mejorando la aptitud de las tierras.

Labranza convencional a pesar de no efectuar la quema, presenta como limitante el riesgo de erosión, debido a que la disgregación del suelo por medio del laboreo ocasiona que haya mayor susceptibilidad de las partículas de suelo a ser arrastradas. Esto coincide con resultados obtenidos por Araujo (1991), quien determinó mayor suelo erosionado con labranza convencional no quema (48 ton/ha/año) respecto a labranza cero no quema (11 ton/ha/año). Aunque a través de varios años de incorporar residuos es posible minimizar el riesgo de erosión.

Otra limitante para establecer labranza convencional es la capacidad de mecanización, siendo factible únicamente en suelos con pendientes menor de 15%.

La minimización del proceso erosivo y la mayor disponibilidad de agua por el manejo de cobertura con labranza cero no quema, ocasiona que exista mayor rendimiento, sobre todo en zonas con déficit hídrico. Por otra parte el costo de preparación del suelo se minimiza, presentándose en promedio valores mas altos de

los indicadores beneficio/costo (1.4) y margen bruto (913) respecto a convencional no quema con beneficio/costo de 1.2 y margen bruto 774 (Cuadro 13).



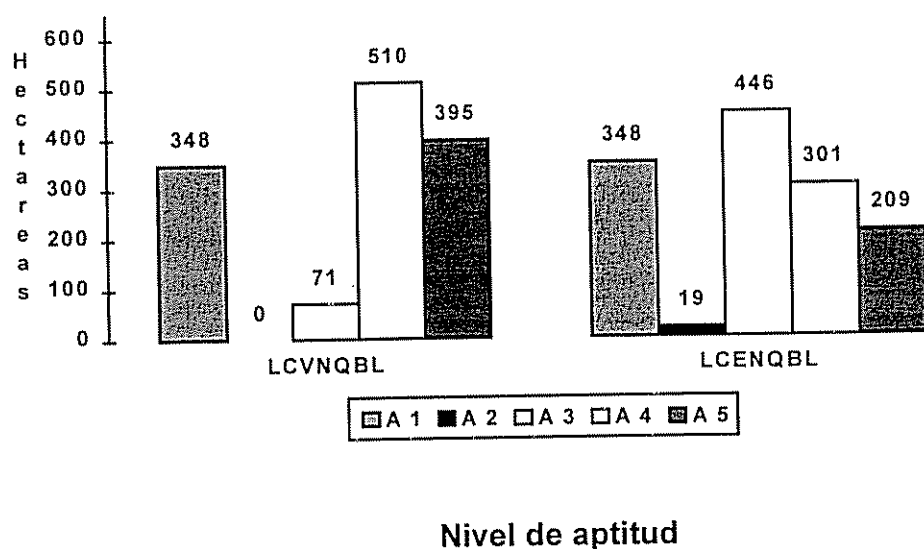
#### Nivel de aptitud

**Figura 5.** Evaluación de la aptitud física de la tierra en área (has) con labranza convencional no quema (LCVNQ) y labranza cero no quema (LCENQ).

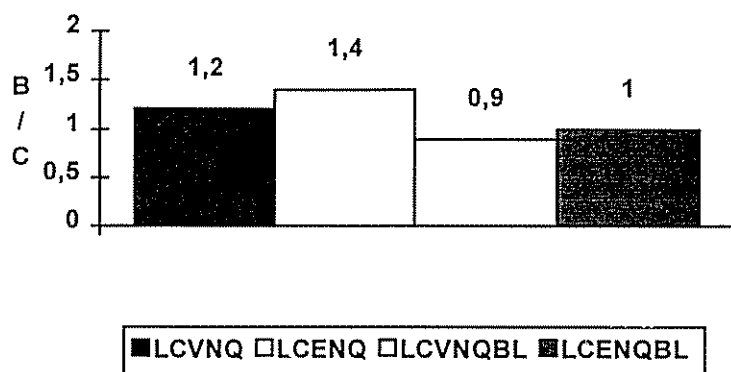
#### 6.3.2.4 Tipo de uso de la tierra no quema + barreras + leguminosa en labranza convencional y labranza cero

En virtud que los efectos del uso de las barreras y leguminosa en ambos TUT no se expresan en el primer ciclo de su establecimiento, los resultados de la evaluación de aptitud física son similares a labranza convencional no quema y labranza cero no quema, ambos sin barreras y leguminosa (Figura 5, 6).

El valor de la relación beneficio costo es mayor bajo labranza cero no quema (1.0) respecto a labranza convencional ambos con barreras+leguminosa (0.9), pero a la vez es dominado por labranza cero (1.4) y labranza convencional no quema (1.2) debido principalmente como se ha venido explicando, a presentar una menor inversión (Figura 7).



**Figura 6.** Evaluación de la aptitud física de la tierra en área (has) labranza convencional no quema+barreras+leguminosa (LCVNQBL) y labranza cero no quema + barreras + leguminosa (LCENQBL).



### Tipos de uso de la tierra

Figura 7. Valor promedio de la relación beneficio costo con labranza convencional y cero no quema (LCVNQ, LCENQ) con y sin barreras Vegetativas+leguminosa (LCVNQBL, LCENQBL).

Cuadro 11. Unidades de tierra, rendimiento, aptitud física y económica por tipo de uso.

U T	LA CV Q			LA CV NQ			LA CV NQ BA LE			LA CE Q			LA CE NQ			LA CE NQ BA LE		
	REND Ton/Ha	AF	AE	REND Ton/Ha	AF	AE	REND Ton/Ha	AF	AE	REND Ton/Ha	AF	AE	REND Ton/Ha	AF	AE	REND Ton/Ha	AF	AE
TOTO	4,500	1	S1	5,000	1	S1	5000	1	S1	3500	1	S1	5,000	1	S1	5,000	1	S1
AUDVER	4,800	1	S1	5,000	1	S1	5000	1	S1	3500	1	S1	5,000	1	S1	5,000	1	S1
ANTE	3,572	1	S1	4,500	1	S1	4500	1	S1	3087	1	S1	4,500	1	S1	4,500	1	S1
RAMBAJO	2,558	3	S3	3,250	3	S2	3250	3	S3	2229	4	S3	3,250	4	S2	3,250	4	S2
TAMP 1	1,555	4	N1	1,764	4	N1	1764	4	N1	1209	4	N1	1,764	4	N1	1,764	4	N1
ESPZA	2,766	4	S3	3,136	4	S2	3136	4	S3	2150	4	S3	3,136	3	S2	3136	3	S2
CRUCE	1,253	4	N1	1,421	4	N1	1421	4	N1	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2
ANTE1	1,253	4	N1	1,421	4	N1	1421	4	N1	1209	4	N1	1,764	4	N1	1,764	4	N1
LUC	1,587	4	N1	1,764	4	N1	1764	4	N1	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2
RAMLAD	0	5	N2	2548	3	S3	2548	3	N1	0	5	N2	2548	3	S3	2548	3	N1
LUI	2,046	4	N1	2,548	4	S3	2548	4	N1	0	5	N2	3,250	4	S2	3,250	4	S2
RASTRO	1,555	4	N1	1,764	4	N1	1764	4	N1	1209	4	N1	1,764	4	N1	1,764	4	N1
BODE	0	5	N2	1,764	4	N1	1764	4	N1	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2
MINA 1	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2
LIVISTA	0	5	N2	1728	4	N1	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2
PIJU 3	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2
NASOLO1	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2
MATI	0	5	N2	3283	3	S2	3283	3	S2	0	5	N2	3,456	3	S1	3,456	3	S2
LAPADEP	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	3,348	3	S1	3,348	3	S2
TAMP 2	0	5	N2	3693	4	S1	0	5	N2	0	5	N2	3,888	2	S1	3,888	2	S1
ERMI	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	3,766	2	S1	3,766	2	S2
PIJU 1	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	3,348	3	S1	3,348	3	S2
PIJU 2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	2,418	4	S3	2,418	4	N1
TAMP 3	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	3,348	3	S1	3,348	3	S2
MINA 2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2
CEME	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	2,418	4	S3	2,418	4	N1
NASOLO2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2
RAVIE	0	5	N2	3283	4	N1	0	5	N2	0	5	N2	3,456	3	S1	3,456	3	S2
CRU2	0	5	N2	1322	4	N1	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2	0	5	N2

LA CV Q=LABRANZA CONVENCIONAL QUEMA LA CV NQ=LABRANZA CONVENCIONAL NO QUEMA

LA CE Q=LABRANZA CERO QUEMA LA CE NQ=LABRANZA CERO NO QUEMA

LA CE NQ BA LE = LABRANZA CERO NO QUEMA BARRERA LEGUMINOSA.

LA CV NQ BA LE=LABRANZA CONVENCIONAL NO QUEMA

Cuadro 12. Sub-clases de aptitud física de unidades de tierra para diferentes tipos de uso.

UNIDAD DE TIERRA	LA CV Q	LA CV NQ	LA CV NQ BA LE	LA CE Q	LA CE NQ	LA CE NQ BA LE
MATI	5 Ero	5 Mec-Ero-Dinu	5 Mec-Ero-Dinu	5 Ero-Enr-Dinu	3 Dinu-Ero-Enr	3 Dinu-Ero-Enr
LUI	4 Enr-Mec	4 Dinu-ero-Enr	4 Dinu-Ero-Enr	5 Dinu-Enr-Ero	4 Dinu-Enr	4 Dinu-Enr
TOTO	1	1	1	5 Ero	1	1
RAMBAJO	3 Dinu-Enr	3 Dinu-Ero	3 Dinu-Ero	4 Dinu -Enr	4 Dinu-Enr	4 Dinu-Enr
RAMLAD	5 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu	5 Dinu	5 Dinu	5 Dinu
ERMI	5 Mec	5 Mec	5 Mec	5 Ero-Enr	2 Enr-Ero	2 Ero-Enr
ESPZA	4 Dinu-Hu-Enr	4 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu	4 Enr-Hu-Ero	3 Hu-Enr	3 Enr-Dinu
LAPADEP	5 Mec	5 Mec	5 Mec	5 Ero-Enr-Dinu	3 Dinu-Enr-Ero	3 Dinu-Enr-Ero
LUC	5 Dinu-Hud	5 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu	5 Dinu	5 Dinu	5 Dinu
CRUZ	5 ero	5 Ero-Dinu	5 Ero-Dinu	5 Dinu	5 Dinu-Enr-Ero	5 Dinu-Enr-Ero
CRUCE	4 Hu	4 Hu-Dinu	4 Dinu-Hu	5 Dinu	5 Dinu-Enr	5 Dinu-Enr
AUDVER	1	1	1	5 Ero	1	4 Dinu
ANTE1	4 Hu-Ero	4 Hu-Ero-Dinu	4 Dinu-Ero-Hu	4 Dinu-Hu-Ero	4 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu
ANTE	1	1	1	5 Ero	1	1
LIVISTA	5 Ero	5 Ero-Dinu	5 Ero-Dinu	5 Dinu	5 Dinu-Ero	5 Dinu-Ero
PIJU 1	5 Mec	5 Mec	5 Mec	5 Enr-Ero-Dinu	3 Dinu-Enr-Ero	3 Dinu-Enr-Ero
PIJU 2	5 Mec	5 Mec	5 Mec	5 Ero- Hu-Dinu-Enr	4 Hu-Dinu-Ero	3 Dinu-Ero-Hu
PIJU 3	5 Ero	5 Ero-Dinu	5 Ero-Dinu	5 Ero-Enr-Hu	3 Enr-Dinu-Ero	3 Enr-Dinu-Ero
TAMP 1	4 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu- Ero	4 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu
TAMP 2	5 Mec	5 Ero-Mec	5 Ero-Mec	5 Ero-Enr	2 Enr-Ero	2 Enr-Ero
TAMP 3	5 Mec	5 Mec	5 Mec	5 Ero-Enr-Hu	3 Hu-Enr-Ero	3 Enr-Ero-Hu
CEME	5 Mec	5 Mec	5 Mec	5 Enr- Dinu-Hu	4 Dinu-Ero-Hu	4 Dinu-Ero-Hu
RAVIE	5 Ero	5 Ero	5 Ero	5 Ero-Enr-Hu	3 Ero-Enr	3 Ero-Enr
RASTRO	4 Dinu-Hu-Ero	4 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu	4 Dinu-Ero	4 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu
NASOLO2	5 Mec	5 Mec	5 Mec	5 Dinu	5 Dinu-Ero	5 Dinu-Ero
NASOLO1	5 Ero	5 Ero-Dinu	5 Ero	5 Dinu	5 Dinu-Ero	5 Dinu-Ero
BODE	5 Dinu	4 Dinu-Hu	4 Dinu-Hu	5 Dinu	5 Dinu	5 Dinu
MINA 1	5 Ero	5 Ero	5 Ero	5 Dinu	5 Dinu-Ero	5 Dinu-Ero-Enr
MINA 2	5 Mec	5 Mec	5 Mec	5 Dinu	5 Dinu-Eo	5 Dinu-Ero

LA CV Q=LABRANZA CONVENCIONAL QUEMA LA CV NQ=LABRANZA CONVENCIONAL NO QUEMA

LACEQ=LABRANZA CERO QUEMA LA CE NQ=LABRANZA CERO NO QUEMA LA CV NQ BA LE=LABRANZA CONVENCIONAL NO QUEMA LA CE NQ

BA LE = LABRANZA CERO NO QUEMA BARRERA LEGUMINOSA.



**Cuadro 13. Unidades de tierra, y sus principales indicadores económicos bajo diferentes tipos de uso.**

U T	LA CV Q			LA CV NQ			LA CV NQ BA LE			LA CE Q			LA CE NQ			LA CE NQ BA LE		
	M/B	B/C	TIR	M/B	B/C	TIR	M/B	B/C	TIR	M/B	B/C	TIR	M/B	B/C	TIR	M/B	B/C	TIR
ANTE	1153	1.5	76	1723	1.8	111	1346	1.4	70	962	1.4	69	1734	1.8	112	1571	1.6	92
ANTE 1	-296	0.7	-20	-200	0.7	-14	-694	0.5	-35	-211	0.7	-16	24	0.9	2	-254	0.7	-14
AUDVER	1733	1.8	112	2036	1.9	130	1659	1.6	85	1220	1.6	87	2047	2.0	132	1884	1.8	110
BODE				13	0.8	1	-479	0.6	-24									
CEME																		
CRU2				-262	0.7	-18							433	1.1	29	-630	0.6	-24
CRUCE	-296	0.7	-20	-201	0.7	-14	-694	.5	-35									
ERMI																		
ESPZA	649	1.2	43	871	1.3	57	378	1.0	19	377	1.1	27	1276	1.5	84	243	0.9	9
LAPADEP													882	1.3	58	603	1.1	34
LIVISTA				963	1.4	-6							1014	1.4	67	213	0.9	9
LUC				13	0.8	0.9	-479	.6	-24				913	1.4	60	460	1.0	23
LUI	.174	1.0	12	503	1.1	33	-163	0.8	-7				1082	1.4	71	629	1.1	32
MATI																		
MINA 1																		
MINA 2																		
NASOLO1																		
NASOLO2																		
PIJU 1													1014	1.4	67	-18	0.8	-1
PIJU 2													433	1.1	29	-368	0.7	-16
PIJU 3													842	1.3	56	563	1.1	31
RAMBAJO	520	1.1	35	942	1.4	62	565	1.1	30	426	1.1	31	953	1.4	63	790	1.2	47
RAMLAD				503	1.1	33	10	.8	.56				514	1.1	34	235	1.0	13
RASTRO	-107	0.8	-7	13	0.8	0.9	-479	.6	-24	-211	0.7	-16	24	0.9	2	-254	0.7	-14
RAVIE				963	1.4	63							1082	1.4	71	629	1.1	32
TAMP1	-107	0.8	-7	13	0.8	0.9	-479	.6	-24	-211	0.7	-16	24	0.9	2	-254	0.7	-14
TAMP2				1219	1.5	79							1352	1.6	89	899	1.2	45
TAMP3													1014	1.4	67	213	0.9	9
TOTO	1733	1.8	112	2036	1.9	130	1659	1.6	85	1220	1.6	87	2047	2.0	132	1884	1.8	110

'LA CV Q=LABRANZA CONVENCIONAL QUEMA

'LA CV NQ=LABRANZA CONVENCIONAL NO QUEMA

LA CE Q=LABRANZA CERO QUEMA

LA CE NQ=LABRANZA CERO NO QUEMA

LA CV NQ BA LE=LABRANZA CONVENCIONAL NO QUEMA

LA CE NQ BA LE = LABRANZA CERO NO QUEMA BARRERA LEGUMINOSA.

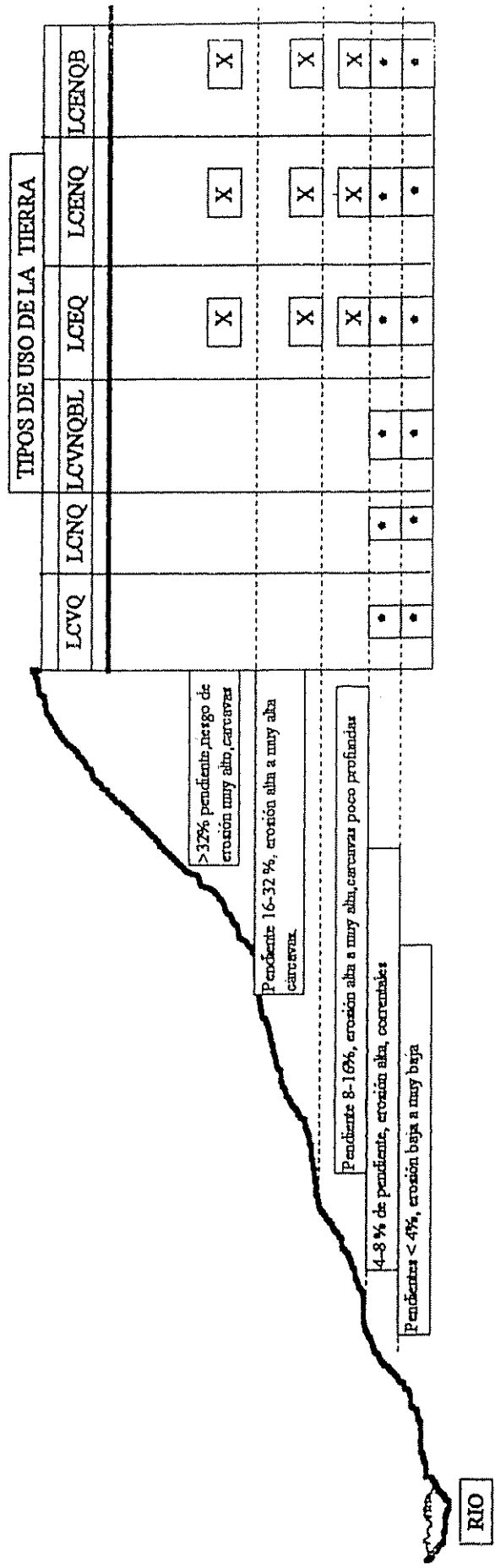
### **6.3.3 Evaluación física y económica de unidades de tierra para el sistema experto FRAYMODI**

El análisis de los resultados de la evaluación se efectúa en base a tendencias a través de los años (escenarios 1, 3, 5) de unidades de la tierra representativas de cada condición fisiográfica, con los diferentes tipos de uso de la tierra (Figura 8). Se inicia con una comparación de los resultados dentro de un mismo sistema de labranza (convencional o cero), luego se realiza una comparación entre los dos sistemas, únicamente para unidades de tierra donde las pendientes permiten efectuar los dos tipos de labranza, principalmente en pendientes menores de 16%. En pendientes mayores únicamente es posible efectuar labranza cero.

El tipo de uso de la tierra labranza cero con quema en terrenos mecanizables (< 16% de pendiente) no es común en la región, sin embargo en este estudio se somete al análisis aprovechando la bondad del modelo para evaluar lo que sucedería en caso de implementarse este tipo de uso de la tierra.

Las tendencias presentadas por cada TUT sobre las UT obedecen a cambios que se suscitan principalmente sobre las características de materia orgánica y suelo erosionado a través del tiempo (Cuadro 14). Estas características de la tierra

(CT) al ser evaluadas por los requisitos de uso de la tierra a través de los árboles de decisión pueden modificar el rendimiento y nivel de aptitud positiva o negativamente.



LCVQ = Labranza convencional quema  
 LCVNQ = Labranza convencional no quema  
 LCVNQBL = Labranza convencional no quema barreras+leguminosa  
 LCEQ = Labranza cero quema  
 LCENQ = Labranza cero no quema  
 LCENQB = Labranza cero no quema barreras+leguminosa

Figura 8. Ubicación fisiográfica de las unidades de tierra escogidas para la evaluación a cinco años (escenarios) con los diferentes tipos de uso de la tierra, correspondiente al sistema experto FRAYMODI.

**Cuadro 14. Cambios en los valores de las características M.O. y suelo erosionado por la aplicación de seis tipos de uso de la tierra (TUT) durante cinco años.**

Unidad de tierra: Totonilco < 4% de pendiente							
	AÑOS	LACVQ	LACVNQ	LACVNQBL	LACEQ	LACENQ	LACEBL
M O	1	5.80	5.8	5.80	5.8	5.8	5.80
	3	5.86	5.8	6.01	5.8	5.8	5.90
	5	5.80	5.8	6.10	5.8	5.8	6.0
RIESGO EROSION	1	muy bajo	muy bajo	muy bajo	muy bajo	muy bajo	muy bajo
	3	muy bajo	muy bajo	muy bajo	muy bajo	muy bajo	muy bajo
	5	muy bajo	muy bajo	muy bajo	muy bajo	muy bajo	muy bajo

Peso seco Stylobium 5 - 10 ton en LACVNQBL Y LACENQBL durante años 1-5 Dap 2.0

Unidad de tierra Antena . Pendiente < 4%

	AÑOS	LACVQ	LACVNQ	LACVNQBL	LACEQ	LACENQ	LACEBL
M O	1	2.3	2.3	2.30	2.3	2.3	2.3
	3	2.3	2.3	2.61	2.3	2.3	2.45
	5	1.9	2.3	3.09	1.9	2.3	2.61
RIESGO EROSION	1	bajo	bajo	bajo	bajo	muy bajo	muy bajo
	3	bajo	bajo	muy bajo	bajo	muy bajo	muy bajo
	5	mediano	bajo	muy bajo	mediano	muy bajo	muy bajo

Peso seco Stylobium 5 - 10 ton en LACVNQBL Y LACENQBL durante años 1-5 Dap 1.1

Unidad de tierra San Ramón alto: Pendiente 4-8%

	AÑOS	LACVQ	LACVNQ	LACVNQBL	LACEQ	LACENQ	LACEBL
M O	1	1.6	1.6	1.60	1.60	1.6	1.6
	3	1.47	1.6	1.92	1.47	1.6	1.75
	5	1.3	1.6	2.07	1.30	1.6	1.92
RIESGO EROSION	1	mediano	mediano	bajo	mediano	bajo	bajo
	3	alto	mediano	muy bajo	alto	muy bajo	muy bajo
	5	muy alto	bajo	muy bajo	muy alto	muy bajo	muy bajo

Peso seco Stylobium 2-5 ton en LACVNQBL Y LACENQBL durante años 1-5 Dap 1.1

Unidad de tierra: Las cruces. Pendiente 4-8%

	AÑOS	LACVQ	LACVNQ	LACVNQBL	LACEQ	LACENQ	LACEBL
M O	1	0.8	0.8	0.8	0.80	0.8	0.8
	3	0.74	0.8	0.94	0.74	0.8	0.86
	5	0.6	0.8	1.10	0.60	0.8	0.94
RIESGO EROSION	1	mediano	mediano	mediano	mediano	bajo	bajo
	3	alto	mediano	bajo	alto	muy bajo	muy bajo
	5	muy alto	bajo	muy bajo	muy alto	muy bajo	muy bajo

Peso seco Stylobium 2 - 5 ton en LACVNQBL Y LACENQBL durante años 1-5 Dap 1.2

Unidad de tierra San Luis Alto: 8-16 de pendiente

	AÑOS	LACVQ	LACVNQ	LACVNQBL	LACEQ	LACENQ	LACEBL
M.O.	1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	3	0.99	1.1	1.18	.99	1.1	1.14
	5	0.88	1.1	1.22	.88	1.1	1.18
RIESGO EROSION	1	bajo	bajo	bajo	bajo	muy bajo	muy bajo
	3	medio	bajo	muy bajo	medio	muy bajo	muy bajo
	5	alto	muy bajo	muy bajo	alto	muy bajo	muy bajo

Peso seco Stylobium 5-10 ton en LACVNQBL y LACENQBL durante años 1-5 Dap 1.9

Unidad de tierra Matilishuatal 8-16% de pendiente.

	AÑOS	LACVQ	LACVNQ	LACVNQBL	LACEQ	LACENQ	LACEBL
M O	1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
	3	2.8	3.3	3.49	2.8	3.3	3.4
	5	2.4	3.3	3.82	2.4	3.3	3.51
RIESGO EROSION	1	alto	alto	alto	alto	mediano	mediano
	3	muy alto	alto	mediano	muy alto	bajo	muy bajo
	5	muy alto	mediano	muy bajo	muy alto	muy bajo	muy bajo

Peso seco Styzolobium de 5 - 10 ton en LACVNQBL y LACENQBL durante año 1-5 Dap 1.6

Unidad de tierra: Pijuyal 2. 16-32% de pendiente.

	AÑOS	LACVQ	LACVNQ	LACVNQBL	LACEQ	LACENQ	LACEBL
M O.	1				1.8	1.8	1.80
	3				1.40	1.8	1.84
	5				0.9	1.8	2.05
RIESGO EROSION	1				muy alto	mediano	mediano
	3				muy alto	mediano	muy bajo
	5				muy alto	bajo	muy bajo

Peso seco Styzolobium 2 - 5 ton LACENQBL durante años 1-5

Unidad de tierra Tampico 3: Pendiente de 16-32%

	AÑOS	LACVQ	LACVNQ	LACVNQBL	LACEQ	LACENQ	LACEBL
M O	1				2.9	2.9	2.9
	3				2.32	2.9	3.0
	5				1.8	2.9	3.1
RIESGO EROSION	1				muy alto	mediano	mediano
	3				muy alto	mediano	bajo
	5				muy alto	bajo	muy bajo

Peso seco Styzolobium 5 - 10 ton en LACENQBL durante años 1-5 Dap 1.7

Unidad de tierra Pijuyal 1 > 32% de pendiente.

	AÑOS	LACVQ	LACVNQ	LACVNQBL	LACEQ	LACENQ	LACEBL
M O	1				2.0	2.0	2.0
	3				1.4	2.0	2.10
	5				0.8	2.0	2.2
RIESGO EROSION	1				muy alto	mediano	mediano
	3				muy alto	mediano	bajo
	5				muy alto	bajo	muy bajo

Peso seco Styzolobium 5 - 10 ton en LACENQBL durante años 1-5 Dap 1.9

En tierras con suelos fluvisoles con menos de 4% de pendiente como la unidad de tierra Totonilco, no se presentan cambios drásticos incluso con los tipos de uso que contemplan quema. En estas pendientes el riesgo de erosión es bajo, por ello quemar no implica aumentar el riesgo de erosión, por otra parte las adiciones de minerales (cenizas) pueden resultar positivas. Sin embargo, para Antena (<4% de pendiente, franco) el riesgo de erosión pasa de bajo a mediano en el año 5, debido a

la mayor posibilidad de lavado por sus características físicas en comparación al anterior, aunque sus pendientes sean bajas.

Unidades de tierra establecidas en pendientes de 4 a 16% (San Ramón alto, San Luis alto, Matilishuatal y Cruces) presentan un mayor riesgo de erosión a través de los años por efecto de quema con labranza convencional o cero. La práctica de quemar aunada al mayor suelo perdido produce una disminución de la materia orgánica. En este tipo de unidades de tierra al aplicar barreras+leguminosa en labranza cero o convencional producen cambios positivos, disminuyendo el riesgo de erosión y aportando materia orgánica.

La aplicación de no quemar sea en labranza convencional o cero, únicamente supone cambios importantes en el control de la erosión, no así para la materia orgánica por manejarse residuos de cosecha del maíz con poco contenido de nitrógeno, aunque después de varios años pueden producirse cambios positivos.

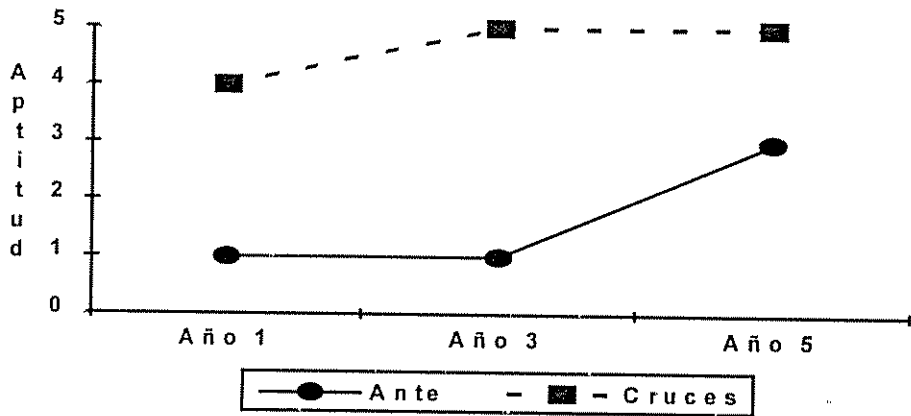
Para las unidades de tierra con pendientes arriba de 16% (Pijuyal1, Pijuyal2, Tampico3), que presentan altos y muy altos riesgos de erosión, labranza cero con quema produce la aceleración del proceso erosivo. Este riesgo puede minimizarse con el tipo de uso labranza cero no quema, aunque existe una mayor efectividad en el control con labranza cero no quema+barreras+leguminosa. Además de presentar un beneficio adicional al incrementar los niveles de materia orgánica por efecto de las adiciones de *Stizolobium* en cobertura al suelo.

### 6.3.3.1 Tipos de uso de la tierra labranza convencional y labranza cero con quema

Los tipos de uso de la tierra que presentaron efectos negativos son los relacionados con **quema** sea en **labranza convencional o labranza cero**, sobre las unidades de tierra donde es factible su implementación. Ambos tienden a disminuir los rendimientos por efecto de la degradación de las características de la tierra, ocasionando que algunas tierras presenten niveles de aptitud física cada vez menos aptas a través de los años, o inclusive llegar a ser no aptas, como es el caso de las unidades de tierra Ante 5 y Cruces5 (Cuadro 15, Figura 9, 10) para **labranza convencional quema**, y en las unidades de tierra Piju1 y Tamp3 para **labranza cero quema** (Cuadro 15, Figura 11, 12).

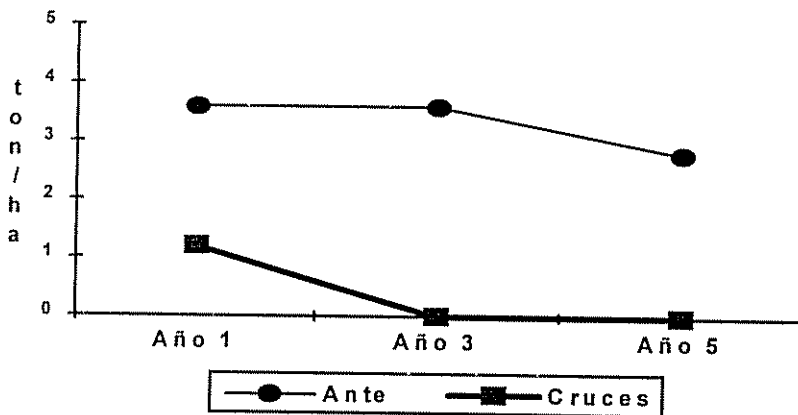
Este proceso degradativo del suelo y su efecto en la disminución de los rendimientos, representan hasta cierto punto lo indicado por agricultores de la zona, quienes manifiestan obtener una disminución aproximada del rendimiento de maíz de 1.2 ton/ha en un término de 10 años de aplicar la quema sea en labranza convencional o cero (López, 1991)

Lo anterior ocasiona también un menor valor de aptitud económica y menor relación beneficio/costo respecto a cuando se implementa la no quema, como se ejemplifica para la unidad Tamp 3 (Figura 13, Cuadro 16).



### Unidades de tierra

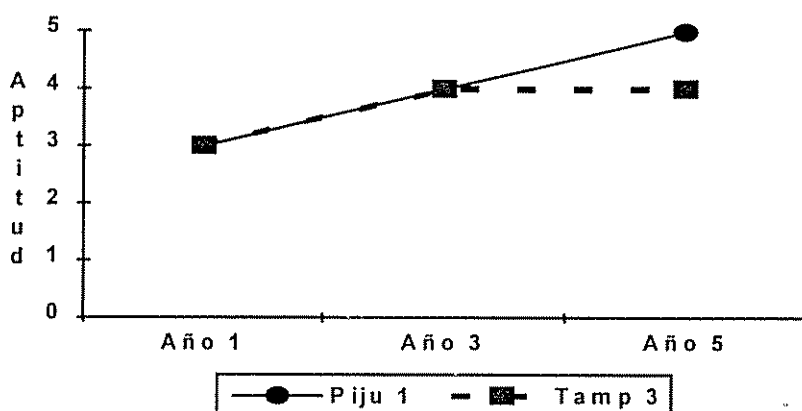
Figura 9. Variación de la aptitud física con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Ante y Cruces con labranza convencional quema.



### Unidades de tierra

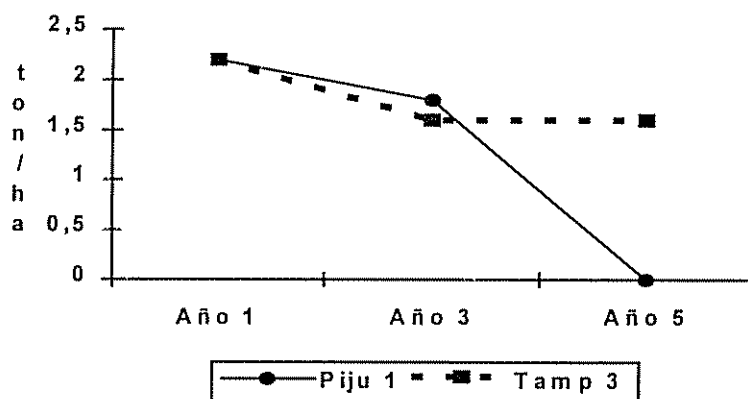
Figura 10. Variación del rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Ante y Cruces con labranza convencional quema.





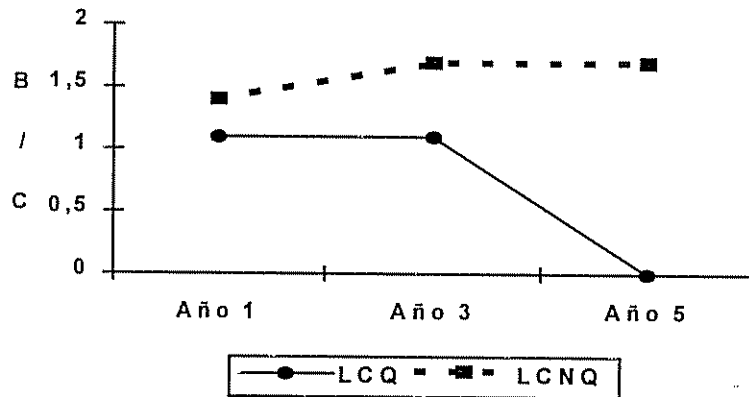
Unidades de tierra

**Figura 11.** Variación de la aptitud física con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Piju1 y Tamp3 con el TUT labranza cero quema.



Unidades de tierra

**Figura 12.** Variación del rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Piju1 y Tamp3 con labranza cero quema.



### Tipos de uso

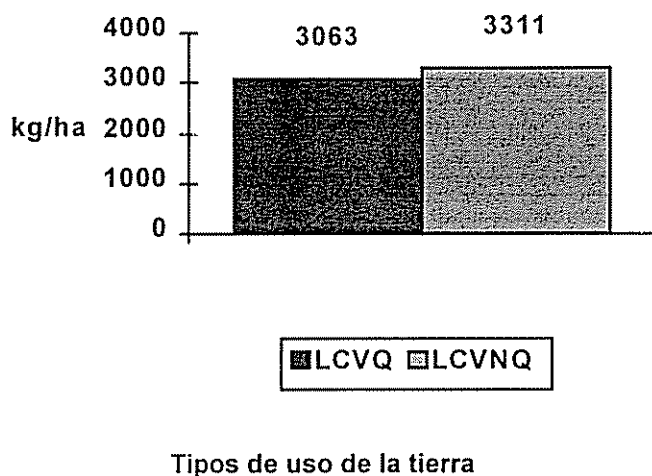
LCQ al año 5 es no apto por el alto riesgo de erosión presentando  $B/C=0$

**Figura 13.** Variación del beneficio/costo con el tiempo (escenarios) de la unidad de tierra Piju1 con labranza cero quema y no quema.

#### 6.3.3.2 Tipos de uso de la tierra labranza convencional no quema sin y con barrera+leguminosa

El Tipo de uso de la tierra **labranza convencional no quema** (sin barreras) al incorporar los residuos de la cosecha anterior, presenta efectos menos drásticos que el mismo, con quema. De manera que se tienen aumentos de rendimiento a través de los años desde el primer año, por proporcionar mejores condiciones de humedad, conservación del suelo y nutrientes

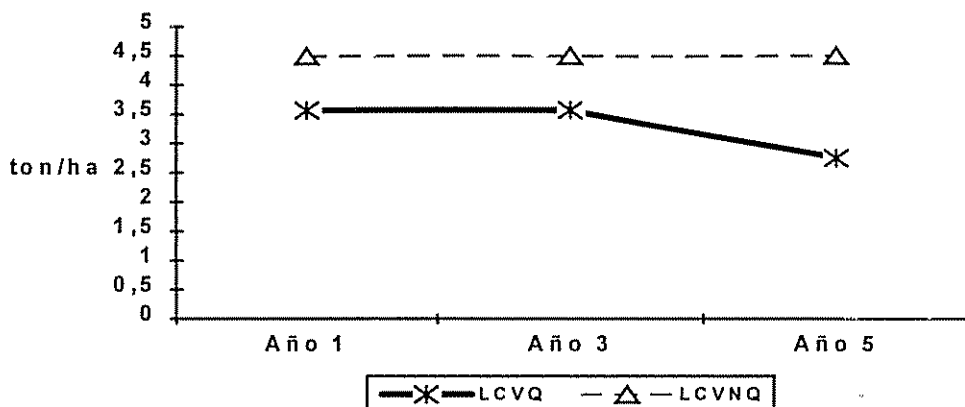
En el primer año presenta un aumento promedio de 248 kg/ha respecto a labranza convencional con quema (Figura 14).



**Figura 14. Rendimientos promedios de unidades de tierra con labranza convencional con quema (LCVQ) y no quema (LCVNQ).**

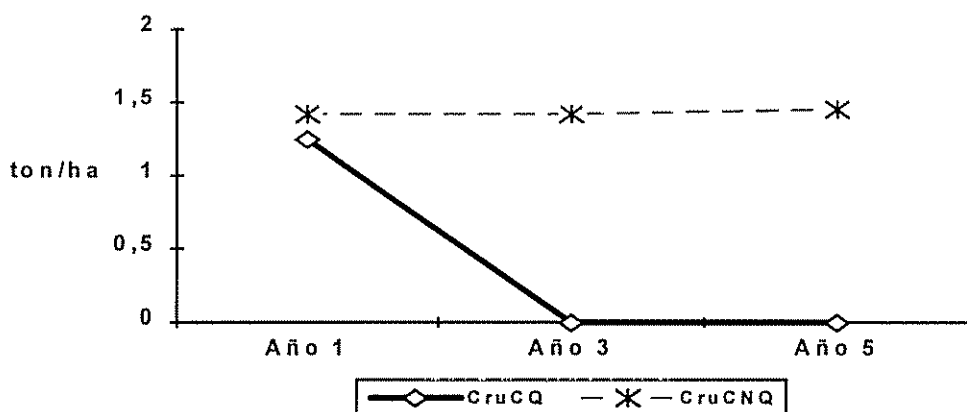
Este incremento en rendimiento se sostiene a través de los años así como el mejoramiento del nivel de aptitud física, como sucede en las unidades de tierra Ante y Cruces. En comparación a labranza convencional con quema la cual resulta perjudicial para la sostenibilidad de manera que en Ante el rendimiento baja a través de los años (Figura 15). En unidades de tierra más degradadas como Cruces el rendimiento baja de 1, 421 a 1, 253 en el primer año, resultando para los siguientes años no apto por agravarse el riesgo de erosión que resulta de aplicar la quema de residuos (Figura 16).

Esto concuerda con buena aproximación con lo indicado por los productores, al manifestar que sobre todo en suelos arenosos como la unidad Cruces, al quemar los residuos y mecanizar el suelo, este es más fácilmente transportado por las escorrentías, formando emplayamientos. Además "guardan" (retienen) poca humedad, y al ausentarse por varios días las lluvias, las plantas presentan signos de marchitamiento.



Tipos de uso de la tierra

Figura 15. Variación del rendimiento con el tiempo (escenarios) de la unidad de tierra Ante, con labranza convencional con y sin quema.



Tipos de uso de la tierra

Figura 16. Variación del rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de la unidad de tierra Cruces con labranza convencional no quema (CNQ) y quema (CQ).

Labranza convencional con no quema + barreras vegetativas + leguminosa presenta aumentos promedios en rendimientos a los tres años, de 455 kg y a los cinco años de 613 kg muy superiores a los obtenidos unicamente con labranza convencional de 20 kg a los cinco años . Este aumento a los tres años resulta semejante al obtenido por Camas (1993) en parcelas de validación en la Fraylesca, Chiapas, siendo de 400 kg/ha.

Este aumento se atribuye a reducción de la erosión, los efectos sobre los nutrimentos del suelo especialmente materia orgánica, mayor conservación y disponibilidad de la humedad como es el caso de la unidades de tierra Ante (pendiente < 4%) y Cruces (4-8%) (Figura 17).

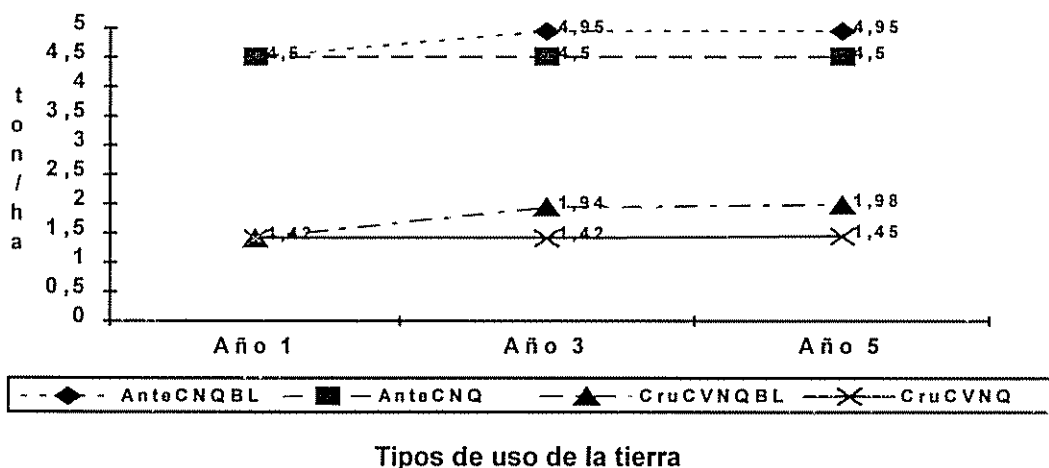
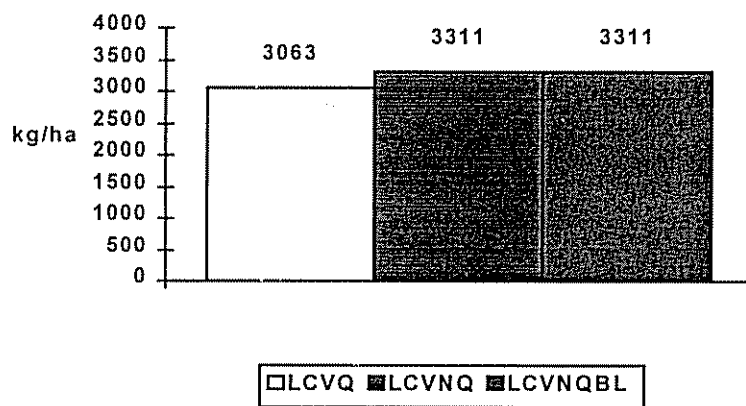


Figura 17. Variación del rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Ante y Cruces con labranza convencional no quema barreras+leguminosa (CNQBL) y con convencional no quema (CNQ) .

**Labranza convencional no quema, con barreras vegetativas+leguminosa** presenta al primer año un aumento en rendimiento respecto a labranza convencional quema de 248 kg/ha, similar al que presenta labranza convencional no quema (sin barreras), lo cual se debe a que es el primer año de establecimiento de las barreras y la leguminosa y por ende no existe efecto de estas sobre la conservación del suelo y aporte de nutrientes (Figura 18).

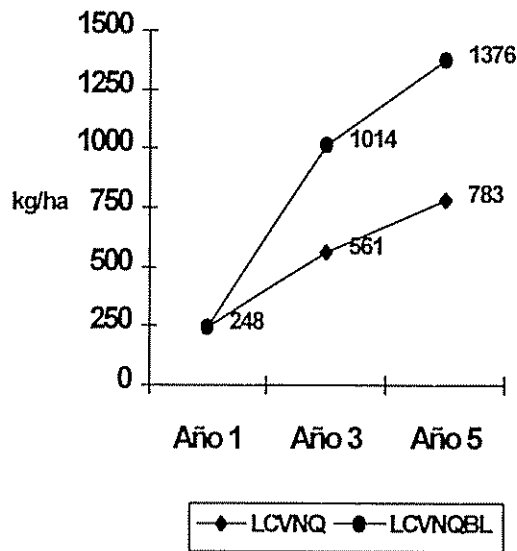


#### Tipos de uso de la tierra

**Figura 18.** Rendimientos promedios (año 1) con labranza convencional con quema (LCVQ), no quema (LCVNQ), no quema+barreras +leguminosa (LCVNQBL) .

A los tres años labranza convencional no quema+barreras+leguminosa presenta respecto a labranza convencional con quema un aumento de 1014 kg y a los cinco 1376 kg, muy superior al presentado con labranza convencional no quema

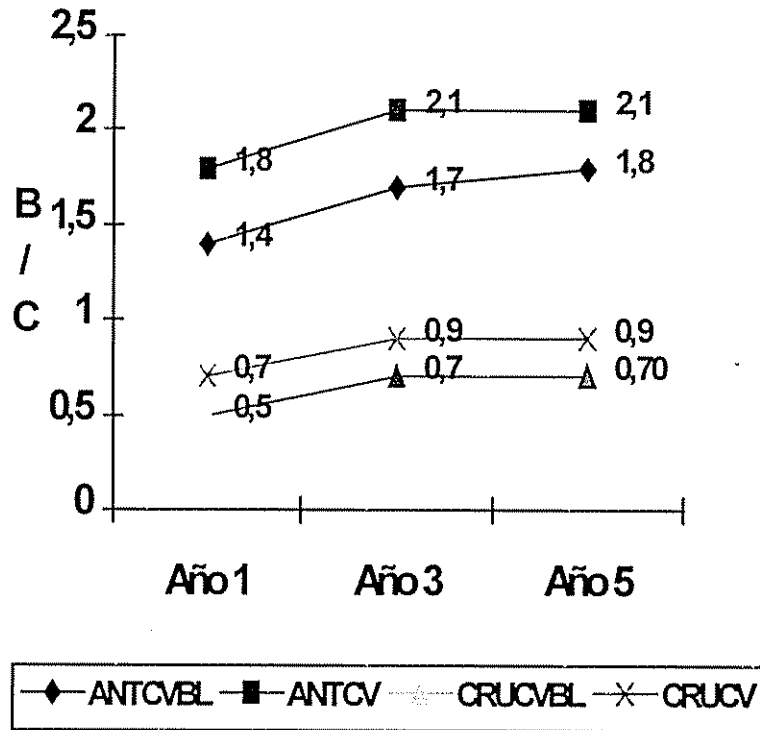
(Figura 19). Esto se debe a que mientras con labranza convencional con quema el suelo tiende a degradarse conforme pasa el tiempo, con las innovaciones sucede todo lo contrario, manifestandose los aportes benéficos sobre el suelo.



Tipos de uso de la tierra

**Figura 19.** Diferencia promedio del rendimiento de labranza convencional no quema sin (LCVNQ) y con barreras+leguminosa (LCVNQBL) respecto a labranza convencional quema a uno, tres y cinco años.

Labranza convencional no quema+barreras+leguminosa a pesar de presentar un mayor rendimiento, tiene menor beneficio/costo, sobre todo en el primer ciclo por son por efectuarse la principal inversión en el establecimiento de las barreras, después de este año el valor tiende a ser más alto, lo que indica un recuperación paulatina de la inversión como en las unidades Ante y Cruces (Cuadro 16, Figura 20). A pesar de esto no logra superar a labranza convencional no quema, aunque esto se espera en unos años más, cuando logren expresarse mejor los efectos de las innovaciones



Tipos de uso de la tierra

Figura 20. Relación beneficio/costo de escenarios de las UT Ante y Cruces con el TUT labranza convencional no quema sin (ANTCV, CRUCV) y con barreras+leguminosa (ANTCVBL, CRUCVBL).

Con este tipo de uso de la tierra es posible mejorar unidades de tierra que por presentar alto riesgo de erosión resultan no aptas para labranza convencional no quema al primer año, como la unidad de tierra Mati (pendiente 8-16%). Después de establecerse las barreras este riesgo disminuye, mejorando su aptitud física de 5 a 4 a los tres años y a aptitud 3 a los cinco años, siendo este proceso más rápido comparado con labranza convencional en el cual pasa de aptitud 5 a 4 en cinco años (Figura 21).



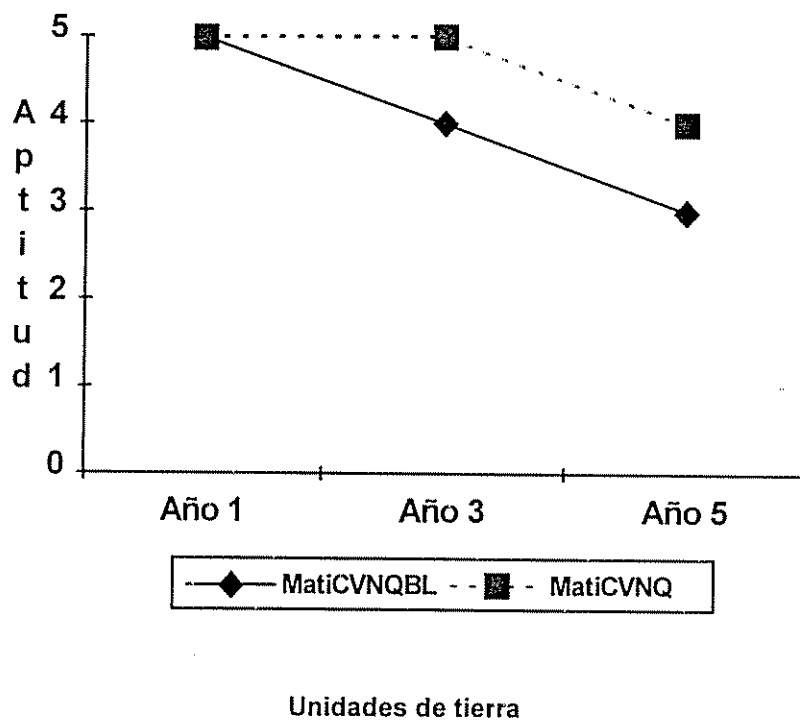


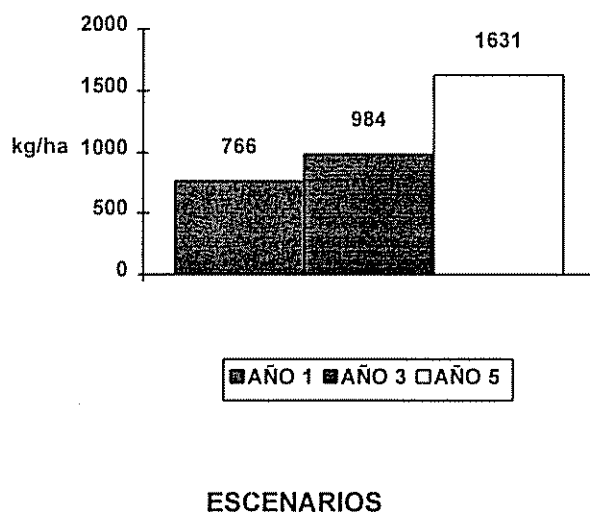
Figura 21. Variación de la aptitud física con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Mati y Ramlad con labranza convencional no quema barreras+leguminosa.

### 6.3.3.3 Tipos de uso de la tierra labranza cero no quema sin y con barrera+leguminosa

El Tipo de uso de la tierra **labranza cero no quema** (sin barreras) presentan efectos menos drásticos comparado **con quema**. De manera que se tienen aumentos de rendimiento desde el primer año y a través de los años.

En el primer año **Labranza cero no quema** presenta un aumento promedio de 766 kg con respecto a labranza cero con quema. Para el tercer año 984 kg y para el quinto año 1631 kg (Figura 22), lo cual se atribuye principalmente al efecto

de la cobertura de residuos en el control de la erosión, evitando la pérdida de nutrientes y proveyendo las condiciones para una mayor disponibilidad de agua en el suelo.



**Figura 22.** Diferencia promedio de rendimientos de labranza cero no quema respecto a labranza cero con quema a uno, tres y cinco años

A través de los años **labranza cero con no quema** presentan dos situaciones ventajosas.

- Un primer efecto sucede bajo condiciones de suelos con bajo riesgo de erosión y buena disponibilidad de nutrientes como la unidad de tierra Ante, en las que una vez aumentado el rendimiento, este se mantiene estable durante el tiempo de evaluación. Contrariamente sucede con labranza cero con quema donde los rendimientos tienden a disminuir de 3.57 a 2.76 ton/ha al año 5 (Figura 23).

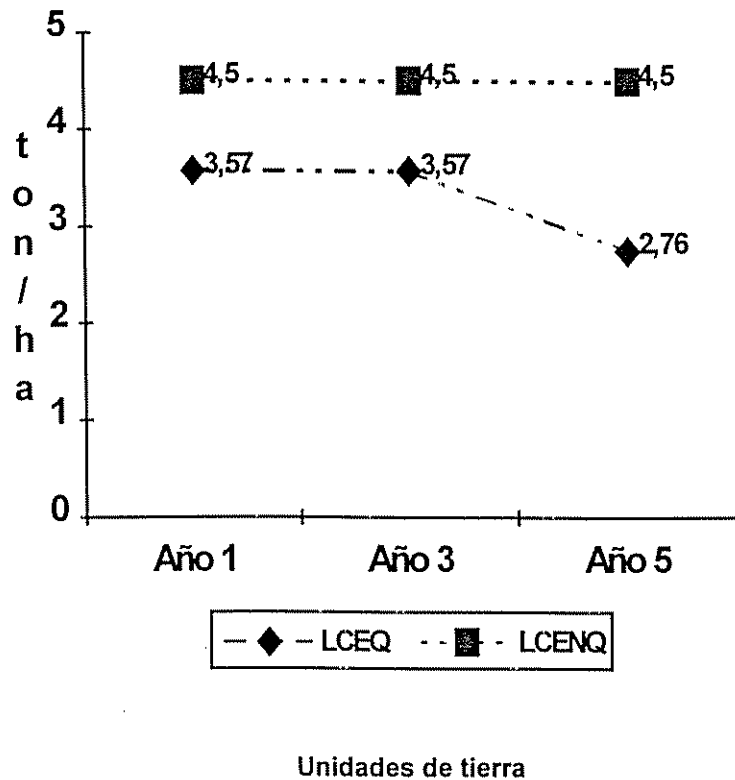
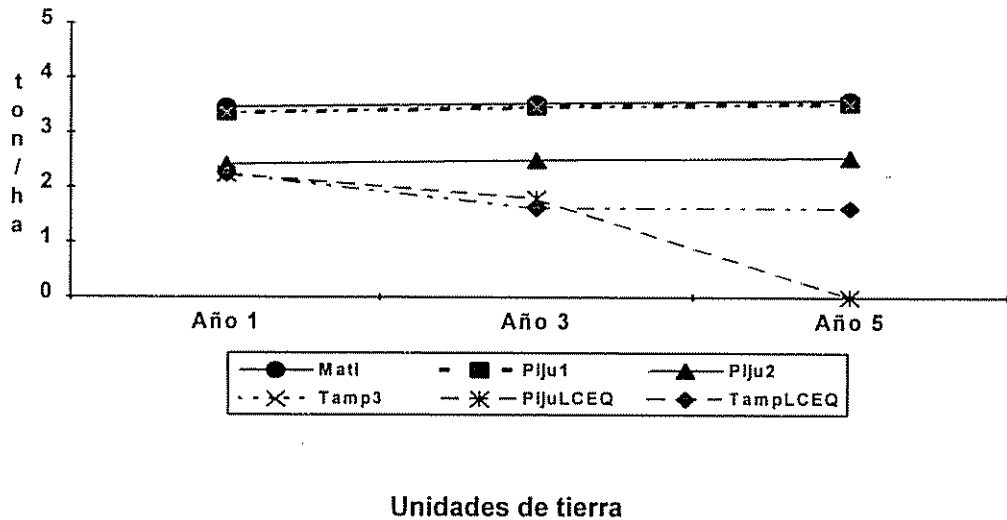


Figura 23. Variación del rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de la unidad de tierra Ante con labranza cero con quema (LCEQ) y no quema (LCENQ).

El segundo efecto de **labranza cero no quema** es mejorar la tendencia a través de incrementos en el rendimiento.

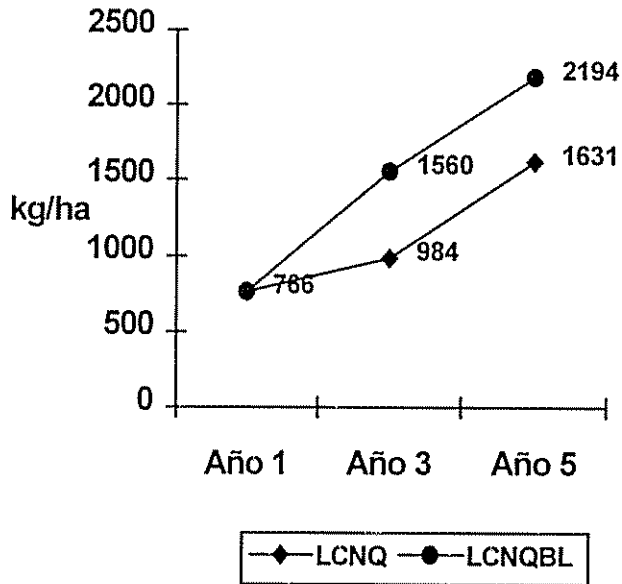
Se presentan aumentos en el rendimiento de 46 kg a 3 años y de 80 kg a 5 años, como es el caso de unidades de tierra con pendiente mayor del 16% como Mati, Piju1, Piju 2 y Tamp3. Esto se debe a que estas unidades de tierra que inicialmente presentan altos riesgos de erosión, al aplicar prácticas de conservación se minimizan los riesgos, proveyendo además de mejores condiciones de humedad en el suelo.

Esto supone una ventaja comparado con labranza cero quema donde se obtiene disminución en los rendimientos, lo cual puede observarse a manera de ejemplo en las unidades PijuLCEQ y TampLCEQ (Figura 24).



**Figura 24.** Variación de rendimiento de maíz con el tiempo (escenarios) de las unidades de tierra Mati, Piju1, Piju2 y Tamp3 con labranza cero no quema y Piju1LCEQ, TampLCEQ labranza cero con quema.

El tipo de uso de la tierra **Labranza cero no quema, con barreras vegetativas y leguminosa** presenta al primer año un aumento en rendimiento respecto a labranza cero quema de 766 kg/ha, similar al que presenta labranza cero no quema (sin barreras), lo cual se debe a que es el primer año de establecimiento de las barreras y la leguminosa y por ende aún no existe efecto de estas componentes. Existe únicamente un efecto de la cobertura en procurar un menor riesgo de erosión y conservar mayor humedad. A los tres años existe un aumento de 1560 kg y de 2194 kg a los cinco años, diferencias más grandes a las presentadas por labranza cero no quema (Figura 25).



Tipos de uso de la tierra

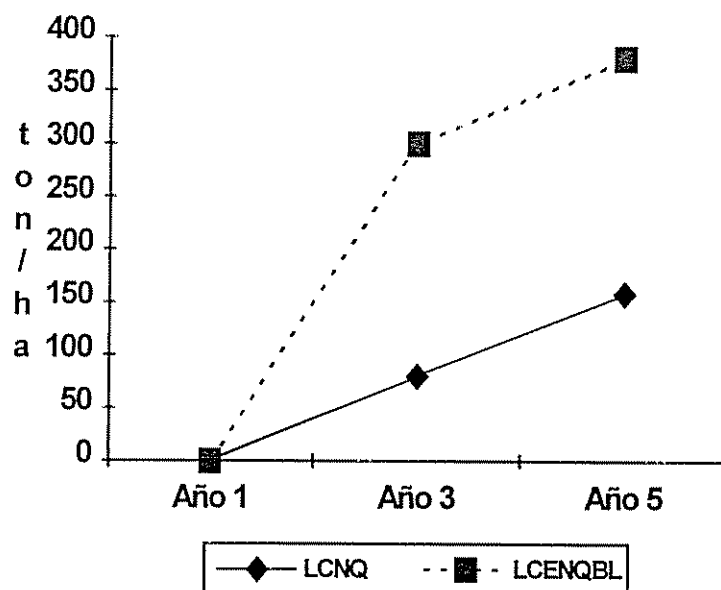
**Figura 25.** Diferencia promedio del rendimiento de labranza cero no quema sin (LCNQ) y con barreras+leguminosa (LCNQBL) respecto a labranza cero a uno, tres y cinco años.

Estas grandes diferencias se deben a que al quemar los residuos, el proceso erosivo se agrava, sobre todo en pendientes altas. Por su parte las innovaciones tienden a disminuir la erosión, la pérdida de nutrientes y proveen de condiciones que facilitan la infiltración del agua y disminuyen la pérdida por evaporación (con el mulch), lo que determina una mayor disponibilidad de agua en el suelo.

Labranza cero no quema+barreras+leguminosa presenta un aumento promedio de 600 kg/ha a los tres años de su implementación, manteniéndose hasta los cinco años, aunque existen unidades de tierra que al no encontrarse aún muy degradadas presentan un incremento adicional de 80 kg/ha.

Estos aumentos son superiores a los obtenidos con **labranza cero no quema** a los tres años (46 kg/ha) y a los cinco años (80 kg), (Figura 26), debido probablemente a una mayor y más pronta conservación de del suelo, humedad y nutrientes, así como aporte de materia orgánica con el uso de barreras y leguminosa.

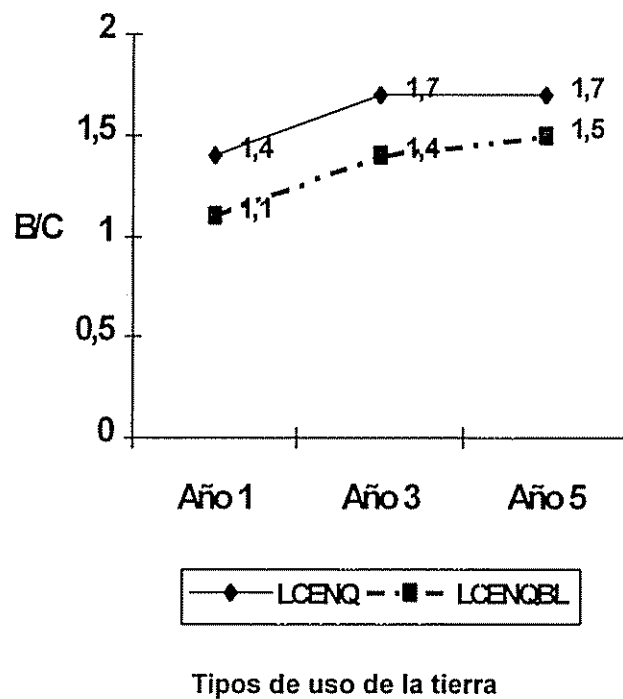
Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Martínez (1993) en pendientes del 60% en la Fraylesca, Chiapas. Este investigador ha obtenido después de 4 años de manejar *Stizolobium* en cobertura, aumentos en rendimiento de 320 kg/ha. En nuestro caso existe además un efecto debido a la barrera vegetativa, por lo cual se considera el rendimiento obtenido de 600 kg.



Tipos de uso de la tierra

Figura 26. Aumento promedio del rendimiento de maíz de escenarios de unidades de tierra con labranza cero no quema con (LCENQBL) y sin barreras+ leguminosa (LCNQ).

A pesar de la diferencia de rendimientos a favor de labranza cero con barreras+leguminosa, la relación beneficio costo es inferior a labranza cero sin barreras. Es decir que los rendimientos a tres y cinco años no son tan elevados como para pagar el costo de establecer barreras+leguminosa, aunque se espera una mayor expresión de los beneficios a mayor número de años. (Cuadros 15, 16, Figura 27).



**Figura 27.** Valor promedio de relación beneficio/costo de unidades de tierra con labranza cero no quema con (LCENQBL) y sin barreras+leguminosa (LCENQ)

#### 6.3.3.4 Tipo de uso de la tierra labranza convencional y cero, con no quema +barreras+ leguminosa

El estudio comparativo entre estos dos tipos de uso, únicamente es posible en unidades de tierra con pendiente menor de 15%, para unidades con pendientes no es posible aplicar labranza convencional.

En unidades de tierra como Toto (fluvisol) y Ante (franco) con buenas condiciones de fertilidad y muy bajos problemas de erosión (pendiente < 4%), las tendencias en aumentos de rendimiento son semejantes para ambos tipos de uso. No así para unidades de tierra como Ramlad (franco arenoso, < 2% de MO) en la que se manifiesta un mejor efecto de labranza convencional no quema+barreras+leguminosa, obteniendo un mayor rendimiento al quinto año, lo cual se atribuye a la más pronta descomposición de la materia orgánica, al ser incorporado en verde el *Stizolobium* (Figura 28).

A pesar de presentar similares rendimientos o incluso mayor como en la unidad de tierra Ramland, labranza convencional no quema+barreras+leguminosa, presenta un menor beneficio costo respecto a labranza cero con barreras+leguminosa. Esto se debe al mayor costo por la incorporación de la leguminosa con maquinaria. Es posible que a mayor tiempo, las manifestaciones de aumento de rendimiento sean mayores de manera que los valores de beneficio costo aumenten (Cuadro 16).



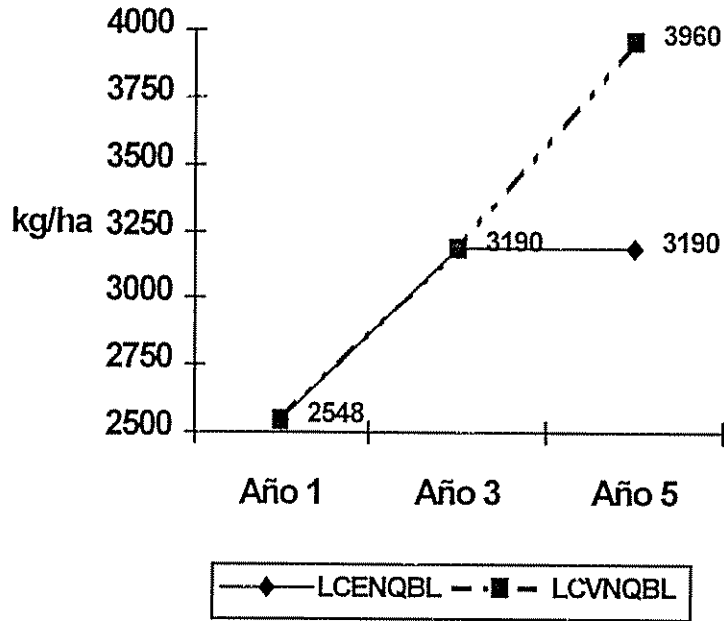


Figura 28. Comportamiento del rendimiento a través de diferentes escenarios con labranza cero (LCENQBL) y convencional no (LCVNQBL) quema, ambas con barreras+ leguminosa.

**Cuadro 15. Tres escenarios para cada una denuve UT (unidades de tierra) representativas. Rendimiento, aptitud física y económica por seis tipos de uso de la tierra.**

UT	LACVQ		LACEQ		LACENQ		LACVNQ		LACVNQBALE		LACENQBALE	
	Rend Ton/H a	A F A E	Rend Ton/H a	A F A E	Rend Ton/H a	A F A E	Rend Ton/H a	A F A E	Rend Ton/H a	A F A E	Rend Ton/H a	A F A E
ANTE1	3572	1 S1	3572	1 S1	4500	1 S1	4500	1 S1	4500	1 S1	4500	1 S1
ANTE3	3572	1 S1	3572	1 S1	4500	1 S1	4500	1 S1	4950	1 S1	4950	1 S1
ANTE5	2765	3 S2	2765	3 S2	4500	1 S1	4500	1 S1	4950	1 S1	4950	1 S1
CRUCE1	1253	4 N1	0	5 N2	0	5 N2	1421	4 N1	1421	4 N1	0	5 N2
CRUCE3	0	5 N2	0	5 N2	0	5 N2	1421	4 N1	1940	4 N1	0	5 N2
CRUCE5	0	5 N2	0	5 N2	0	5 N2	1450	4 N1	1980	4 N1	0	5 N2
LUI1	2,429	4 S3	2046	4 S3	3250	4 S1	3087	4 S3	3087	4 N1	3250	4 S3
LUI3	2,429	4 S3	2004	4 S3	3250	4 S1	3087	4 S3	3396	4 S3	3575	4 S2
LUI5	2215	4 S3	1942	4 S3	3250	4 S1	3087	4 S3	3396	4 S3	3575	4 S2
MATI1	0	5 N2	2344	3 S2	3456	3 S1	0	5 N2	0	5 N2	3456	3 S2
MATI3	0	5 N2	2243	3 S2	3528	3 S1	0	5 N2	3611	4 S2	3960	3 S1
MATI5	0	5 N2	2243	3 S2	3600	3 S1	3351	4 S2	3762	3 S2	3960	3 S1
PIJU1	0	5 N2	2243	3 S2	3348	3 S1	0	5 N2	0	5 N2	3348	3 S3
PIJU3	0	5 N2	1807	4 S3	3456	3 S1	0	5 N2	0	5 N2	3880	3 S1
PIJU5	0	5 N2	0	5 N2	3528	3 S1	0	5 N2	0	5 N2	3960	3 S1
PIJU21	0	5 N2	1620	4 S3	2418	4 S2	0	5 N2	0	5 N2	2418	3 N1
PIJU23	0	5 N2	1620	4 S3	2496	4 S2	0	5 N2	0	5 N2	3960	3 S2
PIJU25	0	5 N2	0	5 N2	2548	4 S2	0	5 N2	0	5 N2	3960	3 S1
RAMLAD1	0	5 N2	0	5 N2	2598	3 S3	2548	3 S3	2548	4 N1	2548	4 N1
RAMLAD3	0	5 N2	0	5 N2	2600	3 S3	2548	3 S3	3190	4 S3	3190	4 S3
RAMLAD5	0	5 N2	0	5 N2	2600	3 S3	2600	3 S3	3960	3 S2	3190	4 S3
TAMP3 1	0	5 N2	2243	3 S2	3348	3 S1	0	5 N2	0	5 N2	3348	3 S2
TAMP3 3	0	5 N2	1620	4 S3	3456	3 S1	0	5 N2	0	5 N2	3880	2 S1
TAMP3 5	0	5 N2	1620	4 S3	3528	3 S1	0	5 N2	0	5 N2	3960	2 S1
TOTO 1	5000	1 S1	5000	1 S1	5000	1 S1	5000	1 S1	5000	1 S1	5000	1 S1
TOTO 1	5000	1 S1	5000	1 S1	5000	1 S1	5000	1 S1	5500	1 S1	5500	1 S1
TOTO 1	5000	1 S1	5000	1 S1	5000	1 S1	5000	1 S1	5500	1 S1	5500	1 S1

LA CV Q=LABRANZA CONVENCIONAL QUEMA LA CV NQ=LABRANZA CONVENCIONAL NO QUEMA

LA CE NQ=LABRANZ CERO NO QUEMA LA CV NQ BA LE=LABRANZA CONVENCIONAL NO QUEMA

LA CE Q=LABRANZA CERO QUEMA LA CE NQ BA LE = LABRANZA CERO NO QUEMA BARRERA LEGUMINOSA.

Valores Rendimiento=0; aptitud 5 son no aptos.

Cuadro 16. Principales indicadores económicos a cinco años de implementar las tecnologías.

UT	LABRANZA CONVENCIONAL QUEMA			LABRANZA CERO QUEMA			LABRANZA CERO NO QUEMA			LABRANZA CONVENCIONAL NO QUEMA			CONV. NO QUEMA. BARRERAS LEGUMINOSA			L. CERO NO QUEMA BARRERAS LEGUMINOSA		
	MB	BC	VPN	MB	BC	VPN	MB	BC	VPN	MB	BC	VPN	MB	BC	VPN	MB	BC	VPN
ANTE 1	1153	1.5	746	1153	1.5	746a	1734	1.8	1235	1723	1.8	1224	1290	1.4	780	1571	1.6	1071
ANTE 3	3462	1.8	2960	3462	1.8	2960	5205	2.1	4451	3446	2.1	4423	4219	1.7	3560	5029	2.0	4257
ANTE 5	5265	1.7	3997	5265	1.7	3997	8675	2.1	6402	5169	2.1	6361	7497	1.8	5403	8799	2.0	6377
CRUCE 1	-296	0.7	-500	-296	0.7	-500	na	na	na	-200	0.7	-395	-712	0.5	-903	na	na	na
CRUCE 3	na	na	na	na	na	na	na	na	na	-400	0.9	-516	-1616	0.7	-1442	na	na	na
CRUCE 5	na	na	na	na	na	na	na	na	na	-583	0.9	-741	-2137	0.7	-1737	na	na	na
LUI 1	200	1.0	-56	200	1.0	-56	953	1.4	577	536	1.1	197	-163	0.8	-469	460	1.1	124
LUI 3	573	1.1	493	573	1.1	493	2859	1.6	2445	1072	1.3	1377	82	1.0	16	2079	1.4	1722
LUI 5	881	1.1	668	881	1.1	668	4765	1.6	3516	1608	1.3	1981	530	1.0	267	3869	1.4	2728
MATI 1	na	na	na	498	1.1	212	1082	1.4	686	na	na	na	na	na	na	629	1.1	233
MATI 3	na	na	na	1719	1.3	1232	3291	1.7	2808	na	na	na	a	a	a	2573	1.4	2130
MATI 5	na	na	na	1232	1.3	1719	5590	1.7	4098	a	a	a	a	a	a	4845	1.5	3407
PIJU 1	na	na	na	435	1.1	159	1014	1.4	629	na	na	na	na	na	na	-18	0.8	-403
PIJU 3	na	na	na	1030	1.1	778	3110	1.7	2650	na	na	na	na	na	na	1288	1.2	982
PIJU 5	na	na	na	na	na	na	6833	1.7	4098	na	na	na	na	na	na	2988	1.2	1934
PIJU 2 1	na	na	na	45	0.9	-169	433	1.1	140	na	na	na	na	na	na	-367	0.7	-660
PIJU 2 3	na	na	na	90	0.9	-169	1350	1.3	1147	na	na	na	na	na	na	591	1.0	318
PIJU 2 5	na	na	na	na	na	na	2347	1.3	1707	na	na	na	na	na	na	2553	1.2	1421
RAMLAD 1	na	na	na	na	na	na	514	1.1	208	514	1.1	197	10	0.8	-295	235	1.0	-70
RAMLAD 3	na	na	na	na	na	na	1061	1.3	940	1006	1.3	993	311	1.1	250	967	1.2	962
RAMLAD 5	na	na	na	na	na	na	1608	1.4	1250	1542	1.3	1376	1300	1.2	1130	1699	1.3	1520
TAMP 3 1	na	na	na	435	1.1	159	1014	1.4	629	na	na	na	na	na	na	213	0.9	-171
TAMP 3 3	na	na	na	914	1.1	834	3110	1.7	2650	na	na	na	na	na	na	1728	1.2	1377
TAMP 3 5	na	na	na	1006	1.1	886	5319	1.7	3890	na	na	na	na	na	na	1912	1.3	2449
TOTO 1	1733	1.8	1234	1733	1.8	1234	2047	2.0	1498	2036	1.9	1486	1659	1.7	1404	1884	1.8	1334
TOTO 3	5202	2.1	4448	5202	2.1	4448	6141	2.3	5251	4072	2.3	5223	5343	1.9	4522	6018	2.1	5099
TOTO 5	8670	2.1	6398	8670	2.1	6398	10235	2.3	7553	6108	2.3	7513	9351	2.0	6775	10475	2.2	7606

Nota: Los indicadores económicos fueron determinados con Cash Flow, para una duración de 3 y 5 años. En virtud que el ALES no permite esta evaluación en el tiempo.

na= no aptos para el tipo de uso a= apto solo para el escenario indicado

### 6.3.2 Confrontación de los rendimientos reales con los obtenidos mediante la evaluación.

Una vez efectuadas las evaluaciones con el **ALES**, es de importancia vital, verificar el grado de asociación de los resultados obtenidos mediante este sistema con los datos reales de las unidades de tierra. De esta manera el evaluador puede definir si los modelos de evaluación de las tierras resultan válidos y si están representando las circunstancias que influyen en la implementación de un Tipo de uso de la tierra (TUT) en una determinada unidad de tierra (UT).

Se utilizaron resultados obtenidos de agricultores durante la fase de campo y de experimentos y parcelas de validación establecidas en la región Fraylesca, de los tipos de uso más innovadores como el uso de barreras vegetativas y leguminosa en labranza cero o convencional. Estos se compararon con los resultados obtenidos de la evaluación (Cuadro 17).

Al aplicar una prueba de diferencia de medias de T apareadas (Infante, 1991), se obtiene que no existen diferencia estadística significativa entre los valores reales y los simulados mediante el ALES, (Figura 29) y a la vez presentan un coeficiente de correlación de 0.96, altamente significativo. De manera que las evaluaciones realizadas por el modelo desarrollado pueden considerarse válidos para las condiciones ambientales de la zona de estudio.

**Cuadro 17. Unidades de tierra (UT) y rendimiento simulado y real para diferentes tipos de uso de la tierra (TUT).**

Unidad de tierra (UT)	Tipo de Uso de la tierra (TUT)	Rendimiento Real ton/ha	Rendimiento Simulado ton/ha
Auditorio-Vergel	Lab Cov Nq (1)	4.35	4.50
Cruces	Lab Cov Nq Ba Le (1)	1.60	1.40
Cruces	Lab Cov Nq Ba Le (3)	1.55	1.40
Cruces	Lab Cov Nq Ba Le (5)	2.50	1.98
Ermita	Lab Ce Nq (1)	3.55	3.77
Esperanza	Lab Cv Nq (1)	2.70	3.14
Luces	Lab Cv Nq (1)	1.70	1.76
Luis	Lab Cv Nq Ba Le (3)	3.20	2.86
Luis	Lab Cv Nq (1)	2.20	2.55
Pijuyal 1	Lab Ce Q (3)	2.00	2.20
Pijuyal 1	Lab Ce Nq (1)	3.65	3.35
Totonilco	Lab Cv Nq (3)	5.0	4.90
Antena	Lab Cv Nq (1)	4.3	4.50
Matilishuatal	Lab Ce Nq (1)	3.2	3.46
Bodegas	Lab Cv Nq (1)	2.0	1.76

Ho: valor real = valor del modelo  $T_c = -0.027$  (N. S.)

Ha: valor real  $\neq$  valor del modelo  $T_{tab} = 2.04$

R = 0.96 \*\*

Se acepta la hipótesis nula.

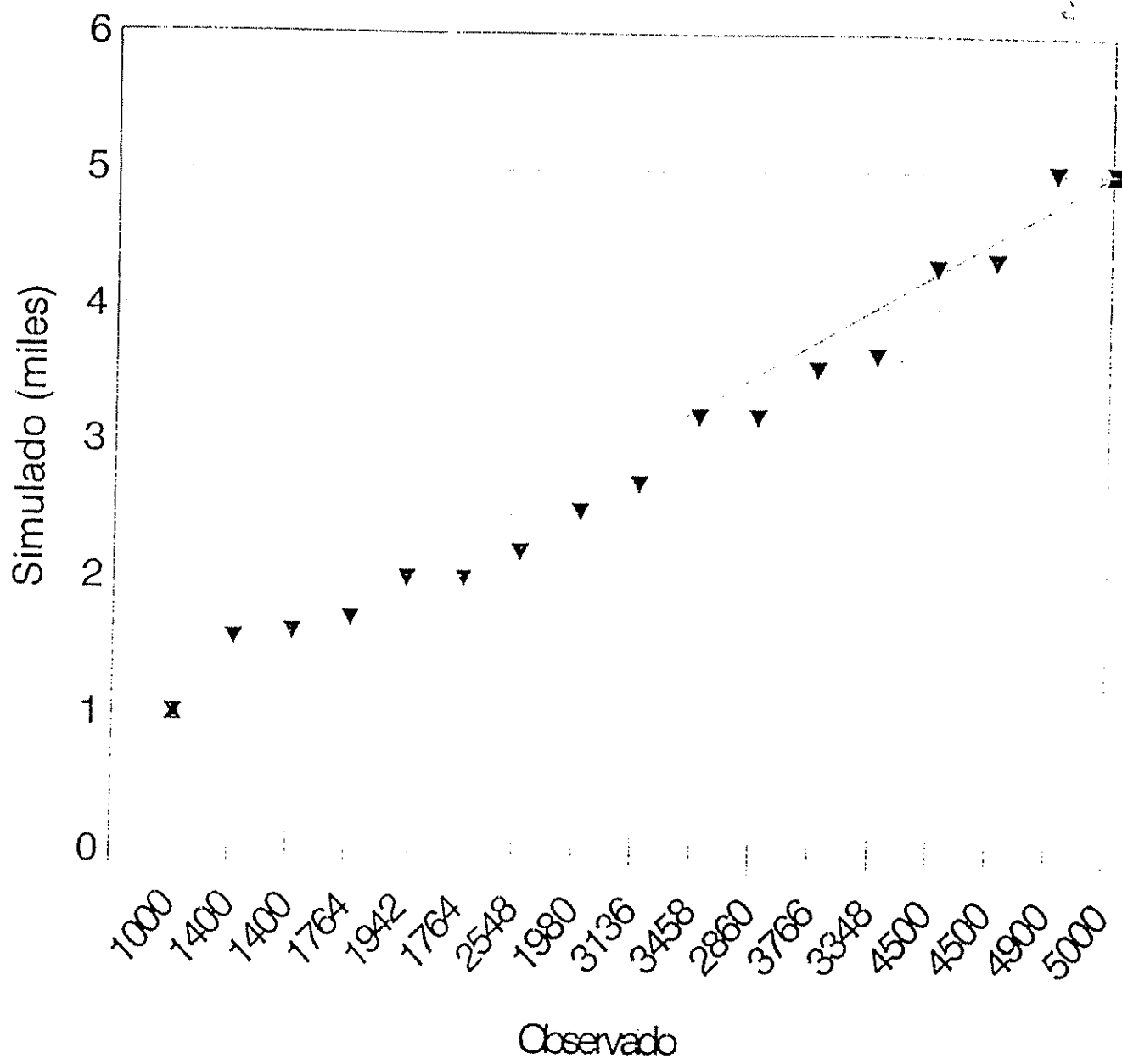
Lab Cv Nq = labranza convencional no quema

Lab Cv Nq Ba Le = labranza convencional no quema barreras leguminosa

Lab Ce Q = Labranza cero quema

Lab Ce Nq = Labranza cero no quema

(1, 3) Número de escenario o año.



**Figura 29. Relaciones entre el rendimiento observado y simulado**

#### **6.3.4 Generalización de las tendencias presentadas por las 9 unidades de tierra representativas en el segundo sistema experto (escenarios en el tiempo), al resto de las unidades**

De la evaluación realizada con los dos modelos de sistemas expertos, se puede inferir que bajo los sistemas tradicionales de cultivo no es posible llevar a cabo una producción sustentable del maíz en la región.

El uso de la quema con labranza convencional o cero en años anteriores, ha ocasionado la degradación físico-química de los suelos, de esta manera, en muchas unidades de tierra no es económicamente redituable continuar esta actividad. Sin embargo, se sigue realizando en la actualidad debido al papel social y cultural que juega el maíz en la sociedad campesina. En tal es prioritario tomar algunas medidas que permitan el cultivo del maíz, a la par de procurar la conservación y recuperación de los suelos.

En el segundo sistema experto (escenarios en el tiempo) se observó que a pesar de presentarse una alta degradación de los suelos, es posible, en muchos casos, por medio de las innovaciones, efectuar una recuperación y conservación de los recursos, mejorando los niveles de aptitud física a través del tiempo. El inconveniente estriba en que este efecto es a mediano o largo plazo, según el TUT y el grado de degradación que presente un suelo. Siguiendo este lineamiento, es importante generalizar las tendencias que presentan los tipos de uso de la tierra innovadores en las diferentes unidades de tierra (a través de cambios de escenario), a manera de determinar con cierta precisión en que unidades de tierra es factible la recuperación de los suelos y al mismo tiempo seguir cultivando el maíz.

La generalización de los resultados del segundo sistema experto se efectúa, utilizando las 9 unidades de tierra establecidas en diferentes pendientes y tipos de temporal (muy buena, buena y mediana productividad).

La mecánica de asignación, consiste en utilizar los niveles de requisitos de uso como: erosión, disponibilidad de nutrientes, capacidad de enraizamiento y humedad disponible . Si una unidad de tierra presenta iguales valores de los requisitos que en la unidad de tierra representativa, se asigna la misma tendencia que esta presenta en el tiempo. En caso contrario, se analiza que requisitos marcan la divergencia y de esta manera inferir la tendencia a presentar en el tiempo.

Para mayor facilidad, se elaboran árboles de decisión con los valores de los diferentes requisitos, asignando las unidades de tierra a la rama que forma el conjunto de condiciones de requisitos que la caracteriza.

#### **6.3.4.1 Unidades de tierra con Temporal de muy buena productividad con pendiente < 4%**

En esta condición se presentan las unidades de tierra Auditorio-Vergel, Totonilco y Antena de las cuales las dos primeras se evaluaron en el segundo sistema experto.

Las 3 unidades de tierra no presentan características que limiten los requisitos de uso de la tierra, con evaluaciones de aptitud 1 para labranza convencional y cero no quema, con o sin barreras+leguminosa.



#### **6.3.4.2 Unidades de tierra con temporal de muy buena productividad, con pendientes de 4-8%**

En estas condiciones se encuentran 12 unidades de tierra, de las cuales 3 (Ramón ladera, San Luis y Las cruces) se evaluaron en el segundo sistema experto (escenarios en el tiempo).

Las unidades de tierra Esperanza y Pijuyal 3 (con aptitud 3 primer año), presentan los mismos niveles de requisitos que Ramón ladera, asignandoles la tendencia presentada por esta unidad de tierra.

La unidad de tierra San Luis presenta igual valor de aptitud (4) a través de los cinco años . La unidad Las minas<sup>1</sup> presenta mismos valores de disponibilidad de nutrientes (4), capacidad de enraizamiento (3) que San Luis y difiere en la humedad de 1 a 5, por lo cual se infiere que la aptitud 5 del primer año para Las minas es lógico, continuando este valor para los años 3 y 5.

La unidad de tierra Linda vista 3 (aptitud 4 primer año), presenta los mismos niveles de requisitos que Cruces, asignandole el valor de aptitud 4 hasta el año 5, presentada por esta unidad de tierra.

Las unidades de tierra Tampico<sup>1</sup>, Rastrojón, Luces, Bodegas y Antena<sup>1</sup> (aptitud 4 primer año), presentan valores menos severos de humedad (nivel 3) y de capacidad de enraizamiento (nivel 2) respecto a Cruces. Esto podría indicar una tendencia a mejorar, sin embargo se infiere la misma aptitud 4 a través de los años, tomando en cuenta que para niveles aún menos graves como en unidad San Luis se presenta aptitud 4 (Cuadro 18).

**Cuadro 18. Unidades de tierra con temporal de muy buena productividad, con pendientes de 4- 8%**

DINU	HUME	ENRR A	U T	LCVNQ			LCVNQBL			LCENQ			LCENQBL		
				a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5
3	3	2	Esperanza, Pijuyal 3 Ramon ladera *												
		3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		4		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4	3	2	San Luis *												
		3		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
5	4	2	Las minas 1												
		3		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
5	3	2	Tampico1, Rastrojon	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
		3	Luces, Bodegas	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
5	4	2	Antena 1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
		3	Cruces *	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
		3	Linda Vista	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5

\* Unidades de tierra evaluadas con el cambio de escenarios

a1, a3, a5 = años o escenarios de evaluación

DINU = Disponibilidad de nutrientes

ENRR = Capacidad de enraizamiento

HUME = Humedad

LCVNQ = Labranza convencional no quema

LCVNQBL = Labranza convencional no quema + barreras + leguminosa

LCENQ = Labranza cero no quema

LCENQBL = Labranza cero no quema + barreras + leguminosa

### 6.3.4.3 Unidades de tierra con temporal de muy buena productividad, con pendientes de 8-16%

En estas condiciones se encuentran las unidades de tierra Nace solo1 y Matilishuatal, esta última evaluada en el segundo sistema experto. Para labranza convencional no quema la unidad de tierra Matilishuatal, presenta aptitud 5 en el año1 a aptitud 4 para el año5; para convencional no quema +barreras+leguminosa, presenta aptitud 5 en el año 1, aptitud 4 en el año3 y aptitud 3 en el año 5. Para labranza cero no quema con o sin barreras+leguminosa presenta aptitud 3 para los cinco años.

Nace solo 1, aunque presenta igual valor de capacidad de enraizamiento (nivel 3) que Matilishuatal, difiere en la disponibilidad de nutrientes (nivel 5), humedad (nivel 3) y riesgo de erosión ( nivel 5). Estas condiciones más severas infieren que el valor de aptitud inicial 5, se proyectará para los cinco años (Cuadro 19).

**Cuadro 19. Unidades de tierra con temporal de muy buena productividad, con pendientes de 8-16%.**

ENRRA	DINU	HU	ERO	U T	LCVNQ			LCVNQBL			LCENQ			LCENQBL		
					a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5
3	4	2	4	Matilishuatal * Nace solo 1	5	5	4	5	4	3	3	3	3	3	3	3
3	5	3	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

\* Unidad de tierra evaluada con el cambio de escenarios

a1, a3, a5 = años o escenarios de evaluación

DINU = Disponibilidad de nutrientes      ENRRA = Capacidad de enraizamiento      HUME = Humedad

ERO = Erosión

LCVNQ = Labranza convencional no quema      LCVNQBL = Labranza convencional no quema + barreras + leguminosa

LCENQ = Labranza cero no quema      LCENQBL = Labranza cero no quema + barreras + leguminosa

### 6.3.4.4 Unidad de tierra (Panteón-deportiva) con temporal de muy buena productividad con pendiente de 16-32%

En esta condición únicamente se encuentra la unidad de tierra Panteón-deportiva, de manera que la opción más idónea para inferir sobre su tendencia, es compararla con la unidad Matilishuatal con temporal de muy buena productividad y pendiente de 8-16%. Otra opción podría ser compararlo con unidades de tierra de igual pendiente, pero estas se encuentran en temporal de mediana productividad (menor precipitación), lo cual parece menos correcto.

En ambas unidades se presentan igual capacidad de enraizamiento (nivel 3), la disponibilidad de nutrientes es mejor en Panteón-deportiva (nivel 3), pero a la vez tiene niveles más severos de humedad (nivel 3) y erosión (nivel 5) respecto a Matilishuatal. Tomando en cuenta la ventaja de presentar mejor cantidad de nutrientes y asumiendo que labranza cero con o sin barreras+leguminosa (únicos tipos de uso factibles, por la pendiente) bajarán los niveles de erosión, se infiere que el nivel de aptitud 3 se proyectará hasta el año 5 (Cuadro 20).

**Cuadro 20. Unidad de tierra con temporal de muy buena productividad y pendiente de 16-32%.**

ENRR A	PENDI	DIN U	HU	ERO	U T	LCVNQ			LCVNQBL			LCENQ			LCENQBL			
						a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5	
3	8-16	4	2	4	Matilishuatal	5	5	4	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3
3	16-32	3	3	5	Panteón- Deportiva							3	3	3	3	3	3	3

\* Unidades de tierra evaluadas con el cambio de escenarios

a1, a3, a5 = años o escenarios de evaluación

DINU = Disponibilidad de nutrientes

ERO = Erosión

LCVNQ = Labranza convencional no quema leguminosa.

LCENQ = Labranza cero no quema

ENRRA = Capacidad de enraizamiento

PENDI = Pendiente

LCVNQBL = Labranza convencional no quema + barreras +

LCENQBL = Labranza cero no quema + barreras + leguminosa

**6.3.4.5 Unidad de tierra (Mati) de temporal de buena productividad con pendiente de 8-16%**

En esta condición únicamente se encuentra la unidad de tierra Tampico 2, de manera que la opción más idónea para inferir sobre su tendencia, es compararla con la unidad Matilishuatal de igual pendiente pero con temporal de muy buena productividad.

Tampico 2, difiere de Matilishuatal en la condición de enraizamiento siendo más grave (nivel 4), pero es mas favorecido en disponibilidad de nutrientes con nivel menos grave (nivel 2). Así también la condición de temporal pasa de bueno a mediano.

Se considera mediante esta comparación que en Tampico 2 , por lo menos debe mantenerse el nivel de aptitud 2 para los siguientes años con los tipos de uso labranza cero no quema con o sin barreras+leguminosa (Cuadro 21).

**Cuadro 21. Unidad de tierra (Mati) de temporal de buena productividad con pendiente de 8-16%.**

PENDI	HU	ERO	ENRRA	DINU	U T	LCVNQ			LCVNQBL			LCENQ			LCENQBL			
						a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5	
3	2	4	3	4	Matilishuatal *	5	5	4	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3
3	2	4	4	2	Tampico 2							2	2	2	2	2	2	2

\* Unidades de tierra evaluadas con el cambio de escenarios.

a1, a3, a5 = años o escenarios de evaluación

DINU = Disponibilidad de nutrientes

ENRRA = Capacidad de enraizamiento

HUME = Humedad

ERO = Erosión

PENDI = Pendiente

LCVNQ = Labranza convencional no quema

LCVNQBL = Labranza convencional no quema + barreras + leguminosa

LCENQ = Labranza cero no quema

LCENQBL = Labranza cero no quema + barreras + leguminosa

### 6.3.4.6 Unidades de tierra con temporal de buena productividad y pendientes > 32%

En estas condiciones se encuentran las unidades de tierra Ermita y Pijuyal 1, esta última evaluada en el segundo sistema experto.

Ambas unidades difieren únicamente en que Pijuyal presenta una disponibilidad de nutrientes menor (nivel 3), respecto a Ermita (nivel 2).

Pijuyal1 mediante el análisis de escenarios presenta aptitud 3, para todos los años con labranza cero no quema con o sin barreras+leguminosa, sosteniéndose hasta el año 5.

Por su parte Ermita presenta para los mismos tipos de uso, aptitud 2, el cual dadas las mejores condiciones de nutrientes, se infiere que prevalecerá hasta el año 5 (Cuadro 22).

**Cuadro 22. Unidades de tierra con temporal de buena productividad y pendientes > 32%.**

ERO	ENRR A	HU	DINU	U T	LCVNQ			LCVNQBL			LCENQ			LCENQBL		
					a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5
5	4	3	2	Ermita							2			2		
			3	Pijuyal 1 *							3	3	3	3	3	3

\* Unidades de tierra evaluadas con el cambio de escenarios

a1, a3, a5 = años o escenarios de evaluación

DINU = Disponibilidad de nutrientes

ENRRA = Capacidad de enraizamiento

HUME = Humedad

ERO = Erosión

LCENQ = Labranza cero no quema

LCVNQ = Labranza convencional no quema

LCVNQBL = Labranza convencional no quema + barreras + leguminosa

LCENQBL = Labranza cero no quema + barreras + leguminosa

### **6.3.4.7 Unidades de tierra con temporal de mediana productividad y pendientes de 16 - 32%**

En estas condiciones se encuentran 6 unidades de tierra, de las cuales dos (Pijuyal y Tampico 3) fueron evaluadas en el segundo sistema experto (escenarios en el tiempo).

Todas las unidades presentan muy alto riesgo de erosión (nivel 5), pero existe una primera diferenciación en dos grupos por el requisito capacidad de enraizamiento.

Pijuyal2 presenta capacidad de enraizamiento y disponibilidad de nutrientes moderado (nivel 3), presentando aptitud 4 para los cinco años con labranza cero no quema y aptitud 3 para los cinco años con labranza cero no quema+barreras+leguminosa.

Las minas 2 presenta similares niveles que Pijuyal 2 excepto para disponibilidad de nutrientes donde se hace más grave presentando un nivel 5. Por lo cual se infiere que el nivel 5 que presenta el primer año se proyectará para los cinco años.

Existe un segundo grupo de 5 unidades de tierra, con igual riesgo de erosión (nivel 5) y baja capacidad de enraizamiento (nivel 4). Difieren en la disponibilidad de nutrientes, presentando nivel 2 (Alto) en Rancho viejo, Tampico 3, nivel 4 (bajo) en Cementerio y nivel 5 (muy bajo) en Nace solo y Las cruces 2.

De estas unidades Tampico 3 se evaluó mediante el cambio de escenarios en el segundo sistema experto, presentando aptitud 3 para los cinco años con labranza cero no quema, y aptitud 3 que pasa al tercer y quinto año a aptitud 2

con labranza cero no quema+barreras+leguminosa. Estas tendencias se atribuyen también a Rancho viejo en virtud de la similitud en los niveles de los requisitos.

Para las unidades Cementerio con aptitud 4 al primer año y las unidades Nace solo<sup>2</sup>, Las cruces 2, con aptitud 5 al primer año con labranza cero no quema sin y con barreras+leguminosa respectivamente. No se infieren cambios en la aptitud a través de los cinco años en virtud de los niveles más bajos de disponibilidad de nutrientes que presentan (Cuadro 23).



**Cuadro 23. Unidades de tierra con temporal de mediana productividad y pendientes de 16 - 32%.**

ERO	ENRRA	DINU	U T	LCVNQ			LCVNQBL			LCENQ			LCENQBL					
				a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5	a1	a3	a5			
		3	Pijuyal 2 *							4	4	4	3	3	3			
		5	Las minas 2							5	5	5	5	5	5			
		2	Rancho Viejo Tampico 3 *							3	3	3	3	3	3			
		4	Cementerio							4	4	4	4	4	4			
		5	Nace solo 2, Las Cruces 2							5	5	5	5	5	5			

\* Unidades de tierra evaluadas con el cambio de escenarios.

a1, a3, a5 = años o escenarios de evaluación

- DINU = Disponibilidad de nutrientes      ENRRA = Capacidad de enraizamiento      ERO = Erosión
- LCVNQ = Labranza convencional no quema      LCVNQBL = Labranza convencional no quema + barreras + leguminosa
- LCENQ = Labranza cero no quema      LCENQBL = Labranza cero no quema + barreras + leguminosa

## VII. CONCLUSIONES

1. La clasificación de provincias agronómicas del INIFAP para la región de la Fraylesca en Chiapas, puede utilizarse como información básica para determinar unidades de la tierra, adicionando otros criterios como riesgo de erosión, pendiente y características físico químicas del suelo.
2. Los resultados de las evaluaciones generados por seis modelos para la producción de maíz con y sin prácticas de conservación, reflejan adecuadamente el comportamiento de estos tipos de uso de la tierra en la Fraylesca, Chiapas, México.
3. El 71% del área no es apta para el cultivo del maíz bajo los tipos de uso de la tierra tradicionales (quema: con labranza cero ó convencional). En el 21% restante esta actividad es apta, con serias tendencias a la degradación en años sucesivos.
4. De la superficie total de la región evaluada, labranza cero no quema presenta mejores niveles de aptitud (61%) que labranza convencional con no quema (32%).
5. Los mejores niveles de aptitud física están dados por labranza cero no quema con barreras+leguminosa (71%), pero el beneficio económico no es mayor que sin barreras. Sin embargo presentan una mayor tasa de incremento.

6. Únicamente un tercio del área es apta con labranza convencional no quema con o sin barreras. Las limitantes principales son : capacidad de mecanización y disponibilidad de nutrientes.
7. Los tipos de uso de la tierra con barreras+leguminosa y no quema asociadas a labranza cero o convencional, presenta mejores aptitudes que las sin barreras+leguminosa.
8. Tipos de uso de la tierra con barreras+leguminosa, modifican las unidades de tierra en donde son implementadas, tendiendo a mejorar las características de los escenarios mejorando las aptitudes o manteniendo su condición con relativa estabilidad.
9. En evaluaciones de unidades de tierra durante cinco años con tipos de uso de la tierra con no quema labranza convencional y barreras+leguminosa, presentan mejores tendencias de aptitud física en comparación a labranza cero con barreras+leguminosa.

## VIII. RECOMENDACIONES

- 1.- Conjuntar un mayor número de investigadores con conocimientos en la dinámica de cambios físico-químicos del suelo por efecto de la aplicación de las innovaciones de conservación, de manera que permitan una evaluación más eficiente.
- 2.- Con los resultados de la presente evaluación es posible efectuar una planificación del uso de la tierra para el cultivo del maíz, dedicando especial atención a áreas con problemas drásticos de degradación de los suelos.
- 3.- Debe tenerse cuidado especial en la modificación teórica de los escenarios en el tiempo, de manera que estos reflejen lo más objetivamente posible la situación real. Para esto es vital la contribución de expertos.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- ALDRICH, S.R.; SCOOT, W.O.; LENG, E.R. 1978. Modern corn production Second Edition. Illinois, USA. 378 p.
- ARAUJO, G.J.1991. Efecto de los sistemas de labranza y manejo de residuos de cosecha sobre la erosión del suelo y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.). *In* Memorias del primer seminario sobre manejo de suelos tropicales en Chiapas. CIES. Chiapas, México, p. 71-75.
- BANDA, A.Z.;MAGHEMBE, J.A.;NGUGI, D.N.;CHOME, V.A.1994. Effect of intercropping maize and closely spaced *Leucaena* hedgerows on soil conservation and maize yield on a steep slope at Ntcheu, Malawi. *Agroforestry Systems* 27: 17-22.
- BARRETO, J.H. 1992. Evaluación y utilización de diferentes mantillos y cultivos de cobertura en la producción de maíz en Centroamérica. *In* Tapado los sistemas de siembra con cobertura. Eds. Thurston D.; Smith, M.; Abawi, G.; Kearn, S. Cornell International Institute for Food. Ithaca, New York. p. 172.
- BIFANO, B.R. 1983. Antecedentes de la promulgación de la Ley de Conservación del Suelo y Agua de 1946.México. *Revista Terra* 1(1):15- 23 p.
- CAMAS G.R.; MALDONADO, M.J. 1992. Tasa de descomposición del frijol terciopelo *Stizolobium* sp, en cobertura e incorporado.*In* Informes anuales de investigación, Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas.México. 165 p.

- CAMAS G.R.; MALDONADO, M.J.; LOPEZ, M.J. 1993. El frijol terciopelo *Stylobium deerengianum* una alternativa para recuperar los suelos de la depresión central de Chiapas. Folleto técnico en prensa. Campo Experimental Centro de Chiapas. México. p 3-4.
- CAMAS, G.R. 1993. Sistema agroforestal para la conservación de los recursos naturales. *In* Informes anuales de investigación. Campo Agrícola Experimental Centro de Chiapas. México. p 80-83.
- CATIE, 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central: resultados de 5 años de investigación. Serie técnica No. 86. 227 p. Turrialba, Costa Rica. 227 p.
- CATIE, 1991. Madero negro *Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers, especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie técnica No. 180. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 8 -10.
- CECECH. 1989. Informe anual de investigación. SARH-INIFAP-CIFAP-CHIS. Ocozocoautla, Chiapas, México. p. 65.
- CECECH, 1994. Informe anual de investigación. INIFAP-CIFAP-CHIS. Ocozocoautla, Chiapas, México. p. 80.
- ✓ CELADA, R.E. 1993. Desarrollo de modelos para evaluación de tierras en el trópico seco de Jutiapa, Guatemala: aplicación del sistema automatizado ALES. Tesis de Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 109 p.
- ESTRADA, B.J.W.; ORTIZ S.C. 1982. Plano de erosión hídrica del suelo en México. Geografía Agrícola No. 3. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. p. 23-25.

- DORAN, J.W. 1987. Organic matter management and utilization of soil and fertilizer nutrients. *In* Soil fertility and organic matter as critical components of production systems. Eds. John J. Mortvedt; D.R. Buxton. Soil Science Society of América, Inc. Madison, USA. p. 60.
- FAO, 1976. Esquema para la evaluación de tierras. FAO. Italia. Boletín de suelos No.32. 66 p. Citado por RICHTERS, E. 1985. Introducción al manejo del uso de la tierra y a una de sus actividades principales: la evaluación de tierras. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 18 p.
- FAO, 1985. Directivas: evaluación de tierras para la agricultura de secano. FAO. Italia. Boletín de suelos No. 52. 228 p.
- FIGUEROA, S.B. 1992. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Postgraduados, SARH. Montecillos, México. 273 p.
- GHOST, S.P.; KUMAR, B.M.; KABEERATHUMMA, S.; NAIR, G.M. 1989. Productivity, soil fertility and soil erosion under cassava-based agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 8:67-82.
- Citado por NAIR, P.K.R. 1992. An introduction to agroforestry. Kluwer Academic Publishers. ICRAF. Nairobi, Kenia. p.128-129.
- GLOVER, N.L. 1989. *Gliricidia* production and use. Nitrogen Fixing Tree Association. Hawai EE.UU. 44 p. Citado por CATIE, 1991. Madero negro *Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers, especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie técnica No. 180. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 8 -10.
- GONZALEZ, C.M. 1989. Estudio de la endomicorriza V-A y la fijación biológica de nitrógeno en un agroecosistema de bajo ingreso externo de energía, en

- Tamulté de las Sabanas, tabasco. Tesis Maestría en Ciencias. CEDAF. Colegio de Postgraduados. México. p. 142.
- IICA, 1989. Compendio de agronomía tropical. Tomo II. San José, Costa Rica. IICA. 691 p
- INFANTE, G.S. 1991. Métodos estadísticos. De. Trillas. México. p. 370.
- INTA 1980. El cultivo de maíz. Buenos Aires, Argentina. Ed. ISAG. INTA. 163 p.
- KAMARA, C.S. 1986. Mulch-tillage effects on soil loss and soil properties on an ultisol in the tropics. Soil Tillage Res. 8 p. 131-144. Citado por LOPEZ, M.J. 1993. Conservación y productividad de suelos en ladera de la Fraylesca, Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. p 37-38.
- LAL, R. 1985. Mechanized tillage systems effects on properties of a tropical alfisol in watershed cropped to maize. Soil Tillage Res., 6:149-161.
- LAL, R. 1989. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical alfisol. Soil moisture and crop yields. Agroforestry Systems 8:7-29. Citado por KANG, B.T. 1993. Cultivos en callejón: logros y perspectivas. IITA. Ibadán, Nigeria. p. 71-73.
- LEBEUF, L.T. 1993. Sistemas agroforestales con *Erythrina fusca* y su efecto sobre la pérdida de suelo y la escorrentía superficial en tierras de ladera, San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica. In *Erythrina* in the new and old worlds. Eds. Westley, S.; Powell, M. Nitrogen Fixing Tree Research Reports Special Issue. USA. p.176-177.



- LEON, P.J.C. 1990. sf . Aplicación del sistema automatizado para la evaluación de tierras ALES, en un sector de la cuenca del río Sinu (Cordova, Colombia) Bogotá. p. 19-39.
- LEON, P.C. 1994. Evaluación de tierras en la cuenca superior del río reventazón Costa Rica: aplicación de un Sistema Automatizado - ALES - y un Sistema de Información Geográfica-IDRISI. Tesis Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 239 p.
- LÓPEZ, B.W. 1991. La investigación adaptativa en campos de agricultores en la región de La Fraylesca, Chiapas, México: un análisis de rentabilidad económica en el contexto del manejo integrado de los recursos naturales. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 115 P.
- LÓPEZ, B.W.; LOPEZ, M.J.; ZAMARRIPA, M.A.. 1993. Riesgo de erosión actual de suelos en las provincias agronómicas de maíz. Campo Experimental Centro de Chiapas. Informe anual de investigación. SARH-INIFAP- CIFAP-CHIS. Ocozocoautla, Chiapas, México.
- LÓPEZ, M.J. 1993. Conservación y productividad de suelos en ladera de la Fraylesca, Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. p 114-117.
- LÓPEZ, B.W. 1994. Riesgo de erosión actual en las provincias agronómicas de maíz en la región Centro de Chiapas. Folleto técnico No. 9. SARH-INIFAP. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. p. 12.
- MAG. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de

Investigación y Extensión Agrícola. Boletín Técnico No. 74. San José, Costa Rica. p. 57.

MEYER, L.D.; WISCHMEIER, W.H.; FOSTER, G.R. 1970. Mulch rates required for erosion control on steep slopes. Proc. Soil Science Society American, 34: 929-931 p.

MONCADA, S.O. 1991. Desarrollo de un modelo automatizado para la evaluación de tierras en Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua. Tesis Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 156 p.

NIEUWKOOP, M.; LOPEZ, B.W.; ZAMARRIPA, M.A. 1992. Uso y conservación de los recursos naturales en la Fraylesca, Chiapas: un diagnóstico. SARH-INIFAP-CIMMYT. 47 p.

NIEUWKOOP, M. 1994. La adopción de las tecnologías de labranza de conservación en la Fraylesca, Chiapas. INIFAP - CIMMYT. México. p.9 - 15.

PIONEER. 1981. Cosecha más con semillas de maíz híbrido. Compendio actualizado del cultivo de maíz. Santiago, Chile. 66 p.

RICHTERS, E. 1985. Introducción al manejo del uso de la tierra y a una de sus actividades principales: la evaluación de tierras. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 18 p.

RICHTERS, E. 1987. Manejo del uso de la tierra en cuencas hidrográficas. Revista del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. 32(1) 20-23.

RICHTERS, E. 1989. Apuntes de clase del curso manejo del uso de la tierra. Turrialba, C.R. CATIE. Citado por MONCADA, S.E.O. 1991. Desarrollo de

un modelo para evaluación automatizada de tierras en Pueblo Nuevo, Esteli, Nicaragua. Tesis de Magister Scientiae. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p.12-14.

RIOS, B.J.D. 1987. Efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 244 p.

ROSSITER, D.G.; VAN WAMBEKE, A.R. 1989. Automated land evaluation system. ALES versión 2 user's manual. New York, E.E.U.U., Cornell University.

SANCHEZ, P.; SALINAS, J.G. 1983. Suelos ácidos; estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. 93 p.

SANCHEZ, E.D. 1990. Prácticas conservacionistas con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en suelos ácidos de Tabasco México. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 200 p.

SEP. 1987. Manuales para la educación agropecuaria. Maíz. Producción vegetal 10 México, D.F. Ed. Trillas. 56 p.

SKERMAN, P.J. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. FAO. Roma, Italia. p. 383.

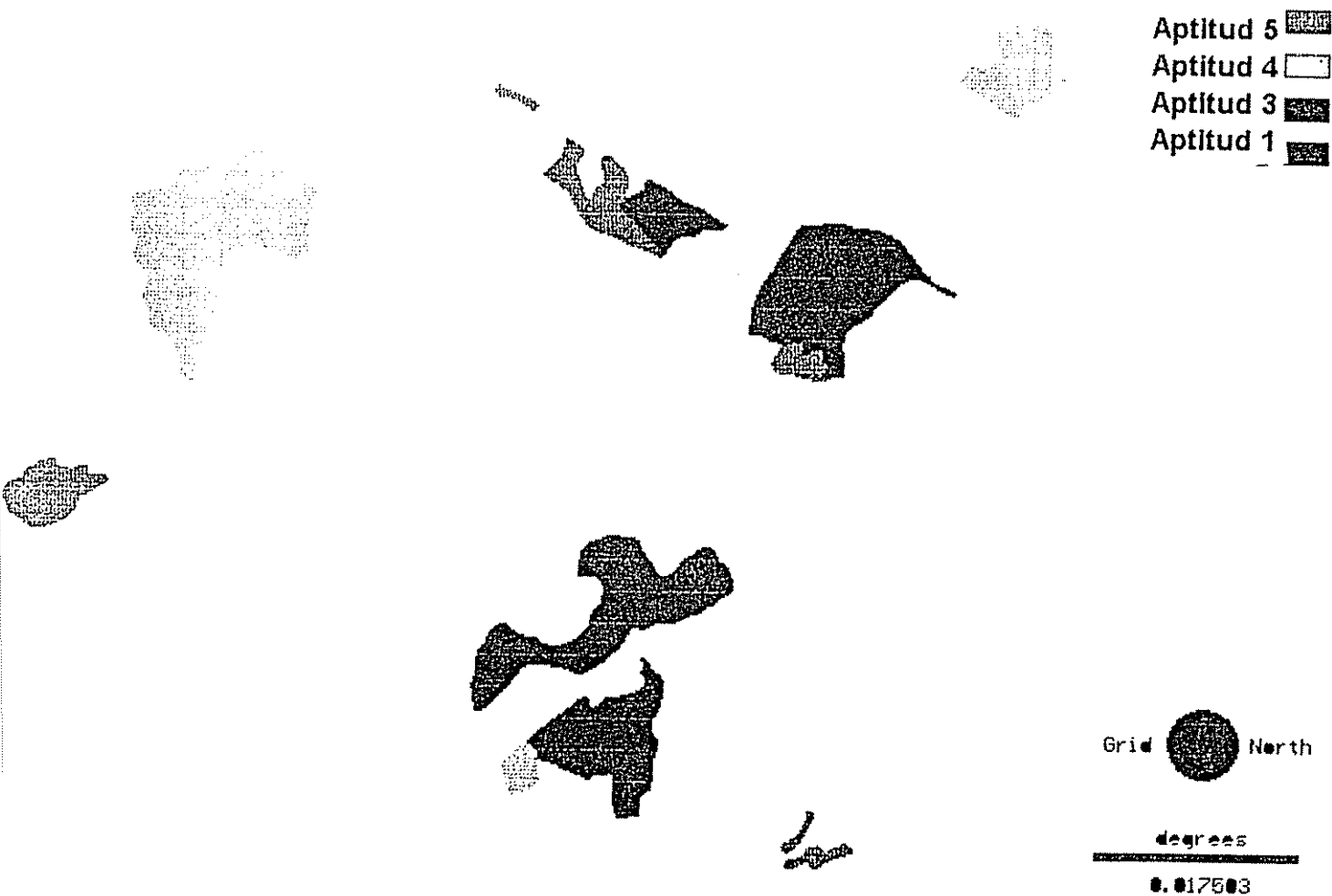
SMYTH, T.J. 1991. Nitrogen supplied to corn by legumes in a Central Amazon oxisol. *In* Tropical Agriculture. Published by Butterworth-Heinemann. Vol 68 No.4. p 366-372.

- TURRENT, F.; LOPEZ, L.A.; VILLAR, S.B. 1992. Regionalización de las provincias agronómicas para el cultivo de maíz de temporal en el estado de Chiapas. SARH-INIFAP-CIRPS-CECECH. Chiapas, México. 34 p.
- VILLAR, S.B.; LOPEZ, M.J.; ARELLANO, M.J.L. 1991. Caracterización de la erosión hídrica actual en el estado de Chiapas. *In*. Memorias del primer seminario sobre manejo de suelos tropicales en Chiapas. CIES. San Cristobal de las Casas, Chiapas. p. 39-41.
- WILSON, G.F. 1982. Effects of cover crops on soil structure and on yield of subsequent arable crops grown under strip tillage on an eroded alfisol. Soil and Tillage Research 2:233-236.
- ZAMARRIPA, M.A. 1994. Prácticas de conservación y mejoramiento del suelo en maíz en la Fraylesca, Chiapas. *In* Memorias de la tercera reunión científica del sector agropecuario y forestal del estado de Chiapas. SARH-INIFAP. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. p 123-124.
- ZUÑIGA, G.J.; CAMACHO, C.R. URIBE, G.S.; FRANCISCO N.N.; TURRENT, F.A. 1993. Terrazas de muro vivo para sustentar la productividad en terrenos agrícolas de ladera. SARH-INIFAP-CIRPS. Folleto técnico No. 6. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 27 p.

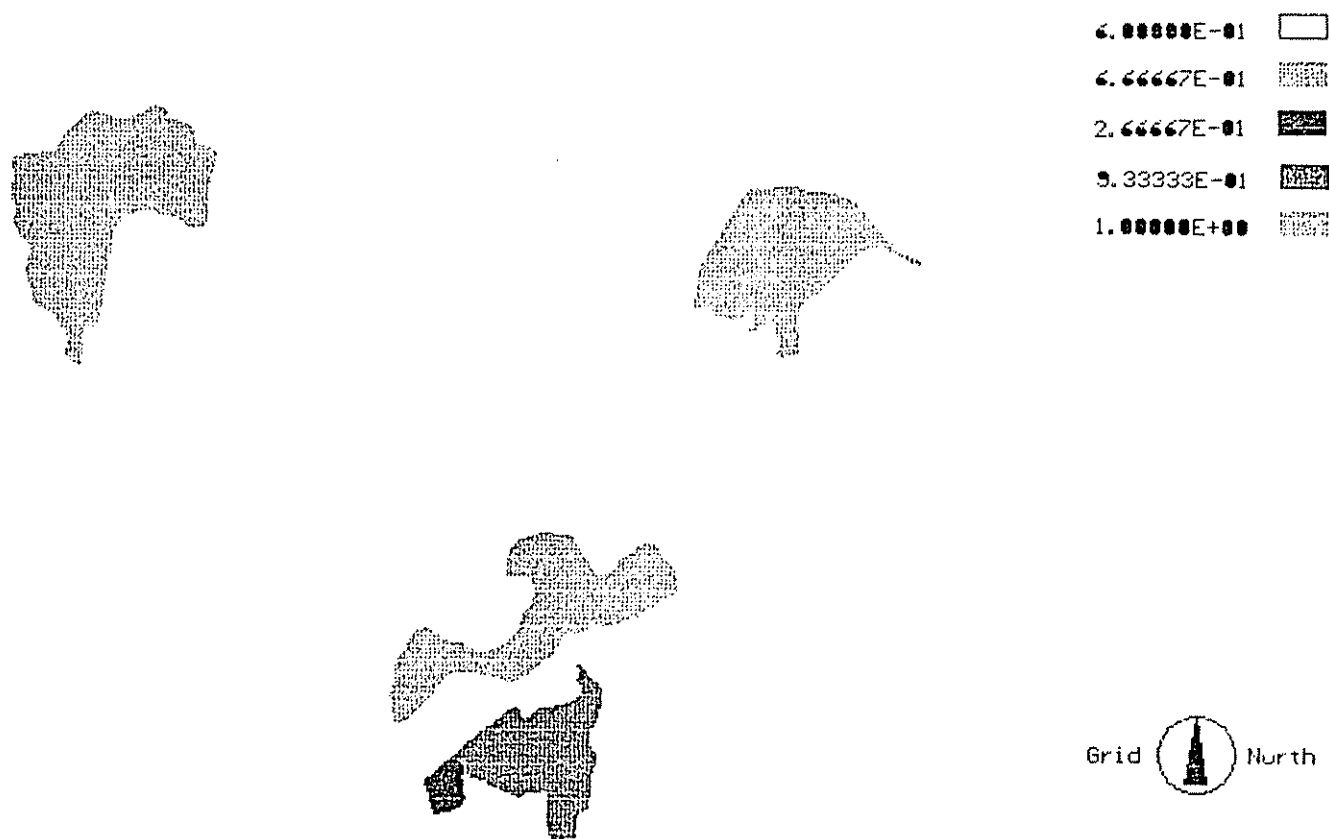
## **ANEXO**



**Figura 1. Evaluación de aptitud física de unidades de tierra con maíz en labranza cero no quema con barreras vegetativas y leguminosa en el ejido Villaflores, Chiapas, México.**



**Figura 2. Evaluación de aptitud física de unidades de tierra con maíz en labranza convencional no quema en el ejido Villaflores, Chiapas, México.**



**Figura 3. Evaluación del rendimiento de grano de maíz de unidades de tierra con labranza convencional no quema en el ejido Villaflora, Chiapas, México.**



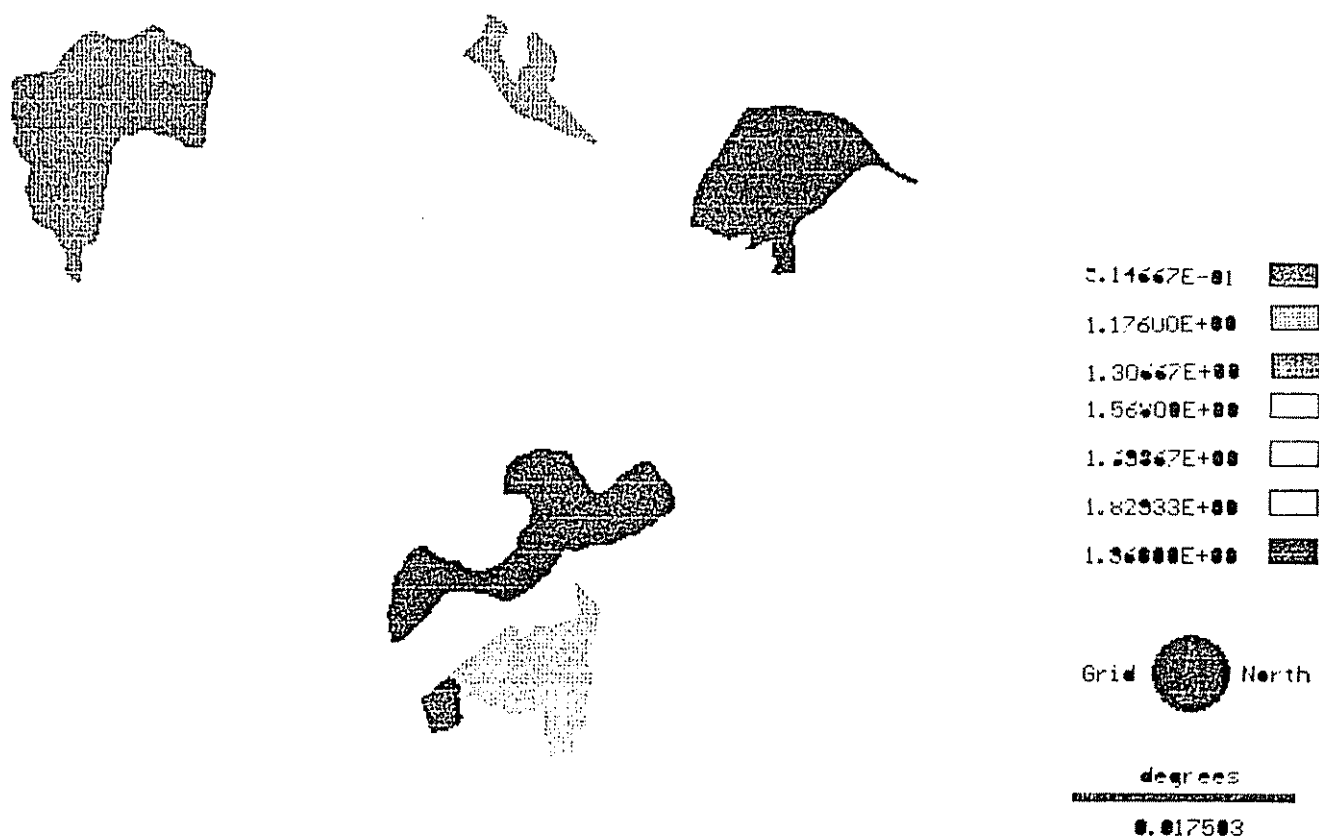


Figura 4. Evaluación del beneficio/costo de unidades de tierra con maíz en labranza cero no quema, en el ejido Villaflores, Chiapas, México.