

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE**



**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL ESTABLECIMIENTO Y EFECTO DE  
LAS PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA SOBRE LA  
CALIDAD DEL SUELO EN LADERAS DE NICARAGUA**

**PRESENTADA POR:**  
**Bra. Karen Soliett López Obando**

**ASESORES: Ing. Reynaldo B. Mendoza Msc. (UNA)**  
**Ing. Róger Rodríguez Msc. (PASOLAC)**

**MANAGUA, NICARAGUA**  
**ABRIL 2008**

## DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen quienes me han guiado en el transcurso de mi vida y ayudado a superar mis tropiezos y hacerme salir adelante.

A las personas que han estado conmigo en todo momento a los cuales dedico este trabajo de tesis, mis padres Lic. Guillermo José López Lacayo y Sra. Alba María Obando Espinoza.

## AGRADECIMIENTOS

Al concluir una de las metas que me he propuesto en la vida tengo mucho que agradecer a las personas que durante el camino me han apoyado para conseguirlo.

Tengo mucho que agradecer al Ing. Miguel Obando (Coordinador Nacional de PASOLAC) por haberme permitido realizar este trabajo de tesis y por el apoyo económico a dicho estudio. De igual manera al Ing. Róger Rodríguez por su apoyo, acompañamiento y aportes valiosos técnicamente en la realización de este estudio.

A mi gran amigo José Granados quien me acompañó en toda la fase del estudio. A Lic. Marthanelly González y la señora María Elena Hernández quienes me apoyaron moral y laboralmente en todo el transcurso de mi trabajo.

Un gran agradecimiento a mi asesor Ing. Reynaldo Mendoza por su apoyo y dedicación a este trabajo de tesis, por haberme permitido trabajar con él.

Sin dejar de agradecer a todas las entidades que brindaron su apoyo para que este estudio se realizara. A todos los técnicos y productores que conformaron los equipos evaluadores. También a todos aquellos productores que abrieron las puertas de su casa para poder realizar dicho estudio. Y también a todas aquellas personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo.

MUCHAS GRACIAS...

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	ii
CONTENIDO GENERAL.....	iv
CONTENIDO DE TABLAS .....	v

CONTENIDO DE FIGURAS .....	ix
CONTENIDO DE MAPAS .....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xi
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Hipótesis o supuestos .....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Conceptos generales.....	4
2.1.1 Conservación de suelos y agua (CSA) .....	4
2.1.2 Conservación de suelos en Nicaragua .....	4
2.1.3 Evaluación.....	7
2.1.4 Adopción .....	7
2.1.5 El estudio de adopción de tecnologías de Manejo Sostenible de Suelos y Agua (MSSA) .....	7
2.2 Descripción de las prácticas tomadas en cuenta en el estudio.....	8
2.2.1 Barreras vivas .....	8
2.2.1.1 Variedades de especies utilizadas como barreras vivas en Nicaragua.....	8
2.2.1.2 Ventajas de las barreras vivas según PASOLAC .....	9
2.2.2 Muros de piedra o barreras muertas.....	9
2.2.2.1 Condiciones ecológicas para establecer barreras muertas .....	10
2.2.2.2 Ventajas de las barreras muertas .....	10
2.2.2.3 Desventajas de las barreras muertas .....	10
2.2.3 Acequias y/o zanjas de drenaje .....	11
2.2.3.1 Condiciones ecológicas para establecer acequias.....	11
2.2.4 Conservación de rastrojo / No quema .....	12
2.2.4.1 Condiciones ecológicas para incorporar rastrojos.....	12
2.3 Uso de indicadores de calidad de suelo para medir impacto de las tecnologías de conservación de suelos y agua .....	13
2.3.1 Descripción de los métodos de medición de indicadores de calidad de suelo ....	16
2.3.1.1 Materia orgánica.....	16
2.3.1.1.2 Evolución de los constituyentes orgánicos .....	17
2.3.1.2 Humedad del suelo.....	18
2.3.1.2.3 Contenido de humedad en un suelo .....	18
2.3.1.2.4 Valores característicos del contenido en humedad.....	19
2.3.1.3 Infiltración .....	20
2.3.1.4 Resistencia a la penetración del suelo o Compactación.....	21
2.3.1.5 Densidad aparente .....	22
III. MATERIALES Y METODOS.....	24
3.1 Descripción del área de estudio .....	24
3.1.1 Descripción del departamento de Estelí. ....	27
3.1.1.1 Municipio Estelí .....	27
3.1.1.2 Municipio La Trinidad .....	27
3.1.2 Descripción del departamento de Matagalpa .....	28
3.1.2.1 Municipio San Ramón .....	28
3.1.2.2 Municipio San Isidro .....	28
3.1.3 Descripción del departamento de Madriz .....	29
3.1.3.1 Municipio de Somoto .....	29

3.1.3.2 Municipio de Yalaguina .....	29
3.1.3.3 Municipio de Totogalpa .....	30
3.1.4 Descripción del departamento de Nueva Segovia .....	30
3.1.4.1 Municipio de Macuelizo .....	30
3.1.5 Descripción del departamento de Chinandega.....	30
3.1.5.1 Municipio de Cinco Pinos .....	31
3.1.5.2 Municipio de Santo Tomas del Norte .....	31
3.1.5.3 Municipio de San Francisco del Norte .....	31
3.2 Diseño metodológico para evaluar la calidad del establecimiento de las prácticas.....	32
3.2.1 Pasos metodológicos .....	32
3.2.2 Revisión de fuentes secundarias .....	32
3.2.3 Definición y diseño del estudio.....	33
3.2.4. Validación de las herramientas .....	35
3.2.5. Fase de campo (primera etapa).....	35
3.2.5.1 Procedimiento para el llenado de las fichas .....	36
3.3 Monitoreo de la calidad de los suelos (segunda fase de campo) .....	37
3.3.1 Captura de sedimentos .....	37
3.3.2 Materia Orgánica.....	38
3.3.3 Infiltración de agua en el suelo .....	38
3.3.4 Retención de humedad .....	39
3.3.5 Resistencia a la penetración del suelo .....	39
3.4 Análisis estadísticos .....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....	42
4.1 Evaluación de la calidad del establecimiento de las prácticas de conservación de suelos y agua.....	42
4.1.1 Calidad y manejo de las prácticas de conservación de suelos .....	42
4.1.2 Evaluación de la calidad y manejo de las prácticas de conservación de suelo y agua .....	44
4.1. 3 Factores que influyen en la calidad del establecimiento .....	48
4.2 Efecto de las prácticas de conservación de suelos y agua sobre la calidad de los suelos.....	51
4.2.1 Sedimentos capturados en las prácticas estructurales .....	51
4.2.2 Conservación de la materia orgánica en las parcelas agrícolas .....	52
4.2.3 Tasa de infiltración de agua en el suelo .....	54
4.2.4 Porcentaje de humedad en las parcelas agrícolas.....	56
4.2.5 Resistencia a la penetración del suelo o compactación.....	58
V. CONCLUSIONES.....	61
VI. RECOMENDACIONES .....	62
VII. BIBLIOGRAFIA .....	63
X. ANEXO .....	66

## **CONTENIDO DE TABLAS**

Tabla 1. Ejemplos de procesos y parámetros a evaluar en los recursos naturales para las laderas de Nicaragua. ....	16
Tabla 2. Relación general entre densidad aparente y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo. ....	23

Tabla 3. Sedimentos capturados en las practicas de barreras vivas, barreras muertas y acequias, laderas de la región central norte de Nicaragua, 2006. ....	52
Tabla 4. Lista de productores visitados para evaluar calidad de suelos. ....	67
Tabla 5. Lista de productores visitados para evaluar calidad de suelos. ....	70
Tabla 6. Análisis general de varianza para evaluar el efecto de las practicas de conservación de suelo respecto al porcentaje de materia orgánica encontrado en el suelo, en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	799
Tabla 7. Análisis estadístico de la materia orgánica interacción finca*posición, 2006. ....	80
Tabla 8. Análisis de varianza para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo, respecto al porcentaje de materia orgánica, evaluado en tres posiciones en el relieve (alta, media y baja), en 7 fincas de las laderas de Nicaragua, 2006. ....	80
Tabla 9. Análisis de varianza para evaluar el efecto de las practicas de conservación de suelo respecto al porcentaje de materia orgánica a tres profundidades, evaluados en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	81
Tabla 10. Análisis estadístico de la materia orgánica en la interacción finca*profundidad, 2007. ....	81
Tabla 11. Análisis de varianza para evaluar el efecto parcial de las practicas de conservación de suelo sobre el porcentaje de materia orgánica a nivel de fincas (7), en laderas de Nicaragua, 2006. ....	82
Tabla 12. Análisis general de varianza para evaluar el efecto de las practicas de conservación de suelo respecto a la infiltración en el suelo, en 7 fincas en laderas de Nicaragua en tres posiciones en el relieve (alto, medio y bajo), con dos laminas de agua. 2007. ....	82
Tabla 13. Análisis estadístico de la infiltración finca*posición. ....	83
Tabla 14. Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo respecto a la infiltración en el suelo por posición, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	83
Tabla 15. Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la infiltración por finca, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	84
Tabla 16. Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la infiltración con dos laminas de agua por finca, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	84
Tabla 17. Análisis estadístico de infiltración interacción finca*lámina. ....	84
Tabla 18. Análisis general de varianza para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo sobre el porcentaje de humedad en el suelo, en 7 fincas en laderas de Nicaragua a tres profundidades (10, 20 y 30 cm) y en tres posiciones en el relieve (alto, medio y bajo). 2007. ....	855

Tabla 19. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad en las parcelas agrícolas en tres posiciones en el relieve (alto, medio y bajo), Nicaragua 2007. ....	855
Tabla 20. Análisis de varianza para evaluar el efecto de las prácticas de conservación suelo sobre el porcentaje de humedad en el suelo en tres posiciones en el relieve (alta, media y baja), evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	866
Tabla 21. Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las practicas de conservación sobre el porcentaje de humedad en el suelo a tres profundidades (10, 20 y 30 cm), evaluado en fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	866
Tabla 22. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad en las parcelas agrícolas en tres profundidades (0-10, 10-20 y de 20-30 cm.), Nicaragua, 2007. ...	877
Tabla 23. Análisis de varianza para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo, sobre el porcentaje de humedad en el suelo, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	888
Tabla 24. Análisis general de varianza para evaluar el efecto de las practicas de conservación de suelo respecto a la compactación en el suelo, en 7 fincas en laderas de Nicaragua en tres posiciones en el relieve (alto, medio y bajo), con dos laminas de agua 2007. ....	888
Tabla 25. Análisis estadístico de compactación del suelo con la interacción finca* posición. ....	89
Tabla 26. Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo respecto a la compactación en el suelo por posición, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	89
Tabla 27. Análisis estadístico de la compactación interacción finca*profundidad. ....	90
Tabla 28. Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la compactación por finca, en tres profundidades (10, 20, y 30) evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	90
Tabla 29. Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la compactación por finca, evaluados en fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	91
Tabla 30. Análisis general de varianza para evaluar el efecto de las practicas de conservación de suelo respecto la densidad aparente en el suelo, en 7 fincas en laderas de Nicaragua a tres profundidades (10. 20 y 30 cm) y en tres posiciones en el relieve (alto, medio y bajo). 2007. ....	91
Tabla 31. Análisis estadístico de la densidad aparente con interacción finca*posición. ....	922
Tabla 32. Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo respecto a la densidad aparente en el suelo por posición, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	922

Tabla 33. Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la densidad aparente por finca, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	933
Tabla 34. Análisis estadístico de la densidad aparente con interacción finca*profundidad. ....	933
Tabla 35. Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la densidad aparente por finca, en tres profundidades (10, 20 y 30), evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	944
Tabla 36. Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo respecto a la densidad aparente en el suelo por profundidad, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006. ....	944

## **CONTENIDO DE FIGURAS**

Figura 1. Representación esquemática de la importancia del umbral en la definición de los estados de degradación e insostenibilidad de un proceso o propiedad sometido a bajo factores de manejo negativos .....	14
Figura 2. Practicas implementadas por los productores beneficiarios de las entidades miembros de PASOLAC, region central norte de Nicaragua, 2006. ....	43
Figura 3. Numero de productores según año de implementación de las tecnologías	44



Figura 4. Porcentaje de productores que cumplen con la calidad de las prácticas según los criterios establecidos. ....	45
Figura 5. Numero de productores según porcentaje de adopción de tecnologías en las áreas agrícolas, coeficiente de variación 7.35. ....	47
Figura 6. Porcentaje de agricultores según el tamaño de las fincas, (139 muestras) beneficiarios de las entidades miembros de PASOLAC. ....	47
Figura 7. Porcentaje de productores según el objetivo para implementar las tecnologías de CSA. ....	48
Figura 8. Porcentaje de productores que coinciden con las condiciones agro ecológicas recomendadas para implementar las tecnologías. ....	49
Figura 9. Porcentaje de productores segun mano de bra que usan en sus parcelas. ....	50
Figura 10. Porcentaje de productores según limitantes para implementar las tecnologías. ....	50
Figura 11. Comportamiento de la materia orgánica a nivel de finca ( $Pr > F = <.0001$ ), a 10, 20 y 30 cm de profundidad ( $Pr > F = <.0001$ ). Nicaragua, 2006. ....	54
Figura 12. Comportamiento de la infiltración a nivel de finca ( $Pr > F = 0.2049$ ) a 10, 20 y 30 cm. de profundidad ( $Pr > F = 0.0441$ ). Nicaragua, 2006. ....	56
Figura 13. Comportamiento de la humedad del suelo a nivel de finca ( $Pr > F = <.0001$ ) a 10, 20 y 30 cm. de profundidad ( $Pr > F = <.0001$ ), Nicaragua, 2006. ....	58
Figura 14. Comportamiento de la resistencia a la penetración (MPa), a nivel de finca ( $Pr > F = 0.0020$ ), en parcelas cultivadas al espeque y con bueyes, a profundidades de 10, 20 y 30 cm. ( $Pr > F = <.0001$ ). ....	59
Figura 15. Comportamiento de la densidad aparente ( $g/cm^3$ ) en 7 fincas de zonas de laderas a tres profundidades (10, 20 ,30 cm.) con ( $Pr > F < 0.8693$ ) ....	60
Figura 16. Esquema de visitas para evaluar la calidad de implementación de las prácticas de conservación de suelos y agua. ....	66
Figura 17. Principales rubros en las parcelas de los productores beneficiarios de las entidades miembros de PASOLAC, 2006. ....	79
<b>CONTENIDO DE MAPAS</b>	
Mapa 1. Ubicación de los departamentos en donde se realizo el estudio calidad de las prácticas Nicaragua, 2007. ....	25
Mapa 2. Ubicación de las parcelas en donde se realizo muestreo de suelo para evaluar la calidad de estos Nicaragua, 2007. ....	26

## RESUMEN

En fincas bajo condiciones de laderas y localizadas en los departamentos de Madriz, Nueva Segovia, Matagalpa, Estelí y Chinandega, se desarrollo el presente estudio con la finalidad de evaluar la calidad y el manejo con las que han sido establecidas las prácticas de barreras vivas, barreras muertas, acequias, y conservación de rastrojos, así como medir su efecto sobre la calidad de los suelos. El estudio contó con el apoyo de siete entidades miembros de PASOLAC, las cuales han transferido por más de tres años las tecnologías en mención.

Para evaluar la calidad de las prácticas se seleccionaron fichas técnicas y agro-ecológicas para medir la calidad de establecimiento haciendo uso de la guía técnica de PASOLAC. Para evaluar el efecto de las mismas sobre la calidad de los suelos se seleccionaron los indicadores de calidad de suelo materia orgánica, captura de sedimentos, infiltración, y resistencia a la penetración. El levantado de la información en campo contó con un equipo evaluador conformado por un técnico y un productor de la entidad participante y el evaluador o investigador.

El estudio mostró que las prácticas de conservación de suelo están siendo implementadas por los agricultores utilizando criterios agro ecológicos locales, pero presentan problemas de mantenimiento al momento de aplicar criterios técnicos recomendados en la guía de PASOLAC. Sin embargo, en términos de calidad de suelo se encontraron incrementos significativos de materia orgánica en las prácticas que incorporan rastrojos hasta un 3% en algunos casos, y alta tasa de captura de sedimentos anuales en las prácticas estructurales hasta de 64.11 ton/ha/año.

Evaluar tanto la calidad de las practicas de conservación de suelos y agua, como su efecto en materia de calidad de suelo permitió identificar los vacíos en la capacitación por entidad, y su relación con la necesidad de crear un sistema de monitoreo que le permita a los agricultores evaluar el impacto de sus practicas con el uso de indicadores la calidad de sus suelos.

## **SUMMARY**

Under hillside farm conditions and located in the departments of Madriz, Nueva Segovia, Matagalpa, Estelí and Chinandega was carried out a study in order to evaluate the effect of living barriers, dead barriers, irrigation ditches, and residue conservation practices, regarding soil quality and its establishments. The study was supported by seven member entities from PASOLAC, which had transferred the aforementioned practices for more of three years.

To evaluate the establishment of these practices some technical and agro ecological notes were selected to measure the establishment quality using the PASOLAC technical guide. In order to evaluate the effect of the mentioned practices regarding soil quality; soil quality indicators were selected, sediment capture, infiltration, and penetration resistance. Information on field was obtained by an evaluating team formed by a technician and a farmer from the participant entity and evaluator or researcher.

The study showed that soil conservation practices had been implemented by farmers using local agro ecologic criteria, but they presented a deficiency at the moment of implementing technical criteria recommended by PASOLAC. Nevertheless, in terms of soil quality it was found a significant increase of organic matter that incorporates stubbles up to a 3% and a high percentage of annual capture of sediments in the structural practices up to the 64.11 ton/ha/y.

Evaluating the establishment of water and soil conservation practices as its effects, in soil quality matter allowed identify training gaps by entity, and its relation with the needs of creating a monitoring system that may allow farmers evaluate the impact of practices in the use of soil quality indicators.

## I. INTRODUCCION

En la región centroamericana el impacto de las tecnologías de conservación de suelos se mide por el grado de aceptación o adopción por parte de los productores así como los efectos productivos y ambientales de estas. Sin embargo, en nuestro país muchas veces se hace énfasis en la difusión amplia de tecnologías y en la medición sus impactos productivos y económicos, olvidándonos de los impactos ambientales.

Uno de los problemas serios que enfrenta nuestro país es el deterioro de los recursos naturales, entre ellos el recurso suelo especialmente en las zonas de ladera, donde se asientan una alta población de pequeños productores agropecuarios. En dichas áreas hay graves problemas de degradación y pérdida de la fertilidad de los suelos, a causa del uso extensivo que le dan a los suelos ya que en la mayor parte de las zonas los productores cuentan con poca extensión de tierras. En Nicaragua al igual que en América Central, han existido siempre prácticas conservacionistas nativas, como el uso de siembra al espeque en laderas, la asociación y rotación de cultivos, el manejo de animales menores. Gran parte de estas prácticas se han usado y desarrollado de manera tradicional según las capacidades que posee el agricultor.

El control de la erosión del suelo inducida por el agua de lluvia, es una de las preocupaciones de las diferentes instituciones y productores que trabajan y viven en zonas de laderas destinadas en su gran mayoría a la agricultura de granos básicos (maíz y frijol) y pastoreo y cultivo de café según la zona. La tierra en laderas con pendientes mayores a 20%, que incluye alrededor del 44% de las tierras en Nicaragua, esta potencialmente exp uesta a la erosión de las condiciones climáticas tropicales durante 6 meses de cada año (Barreto, 1996). La importancia de estos suelos cultivados en laderas de Nicaragua no puede ser exagerada, ya que producen el 79% del maíz y casi el 100% de sus frijoles y café. Este tipo de cultivos establecidos en laderas y con prácticas tradicionales causa una

degradación severa, ya que se combinan la alta capacidad erosiva de los elementos ambientales, la alta erodabilidad del suelo y la poca protección que ofrecen los cultivos anuales (Erenstein y Cadena, 1997). De esta manera, las tierras en condiciones de laderas se volvieron altamente vulnerables a dichos procesos degradativos. Lo cual ha agudizado la pobreza rural, y se convirtió en la prioridad de las metas de las entidades que trabajan en la transferencia de tecnologías de Manejo Sostenible de Suelos y Agua (MSSA) en Nicaragua desde los años 70. Sin embargo, la introducción de las prácticas de conservación de suelos fue transferida sin indicadores que permitieran medir su calidad de establecimiento durante los procesos de aceptación u adopción por los agricultores. En 1997 el PASOLAC con las entidades socias que trabajan en ladera diseñaron una guía de conservación de suelos y agua (CSA) que permitiera mejorar el establecimiento y criterios de recomendación, razón por la cual el PASOLAC, se propuso en 2006 realizar una evaluación de campo para medir la calidad y el nivel de mantenimiento y adopción de las practicas de barreras vivas, barreos muertas, conservación de rastrojos y acequias promovidas por entidades socias.

El estudio sobre calidad de las prácticas y adopción fue acompañado con un estudio de calidad de suelos para evaluar el efecto de las mismas. Para tal fin se utilizaron indicadores sencillos de campo y laboratorio tales como almacenamiento de materia orgánica en el suelo, retención y almacenamiento de agua superficial y control de erosión hídrica en las laderas de Nicaragua. Al mismo tiempo se determinarían los potenciales en término de calidad de suelo que permita determinar estrategias de manejo sostenible en estas zonas de laderas de Nicaragua.

### **1.1 Objetivo general**

- Evaluar la calidad del establecimiento de las barreras vivas, barreras muertas, acequias, y conservación de rastrojos y sus efectos sobre la calidad de suelo en 139 parcelas localizadas en el área de influencia del PASOLAC.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Determinar el nivel de calidad de manejo que tienen las prácticas de conservación de suelos y agua en la zona de estudio.
- Identificar los factores que influyen en la calidad del establecimiento y manejo de las prácticas de conservación de suelo y agua.
- Identificar el efecto que tienen las prácticas de CSA en los sistemas de producción, en términos almacenamiento y retención de agua, acumulación de materia orgánica y resistencia a la penetración.
- Cuantificar los volúmenes de suelo retenido en las obras estructurales de conservación de suelo y agua.

### **1.3 Hipótesis o supuestos**

- Las prácticas de conservación de suelos en los sitios de estudio están establecidas bajo los criterios de condiciones agro-ecológicas productivas y metas de los productores establecidos en la guía técnica de conservación de suelos de PASOLAC (1999).
- Se espera encontrar mayor retención de sedimentos en las parcelas con prácticas estructurales, y mayores contenidos de materia orgánica y humedad en parcelas con conservación de rastrojos.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 Conceptos generales**

#### **2.1.1 Conservación de suelos y agua (CSA)**

Según Hull (1980), la conservación de suelos y agua es la ciencia de usar el terreno para aumentar su productividad conservando en el sus características naturales de fecundidad, los abonos que le añade el hombre y una buena proporción de agua pluvial, elemento que en conjunto, es de otro modo arrastrado por las corrientes.

Por otro lado PASOLAC (2000), considera la conservación de suelos y agua como actividades a escala local que mantienen o aumentan la capacidad productiva del suelo en áreas susceptibles, por medio de la prevención o disminución de la erosión, la conservación de la humedad del suelo y el mantenimiento o mejoramiento de la fertilidad del suelo. De esta manera la conservación de suelos y agua se logra a través de diferentes prácticas que pueden ser aplicadas individualmente o en asocio según las condiciones agro climáticas y topográficas donde se pondrán en practica.

#### **2.1.2 Conservación de suelos en Nicaragua**

##### **La conservación de suelos en Nicaragua**

La conservación de suelos en Nicaragua se remonta a la década de los 1950, cuando se inicia el desarrollo del cultivo del Algodón en el occidente del país. Este acontecimiento significó la transformación de un sistema de agricultura diversificado integrado por granos básicos y frutales a un sistema de algodón en monocultivo intensivo y con alta tecnología. Este proceso trajo consigo una transformación de las estructuras agrarias en la tenencia de la tierra que pasó de

una pequeña propiedad campesina a grandes fincas y empresas privadas dedicadas al cultivo del algodón. Según el ministerio de agricultura y ganadería (1992), el desarrollo de este cultivo llegó a alcanzar un poco más de 200,000 hectáreas en sus mejores años (1997). Cultivadas en su mayoría con técnicas de terrazas en curvas a nivel para así evitar la erosión inducida por agua de lluvia en susceptibles suelos volcánicos de occidente. Estos esfuerzos de conservación ayudaron a mantener una productividad alta del cultivo durante tres décadas con rendimientos de 2,500 kg/ha de algodón en rama. Ya en los 70's se manifestaron efectos de la erosión eólica por pérdida de cobertura vegetal y materia orgánica. Este fenómeno fue más fuerte en León-este, lo que alertó a las instituciones nacionales como el MAG, BND Y CONAL y dispusieron promover las cortinas rompe viento con otras practicas de conservación de suelos asociadas (en conversación personal con Ignacio Rodríguez, Enero 2008).

En la década de los 80's la población rural avanzó a las áreas de laderas, con ecosistemas de bosques primarios y secundarios estables: Los cuales son altamente frágiles a los procesos degradativos, una vez convertidos a tierras de agricultura. Ante tal amenaza surgen organismos no gubernamentales, instituciones nacionales e internacionales que se preocuparon por el deterioro de los recursos naturales.

De 1980 a 1983 se desarrolló en occidente el proyecto piloto de conservación de suelos y medio ambiente (PCEO) con el propósito de frenar la contaminación provocada por la erosión eólica en las áreas algodoneras que afectaban particularmente a la ciudad de León. Para tal fin establecieron 1,160 km de cortinas rompe vientos y 800 hectáreas de plantaciones forestales en laderas y tierras de cultivos abandonados. Las especies utilizadas fueron Eucaliptos sp como cortina central con bordes de Tecota Stam y Leucaena sp

En 1983 surge el proyecto de la cuenca sur del Lago Xolotlán que produjo plantas para establecer cortinas rompe vientos. En 1985, el mismo proyecto estableció



terrazas con maquinarias, y diques en causes en el año siguiente. En 1987 la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG) organizó el programa Campesino a Campesino para impulsar la conservación de suelos y mejorar la productividad de los cultivos. El objetivo del proyecto era llevar la capacitación al productor utilizando como vía la conservación de suelos en la producción de alimentos y en la recuperación de los suelos que se encontraban deteriorados a consecuencia del cultivo intensivo de granos (maíz y frijol). En 1988 se inicio un proyecto en la cordillera de los Maribios a través de la FAO ejecutado por IRENA con el fin de restaurar el potencial ecológico y productivo de la cordillera a través de la utilización del sistema suelo-agua-vegetación, incluyendo componentes de conservación de suelo para restaurar la fertilidad de los mismos y la producción de los cultivos. Al igual que este proyecto surgieron otros como el proyecto agroforestal El Pital el cual dio inicio en 1990 en Masaya Granada. La conservación de suelos en la región VI inicio en 1986. El proyecto Pikin Guerrero (Chinandega el Chonco) inicio en 1990, y promovió la participación de la mujer en la conservación de los recursos naturales y en la producción al igual que dar asistencia técnica agrícola y ganadera, realizar viveros comunales entre otras practicas.

En 1992 la Universidad Nacional Agraria (UNA) desarrolló investigaciones y enseñanza en esta materia, e inicio los primeros trabajos experimentales para evaluar prácticas de conservación de suelo y cuantificar tasas de erosión. En 1993 surge el Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC) con el propósito de apoyar y mejorar los trabajos de conservación de suelo promovidas por entidades locales.

Este texto fue tomado en parte de la publicación del MAG en 1992 y citado por Miguel Obando y colaboradores.

### **2.1.3 Evaluación**

Según PASOLAC (2006) la evaluación se entiende como al proceso cuyo objetivo es valorar o comparar las consecuencias de distintas alternativas de actuación, para orientar la toma de decisiones hacia las alternativas mas adecuada en cada caso concreto.

### **2.1.4 Adopción**

Según el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (1997), la adopción es la acción de recibir, haciéndolos propios, pareceres, métodos, doctrinas, ideologías, etc., que han sido creados por otras personas o comunidades y se mide según el tiempo que tengan los agricultores de aplicar una tecnología, con diferentes métodos. Uno de estos son los estudios de adopción.

### **2.1.5 El estudio de adopción de tecnologías de Manejo Sostenible de Suelos y Agua (MSSA)**

Según el PASOLAC (2006), el estudio de adopción de tecnologías, es una herramienta de carácter socioeconómica, que se usa para conocer que cantidad de productores y/o productoras de una comunidad o zona determinada, aplican, mantienen o han abandonado las tecnologías de MSSA, que han sido promovidas por una entidad determinada, durante un periodo no menor de tres años. Además, el estudio debe identificar y analizar los factores (patrones) que influyen en la decisión de los productores (as) de adoptar o rechazar determinada tecnología .

## 2.2 Descripción de las prácticas tomadas en cuenta en el estudio

### 2.2.1 Barreras vivas



Las barreras vivas son hileras simples, dobles o triples de especies vegetales preferiblemente perennes y de crecimiento denso, establecidas en curvas a nivel y a distanciamientos cortos.

El objetivo principal de las barreras vivas, es el reducir la velocidad de esorrentía superficial y retener el suelo que en ella se transporta. Para que este objetivo se cumpla, las especies se plantan los más unidas posibles, para que en el menor tiempo la barrera sea continua. (Tomado del sitio web <http://www.centa.gob.sv> en noviembre del 2007)

La distancia entre curvas depende de la pendiente y del tipo de suelo, se combina bien con otras tecnologías, la combinación más frecuente es con acequias para proteger el borde superior de ellas. Sirven para reducir la velocidad del agua porque dividen las laderas en pendientes mas cortas, sirviendo además como filtros, captando los sedimentos que van en el agua de escurrimiento. El buen manejo de barreras vivas tiene como resultado la formación paulatina de terrazas. (Tomado del sitio web [http:// www.fao.org](http://www.fao.org) en enero del 2007).

#### 2.2.1.1 Variedades de especies utilizadas como barreras vivas en Nicaragua

Según PASOLAC (1999) las variedades que mas se utilizan son; el pasto king grass, la valeriana (vetiver), piña, la caña de azúcar, la espada de san miguel, el zacate napier y el taiwán, el zacate de limón, madreao y gandul. Las cuales se adaptan desde zonas bajas a intermedias (1200 msnm), a excepción del zacate de

limón y la valeriana que se adaptan hasta los 2000 y 2600 msnm respectivamente. La mayoría de estas especies crecen en suelos con buena y moderada infiltración. La efectividad de la barrera viva en suelos con baja infiltración depende de la densidad de la barrera y del macollamiento, en estos se debe de reducir la distancia entre barreras y es recomendable combinar con otras técnicas (acequias). Esta práctica no tolera suelos con mal drenaje.

### **2.2.1.2 Ventajas de las barreras vivas según PASOLAC**

1. Menos mano de obra: El establecimiento y mantenimiento de las barreras vivas ocupa menos trabajo y herramientas que la construcción de obras.
2. Ocupan poco espacio.
3. Producen mulch y forraje.

### **2.2.2 Muros de piedra o barreras muertas**



PASOLAC (1999) describe a las barreras muertas como muros de piedras para evitar el arrastre del suelo. Reduce la velocidad del agua por cortar la ladera en pendientes mas cortas, sirviendo además de para captar sedimentos que van en el agua de escurrimiento. La barrera muerta resulta en la formación paulatina de terrazas.

### **2.2.2.1 Condiciones ecológicas para establecer barreras muertas**

Según PASOLAC (1999) esta práctica puede utilizarse en todas las alturas, en zonas secas y semihúmedas. En zonas húmedas con altas precipitaciones existe el riesgo de encharcamiento, sobre todo en suelos de baja infiltración.

Esta tecnología es apropiada para todo tipo de suelo, suelos superficiales y suelos profundos, con buena y moderada infiltración. En aquellos con mala infiltración, es recomendable utilizar tecnologías que mejoran la infiltración y/o que permitan la filtración del agua. (Proyecto Lupe RRNN, Tegucigalpa Honduras 1993).

### **2.2.2.2 Ventajas de las barreras muertas**

1. Ayuda a desempedrar el terreno facilitando la labranza, siembra y deshierbo y aumenta el área cultivable.
2. En zonas secas, se puede aumentar los rendimientos por el efecto de la conservación del agua.

### **2.2.2.3 Desventajas de las barreras muertas**

1. Alta necesidad de mano de obra para construir y mantenerlos.
2. El ganado los puede dañar.
3. Susceptibles a derrumbes a menos que haya buena protección y mantenimiento.

### 2.2.3 Acequias y/o zanjas de drenaje



Son zanjas o canales de forma trapezoidal construidas a nivel en dirección transversal a la pendiente. La finalidad de la acequia es en primer lugar la conservación de agua sirviendo como acumulador de agua que mejora la infiltración de agua en la zanja.

La acequia contribuye a la conservación de suelo en combinación con camellones, barreras vivas y otras prácticas dividiendo la parcela en pendientes cortas. La distancia entre acequias depende de la pendiente. Combina bien con otras practicas que mejoran la infiltración en el terreno mismo o con técnicas que mejoran la fertilidad del suelo. Las acequias se pueden hacer con apoyo de tracción animal en pendientes hasta del 15% se puede utilizar el arado vertedera con bueyes, en pendientes de 15-25% se recomienda el uso de 1 buey o caballo. (PASOLAC, Doc. N° 241 serie técnica N° 17/99)

#### 2.2.3.1 Condiciones ecológicas para establecer acequias

Se utiliza en diferentes elevaciones o pisos altitudinales. La acequia se construye en zonas húmedas y tiene el objetivo principal de mejorar la infiltración de agua permitiendo al mismo tiempo el drenaje de aguas excedentes. Se recomienda dividir la zanja con tabiques para limitar la evacuación de agua a aguas ascendentes. Además se recomienda para zonas con lluvias fuertes pero con alto riesgo de canículas (costa pacifica) de hacer acequias mas profundas y de hacer un camellón en el lado inferior de la acequia para incrementar la cantidad de agua atrapada y para reducir el riesgo de desagües a las parcelas. (PASOLAC, Doc. N° 241 serie técnica N° 17/99)

## 2.2.4 Conservación de rastrojo / No quema



El PASOLAC (1999) define esta práctica como la no quema de los residuos y su incorporación en el suelo antes de la siembra del siguiente cultivo. Tiene la finalidad de mantener y aumentar la materia orgánica y la vida biológica en el suelo. Se evita la pérdida de nutrientes y se mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua. Existen diferentes tipos de residuos:

- a) Rastrojos maduros, secos y fibrosos de maíz o sorgo que tienen bajo contenido de nitrógeno (N) y altos contenidos de carbono (C); estos rastrojos se descomponen y liberan sus nutrientes lentamente.
- b) Residuos suculentos y frescos de leguminosas como del frijol abono que tienen altos contenidos de N y se descomponen y liberan sus nutrientes rápidamente.

La combinación de ambos tipos de rastrojos da mejor resultado ya que según testimonios de los productores estos ayudan a mejorar calidad del suelo incrementando los rendimientos en las cosechas. En general se sugiere manejar preferiblemente las laderas con no quema y mulching, en ves de arar e incorporar los rastrojos. La incorporación se practica por uno o dos ciclos en campos con suelos muy compactados, en suelos muy degradados, para la destrucción de plagas y enfermedades viviendo de los rastrojos y en el caso de una alta infestación con malezas agresivas en el campo.

### 2.2.4.1 Condiciones ecológicas para incorporar rastrojos

Según PASOLAC (1999) se puede utilizar en todas las altitudes, sin embargo en zonas húmedas puede ser difícil encontrar el momento apropiado para incorporar

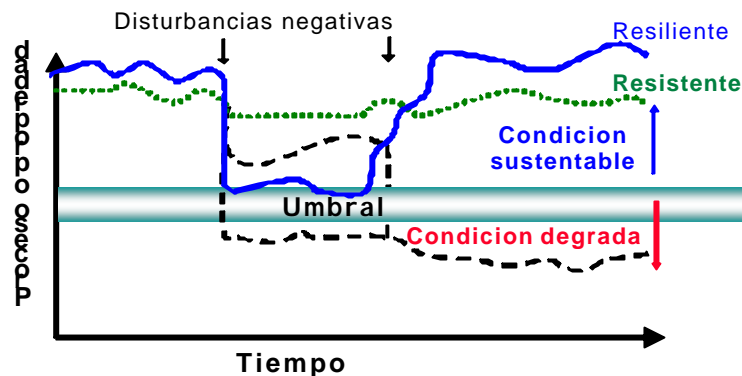
los rastrojos, por esto se prefiere en estas zonas la siembra tapada para postrera. En zonas secas se observa que el suelo se seca más rápidamente después de la labranza. En estas zonas es mejor dejar el mulch para reducir la evaporación.

Se recomienda sobretodo para suelos arenosos y suelos franco-arcillosos. En suelos francos existe el riesgo que la labranza aumenta la erosión significativamente por la tendencia de estos suelos de sellarse. En suelos arcillosos, la fuerza de trabajo para la labranza es muy alta. Se utiliza en suelos superficiales y profundos, no se utiliza en suelos pedregosos. En suelos de baja fertilidad la incorporación de rastrojos de cereales puede inmovilizar temporalmente el N disponible en el suelo. Por esta razón se recomienda combinar la no quema e incorporación de rastrojos en suelos de baja fertilidad con prácticas que mejoren la fertilidad del suelo, sobre todo en contenido de nitrógeno (N). La incorporación de rastrojos de bajos contenidos de N ayuda a amortiguar el pH en el suelo.

### **2.3 Uso de indicadores de calidad de suelo para medir impacto de las tecnologías de conservación de suelos y agua**

Los indicadores son descriptores que miden o reflejan el estado de una condición socioeconómica o ambiental. Estos indicadores pueden ser valorados en el campo por medio de mediciones directas o través de mediciones en el laboratorio. Los indicadores del suelo y del agua deben estar relacionados a propiedades y procesos de degradación (Lal, 1996). Si el estado de un indicador cae por debajo del valor crítico (umbral) entonces el sistema examinado no es sostenible (Figura 1)





(Seybold, et al, 1999)

**Figura 1.** Representación esquemática de la importancia del umbral en la definición de los estados de degradación e insostenibilidad de un proceso o propiedad sometido a bajo factores de manejo negativos

El número de indicadores y la frecuencia de medición depende de la complejidad del sistema bajo análisis y de los costos de monitoreo.

De acuerdo con Doran (1999), la calidad de los suelos abarca los componentes físicos, químicos y biológicos y sus interacciones. Los indicadores de calidad del suelo son seleccionados primeramente para evaluar la calidad agrícola del suelo. Los métodos utilizados nos proporcionan tendencias de la calidad de los suelos basados en su capacidad agro-ecológica natural. Existen dos formas básicas para evaluar la calidad del suelo:

1. Hacer mediciones periódicas a lo largo del tiempo para monitorear cambios o tendencias en la calidad del suelo.
2. Comparar valores medidos con una condición de suelo potencial o de referencia.

Desde el punto de vista ambiental los indicadores más importantes son la materia orgánica y erosión de suelos (Doran, 2002). La materia orgánica porque esta relacionada a la reserva de nutrientes en el suelo, la retención de humedad, en el

aumento de la estabilidad de agregados, el incremento de la actividad microbiana y la productividad de los cultivos, el control de la erosión porque su reducción nos garantiza la conservación del mismo a largo plazo.

Entre los indicadores físicos de calidad de suelo mas utilizados encontramos; textura, profundidad de suelo, suelo superficie y raíces, infiltración y densidad aparente y retención de humedad de agua. Entre los indicadores químicos tenemos; materia orgánica y contenido total de C y N, pH, conductividad eléctrica y NPK extraíble. Biológicamente los mas importantes son; biomasa microbiana C, nitrógeno potencialmente mineralizable (anaeróbica incubación), respiración de suelos, contenido de agua y temperatura.

De acuerdo con Lal (1996) las características más relevantes a tener en cuenta en la selección de indicadores de la condición del suelo y del agua incluyen 1) simpleza y facilidad de medición en el campo; 2) aplicabilidad a varias escalas; 3) extrapolabilidad a eco regiones similares; 4) que integren varios atributos; 5) facilidad de análisis e interpretación; 6) que este orientado a procesos de degradación. Los indicadores deben reflejar el efecto de buenas o malas prácticas de manejo.

La tabla 1 incluye algunos de los indicadores sugeridos por Lal (1994) para evaluar la sostenibilidad de suelo y agua en ecosistemas semi-húmedos y semi-áridos.

**Tabla 1.** Ejemplos de procesos y parámetros a evaluar en los recursos naturales para las laderas de Nicaragua.

Recursos	Procesos	Parámetros a evaluar
<b>Suelo</b>	Compactación y grado de dureza del suelo	Resistencia a la penetración, densidad aparente, infiltración.
	Erosión del suelo	Captura de sedimento
	Estructura del suelo	Agregación y estabilidad de agregados
	Estrés por sequía	Agua disponible, profundidad de enraizamiento, déficit de agua, probabilidad de sequía
	Fertilidad del suelo	Materia orgánica
	Distribución y tamaño de partículas	Pedregocidad, textura
<b>Agua</b>	Balance hídrico	Déficit hídrico, balance semanal

### 2.3.1 Descripción de los métodos de medición de indicadores de calidad de suelo

#### 2.3.1.1 Materia orgánica

Son un conjunto complejo de sustancias constituidas por restos vegetales y organismos que están sometidos a un constante proceso de transformación y síntesis. Normalmente se presenta en cantidades muy inferiores a la fracción mineral, no obstante su papel es tan importante o más para la evolución y propiedades de los suelos. Se pueden agrupar en dos grupos.

##### a) Grupo de materiales vivos

Microbiota: microorganismos: algas, bacterias, hongos, protozoos...

Mesobiota: nematodos, gusanos...

Macrobiota: raíces vegetales, lombrices...

Representa un grupo enormemente diverso, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo. Valores usuales son de 10.000 a 10.000.000 de organismos por gramo de suelo para la micro flora y de 1.000 a 100.000 para la micro fauna.

#### **b) Grupo de materiales no vivientes**

Está constituido por restos orgánicos frescos (tejidos vegetales y animales), productos excretados por los organismos, productos de descomposición y compuestos de síntesis.

Dentro de este grupo tenemos el humus, el cual se define como materia orgánica transformada y alterada. Constituye un conjunto muy complejo de compuestos orgánicos coloidales de color oscuro sometidos a un constante proceso de transformación. Dentro de él se definen un grupo de sustancias llamadas sustancias húmicas.

El concepto de materia orgánica del suelo se refiere a la fase muerta, pero en la práctica se incluyen también a los microorganismos vivos dada la imposibilidad de separarlos del resto de material orgánico transformado.

#### **2.3.1.1.2 Evolución de los constituyentes orgánicos**

La humificación es el proceso de formación del humus (es decir, conjunto de procesos responsables de la transformación de la materia orgánica). La transformación de la materia orgánica puede llegar a la destrucción total de los compuestos orgánicos dando lugar a productos inorgánicos sencillos como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  etc. y se habla, en este caso, del proceso de mineralización.

Dependiendo de las características del suelo y de la naturaleza de los restos vegetales aportados dominará la humificación o la mineralización aunque siempre se dan los dos procesos con mayor o menor intensidad.

La humificación es responsable de la acumulación de la materia orgánica en el suelo mientras que la mineralización conduce a su destrucción. (Tomado del sitio web <http://edafologia.ugr.es> en noviembre 2007).

### **2.3.1.2 Humedad del suelo**

El término humedad del suelo se emplea para referirse al agua retenida en la capa arable, y así distinguirla del agua subterránea propiamente dicha.

La determinación de este tipo de agua se realiza mediante ensayos en laboratorio, siempre que la muestra de agua se extraiga y se transporte con las debidas precauciones para conservar íntegra su humedad.

### **2.3.1.2.3 Contenido de humedad en un suelo**

Las medidas del contenido de humedad en un suelo, se pueden expresar en proporción de peso de agua, respecto al peso total de la muestra seca, o en proporción de volúmenes ocupados en el terreno por el agua y los sólidos.

El material sólido que compone un suelo tiene una densidad real del orden de 2,5. Pero el volumen que realmente ocupa en el terreno es mayor y surge el concepto de densidad aparente o relación entre el peso del volumen que ocupa en el terreno una muestra seca y el peso del mismo volumen de agua. Este es un concepto importante, pues multiplicando las proporciones en peso por la densidad aparente, se obtienen proporciones en volumen. Los valores de la densidad aparente, oscilan según el tipo de partícula del suelo entre 1,1 y 1,6 aproximadamente.

Generalmente se acepta como muestra seca, una muestra sometida a desecación en un horno, a temperatura de 105°C, aunque en estas condiciones aún mantiene una pequeña proporción de agua de retención.

#### **2.3.1.2.4 Valores característicos del contenido en humedad**

**Grado de humedad:** porcentaje de peso del agua contenida en una muestra, antes de desecarla, respecto al peso de la muestra desecada a 105°C. Se obtiene pesando la muestra antes y después de la desecación y hallando el porcentaje que representa la diferencia entre ambas pesadas respecto al peso de la muestra seca.

**Capacidad de campo:** grado de humedad de una muestra que ha perdido su agua gravífica. Este concepto es de gran importancia en agricultura pues, en la zona de acción de las plantas representa el agua que transcurrido un tiempo (unos .3 días) después de un riego o de una lluvia, queda en el terreno, parte de la cual podrá ser aprovechada por la vegetación para sus funciones biológicas.

**Punto de marchitez permanente:** grado de humedad de un suelo que rodea la zona radicular de la vegetación, tal que la fuerza de succión de las raíces es menor que la de retención del agua por el terreno y en consecuencia, las plantas no pueden extraerla. Al igual que la capacidad de campo, es un concepto puramente agronómico, que juega un importante papel en fenómenos como la evapotranspiración. Se determina en laboratorio siguiendo un método similar al empleado para determinar la humedad equivalente, sometiendo la muestra a presión centrífuga del origen de 15 atmósferas y hallando después su grado de humedad. Su valor real depende del tipo de vegetación que exista sobre el suelo, y solo a partir de experiencias de marchitamiento de plantas podrá obtenerse en cada caso.

**Agua utilizada por las plantas:** las plantas, salvo excepciones como las freatofitas, precisan para vivir, que en su zona radicular exista oxígeno libre, por lo que esta zona no debe estar permanentemente saturada en agua. Por esta razón, el agua gravitacional puede considerarse como perjudicial. Cuando esta agua abandona la zona radicular, penetrando a otras más profundas, la planta toma del terreno el agua capilar suspendida o aislada. El máximo contenido disponible lo señala la capacidad de campo. Existe además un límite inferior en contenido de

agua, a partir del cual las raíces no tienen fuerza de succión suficiente para extraerla y es el punto de marchites permanente anteriormente definido.

Puede considerarse únicamente como agua utilizable por las plantas, la diferencia entre los grados de humedad correspondientes a la capacidad de campo y el punto de marchites permanente. (Citado de la página web <http://www.emunicipios.net.ni> en noviembre del 2007).

### **2.3.1.3 Infiltración**

La infiltración es el proceso de penetración del agua en el suelo, o la velocidad a la cual el agua entra en el suelo es la velocidad de infiltración, la que depende del tipo de suelo, la estructura del suelo, o grado de agregación y del contenido de agua en el suelo (Lewery et al., 1996). El contenido inicial de agua en el suelo, al momento de la medición afecta la capacidad del suelo de absorber agua adicional. Por esto la velocidad de infiltración es mayor cuando el suelo está seco que cuando está húmedo. Este factor es importante al comparar mediciones de infiltración de suelos diferentes. Los suelos deberían tener un contenido de humedad similar cuando se realizan las mediciones.

La labranza afecta la velocidad de infiltración e inmediatamente puede manifestarse una mejor infiltración, debido al aflojamiento de costras superficiales o de zonas compactadas. La labranza afloja el suelo. Sin embargo, la labranza a su vez rompe agregados y deteriora la estructura del suelo creando el potencial para el desarrollo de compactación, encostramiento superficial, y pérdida de poros continuos conectados con la superficie. Suelos compactados poseen menos espacio poroso, lo que determina menores velocidades de infiltración. Suelos que tienden a formar costras superficiales, que sellan la superficie del suelo, pueden presentar velocidades de infiltración severamente aminoradas

Dado que la infiltración esta afectada por el contenido de agua, al momento del muestreo, es importante que el contenido de agua del suelo sea similar cuando se comparan velocidades de infiltración de diferentes sitios. El ensayo de infiltración del equipo de calidad del suelo requiere dos aplicaciones de 1 pulgada consecutivas. La aplicación de la primera pulgada de agua es utilizada para humedecer el suelo, y la segunda pulgada de agua determina el índice infiltración. El procedimiento es un intento de estandarizar los suelos respecto de diferencias en el contenido inicial del agua. La mejor manera de determinar la velocidad de infiltración es cuando el suelo esta cerca de, o a capacidad de campo, usualmente 12 a 48 horas después que el suelo a sido mojado afondo, por ejemplo por una lluvia penetrante o por irrigación.

El régimen de infiltración es sensible a condiciones cercanas a la superficie, y esta sometido a un cambio significativo debido al uso del suelo, el manejo y el tiempo. Esta afectada por el desarrollo de las raíces de las plantas, excavaciones de lombrices, agregación del suelo, y por un incremento general de la materia orgánica estable (Sarrantonio et al., 1996). La infiltración es rápida hacia grandes poros continuos, en la superficie.

#### **2.3.1.4 Resistencia a la penetración del suelo o Compactación**

Se define a la compactación como el aumento de la densidad del suelo como resultado de las cargas o presiones aplicadas al mismo. Su magnitud se expresa como un aumento de la densidad aparente y de la resistencia del suelo a la penetración. Las principales causas de la compactación del suelo son las presiones generadas por el paso de rodados e implementos agrícolas, el pisoteo animal y el reacomodamiento de las partículas de suelo en planteos de trabajo sin laboreo. (Citado de la pagina web <http://www.planetasoja.com> en noviembre del 2007)



Este fenómeno tiene implicancias directas e indirectas sobre el desarrollo de los cultivos, afectando principalmente el abastecimiento de agua y nutrientes a la planta. Altera la capacidad de infiltración de agua, su redistribución en el perfil del suelo, la aireación, la transferencia de calor y el movimiento de nutrientes. La reducción de la tasa de infiltración de agua aumenta las pérdidas por escurrimiento y disminuye la reserva disponible para los cultivos. (Gil, R. 1993).

#### **2.3.1.5 Densidad aparente**

La densidad aparente es definida como la relación entre la masa del suelo secado en horno y el volumen global, que incluye el volumen de las partículas y el espacio poroso entre las partículas. Es dependiente de las densidades de las partículas del suelo (arena, limo, arcilla y materia orgánica) y de su tipo de empaquetamiento. Las densidades de las partículas minerales usualmente se encuentran en el rango de entre 2.5 a 2.8 g/cm<sup>3</sup> mientras que las partículas orgánicas presentan usualmente menos que 1.0 g/cm<sup>3</sup>. La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo. Esta condición puede ser alterada por cultivación, pisoteo de animales, maquinarias agrícolas, y clima, por ejemplo de las gotas de lluvia (Arskead et al., 1996). Estratos compactados del suelo tienen altas densidades aparentes, restringen el crecimiento de las raíces e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo.

La densidad aparente del suelo puede servir como un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces (ver tabla 1). Típicas densidades aparentes del suelo fluctúan entre 1.0 y 1.7 g/cm<sup>3</sup> y generalmente aumentan con la profundidad en el perfil (Arshad et al., 1996). En suelos que contienen altas proporciones de arcillas expandibles las densidades aparentes varían con el contenido del agua, el cual deberían ser medidos al momento del muestreo.

**Tabla 2.** Relación general entre densidad aparente y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo.

Textura del suelo	Densidades aparentes ideales (g/cm <sup>3</sup> )	Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular (g/cm <sup>3</sup> )	Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular (g/cm <sup>3</sup> )
Arena, areno-franco	< 1.60	1.69	> 1.80
Francoarenosa, franco	< 1.40	1.63	> 1.80
Francoarcilla-arenoso franco, franco-arcillosa	< 1.40	1.60	> 1.75
Limosa, franco-arcillosa	< 1.30	1.60	> 1.75
Francolimosa, franco-arcillo-limosa	< 1.40	1.55	> 1.65
Arcillo-arenosa, arcillo-limosa, algunas franco-arcillosas (35-45% de arcilla)	< 1.10	1.39	> 1.58
Arcillosa (>45% de arcilla)	< 1.10	1.39	> 1.47

Fuente. Quintana O. J. (et al., 1992)

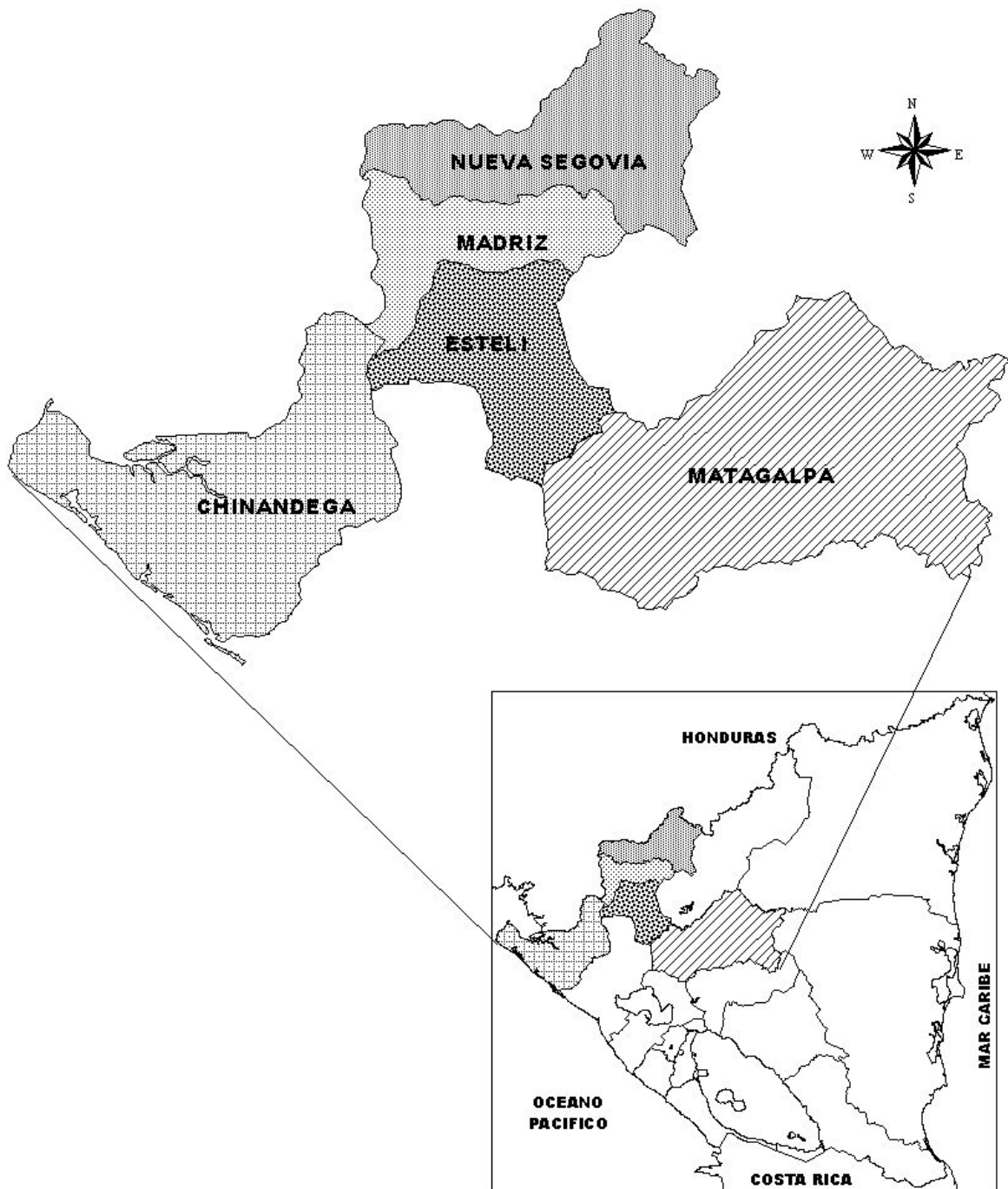
### **III. MATERIALES Y METODOS**

La presente investigación se organizó en dos momentos, con objetivos claros y arreglos metodológicos particulares para cada uno de ellos. El primer objetivo fue evaluar la calidad del establecimiento de las prácticas de CSA y un segundo fue evaluar el efecto de esas prácticas sobre la calidad de los suelos.

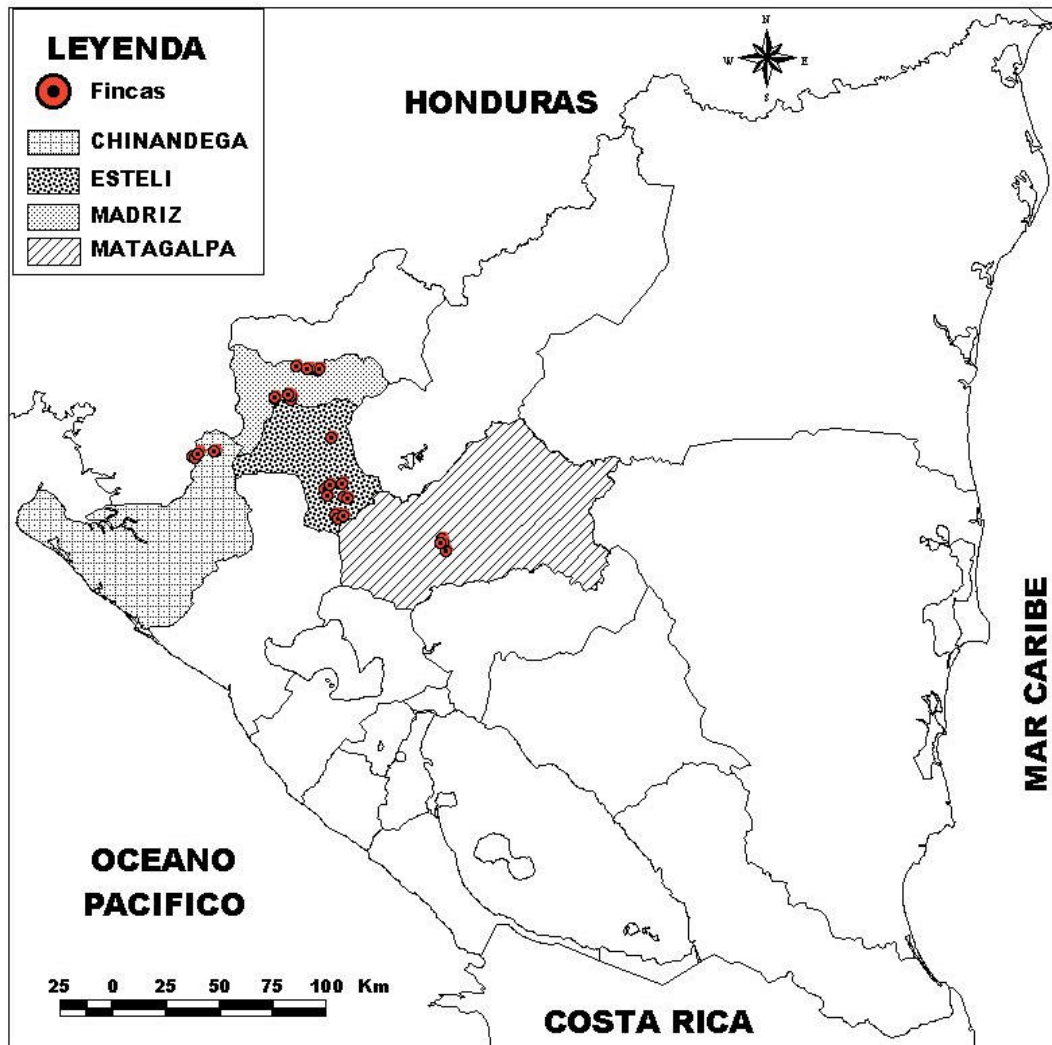
Para lograr este primer objetivo se estableció un diseño metodológico del tipo no experimental ya que los instrumentos metodológicos implementados están orientados a identificar y describir fenómenos de tipo socioeconómico y agro biológicos en el territorio, cuyas causas y efectos ya han ocurrido independientemente de la voluntad y esfuerzos de los investigadores. Esta investigación es descriptiva, de acuerdo a la clasificación de los autores Hernández, Fernández, y Batista (1994); Piura, (2000), ya que no existió manipulación intencional, ni asignación aleatoria de factores objetos de estudio, ya que los sujetos estudiados pertenecen a grupos determinados, por ejemplo las familias productoras que trabajan en asocio con las entidades miembro de PASOLAC y las entidades mismas. Para el segundo se seleccionó una muestra reducida con un diseño estadístico comparativo entre parcelas con conservación de rastrojos y una parcela vecina sin conservación de suelos. Este estudio valora la calidad del establecimiento y efecto de las prácticas de conservación de suelos y agua, utilizando los criterios establecidos en la guía técnica del PASOLAC.

#### **3.1 Descripción del área de estudio**

Este estudio se realizó con siete instituciones que trabajan con PASOLAC en doce municipios ubicados en los departamentos de Estelí, Matagalpa, Madriz, Nueva Segovia y Chinandega (Mapa 1 y 2), donde tienen intervención las instituciones, que promuevan prácticas de manejo sostenible y conservación de suelos y agua.



**Mapa 1.** Ubicación de los departamentos en donde se realizó el estudio calidad de las prácticas Nicaragua, 2007.



**Mapa 2.** Ubicación de las parcelas en donde se realizo muestreo de suelo para evaluar la calidad de estos Nicaragua, 2007.

### **3.1.1 Descripción del departamento de Estelí.**

El departamento de Estelí está ubicado al norte de la capital Managua, a 145 km de distancia. Está dividido en siete municipios: Condega, Palacagüina, Pueblo Nuevo, San Juan de Limay, Regadío, Santa Cruz; La Trinidad y Estelí. Los municipios seleccionados para este estudio fueron La Trinidad y Estelí.

#### **3.1.1.1 Municipio Estelí**

Está ubicado entre las coordenadas 13°07'00" de Latitud Norte y 86°21'36" de Longitud Oeste, con una biotemperatura de 22.95 y con un Índice climático de 0.82 con una zona de vida de bosques muy secos clasificación climática de Holdridge, (1979). La precipitación media anual es de 777.6 mm y una temperatura media anual de 23.2 °C. (INETER, 2007)

#### **3.1.1.2 Municipio La Trinidad**

Está ubicado entre las coordenadas 13°07'00" de Latitud Norte y 86°21'36" de Longitud Oeste, con una biotemperatura de 22.95 y con un Índice climático de 0.82 con una zona de vida de bosques muy secos clasificación climática de Holdridge, (1979). La precipitación media anual es de 777.6 mm y una temperatura media anual de 23.2 °C. (INETER, 2007)

Las precipitaciones tanto para el municipio de Estelí como de La Trinidad, están distribuidas entre Mayo y Octubre, con un período seco conocido como canícula, que va del 15 de Julio al 15 de Agosto. El tipo de suelo es franco arcilloso y las pendientes que se presentan van del 5 al 45% en la mayoría de los terrenos visitados. El sistema de producción está basado en el cultivo de granos básicos, principalmente maíz y frijol.

### **3.1.2 Descripción del departamento de Matagalpa**

El departamento de Matagalpa está ubicado a 143 Km al noreste de la capital Managua. Este se divide en diez municipios: Rancho Grande, La Dalia, Matiguás, Rio Blanco, Muy Muy, San Isidro, Sébaco, Terrabona, Ciudad Darío Matagalpa, San Ramón, San Dionisio, Esquipulas. Los municipios seleccionados para este estudio fueron San Ramón y San Dionisio.

#### **3.1.2.1 Municipio San Ramón**

Está ubicado entre las coordenadas 12°55'24" de Latitud Norte y 85°50'30" de Longitud Oeste, con una biotemperatura de 23.26 y con un Índice climático de 0.82 con una zona de vida de bosque húmedo clasificación climática de Holdridge, (1979). La precipitación media anual es de 1,667.1 mm y una temperatura media anual de 23.4°C. (INETER, 2007)

#### **3.1.2.2 Municipio San Isidro**

Está ubicado entre las coordenadas 12°54'48" de Latitud Norte y 86°11'30" de longitud Oeste, con una biotemperatura de 24.64 y con un Índice climático de 1.85 con una zona de vida de bosque seco clasificación climática de Holdridge (1979). La precipitación media anual es de 781.6 mm y una temperatura media anual de 25.3°C. (INETER, 2007)

Entre los rubros agropecuarios de mayor importancia económica, por la generación de ingresos para las familias de estos municipios tenemos los granos básicos (maíz y frijol), el café y la ganadería. En general los rendimientos son bajos, debido principalmente a la degradación de los suelos. Las pendientes promedios en los terrenos visitados oscilan entre 5 y 40%.

### **3.1.3 Descripción del departamento de Madriz**

El departamento de Madriz está ubicado en la región nor-central entre las coordenadas geográficas 13°11' de latitud norte y 86°04' de longitud oeste a 186 Km al noroeste de la capital Managua. Esta dividido políticamente en 9 municipios; Somoto, Palacagüina, Las Sabanas, San José de Cusmapa, San Lucas, San Juan de Río Coco, Telpaneca, Totogalpa, Yalagüina. De estos municipios se seleccionaron los municipios de Somoto, Yalaguina y Totogalpa.

#### **3.1.3.1 Municipio de Somoto**

Comprendido en lo que se denomina la zona seca del país. Está ubicado entre las coordenadas de 13°12' de latitud norte y 86°05' de longitud oeste. El tipo de clima está clasificado entre las categorías de sabana tropical de altura clasificación climática de Holdridge (1979). La temperatura oscila entre los 23° y 24° C hasta los 32° C, presentándose las más elevadas en los meses de febrero a julio y las más bajas de agosto a enero. Con precipitaciones que van desde 650-800 mm anuales en los municipios más secos hasta los 1200-1400 mm en los más lluviosos.

#### **3.1.3.2 Municipio de Yalaguina**

Está ubicado entre las coordenadas 13° 29' de latitud norte y 86° 30' de longitud oeste, con una zona de vida de sabana tropical de altura clasificación climática de Holdridge (1979). Con una extensión territorial de 53 km<sup>2</sup>, a una altura sobre el nivel del mar que varia de los 500-850m, la temperatura media anual varia entre los 25 y 26 °C con precipitaciones que van de 400-500 mm al año. La principal actividad económica es la agricultura y sus principales rubros son los granos básicos y en menor escala las hortalizas.



### **3.1.3.3 Municipio de Totogalpa**

Está ubicado entre las coordenadas 13°33' de latitud norte y 86°29' de longitud oeste, con una zona de vida de sabana tropical de altura clasificación climática de Holdridge (1979). Con una extensión territorial de 137 km<sup>2</sup> a una altura sobre el nivel del mar de 660.80m. La temperatura media varia entre 23 y 24 °C, con precipitaciones hasta de 600-1000 mm al año.

### **3.1.4 Descripción del departamento de Nueva Segovia**

El departamento de Nueva Segovia está ubicado en la región central de Nicaragua. Esta dividido políticamente en 11 municipios; Ocotol, El jícaro, Ciudad Antigua, Dipilto, Jalapa, Macuelizo, Mozonte, Murra, Quilali, Santa María, San Fernando. De estos municipios el estudio se hizo en Macuelizo.

#### **3.1.4.1 Municipio de Macuelizo**

Está ubicado entre las coordenadas 13°39' de latitud norte y 86°36' de longitud oeste, con una zona de vida de sabana tropical de altura clasificación climática de Holdridge (1979). Con una extensión territorial de 254.59 km<sup>2</sup> a una altura sobre el nivel del mar de 700m. La precipitación media varia entre 24 y 25 °C, con precipitaciones hasta de 1000 mm al año. Las principales actividades son la agricultura y la ganadería, presenta suelos areno-arcillosos y con presencia de cuarzo. Las pendientes son fuertes.

### **3.1.5 Descripción del departamento de Chinandega**

El departamento de Chinandega se localiza en el extremo nor-occidental del país. Tiene una superficie de 4,822.42 km<sup>2</sup>. El departamento está dividido política y administrativamente en 13 municipios, siendo éstos los siguientes: San Pedro del Norte, San Francisco del Norte, Cinco Pinos,

Santo Tomás del Norte, El Viejo, Puerto Morazán, Somotillo, Villanueva, Chinandega la cabecera departamental, El Realejo, Corinto, Chichigalpa y Posoltega. Los municipios seleccionados para este estudio fueron Cinco Pinos, San Francisco del Norte (Cuajiniquilapa) y Santo Tomas del Norte (Nance).

#### **3.1.5.1 Municipio de Cinco Pinos**

Está ubicado entre las coordenadas 13°13' de latitud norte y 86°52' de longitud oeste, con una zona de vida de bosque tropical de sabana clasificación climática de Holdridge (1979). Con una extensión territorial de 60.38 km<sup>2</sup> a una altura de 400 msnm. La precipitación media anual varía entre 885 y 1550 mm y una temperatura media anual de 25 °C.

#### **3.1.5.2 Municipio de Santo Tomas del Norte**

Cuenta con una extensión territorial de 50 km<sup>2</sup>, a una altura de 180 msnm, ubicado entre las coordenadas 13°11' de latitud norte y 86°55' de longitud oeste. Presenta una zona de vida de bosque tropical de sabana clasificación climática de Holdridge (1979). La precipitación media anual varía entre 800 y 1500 mm y una temperatura media anual de 27°C.

#### **3.1.5.3 Municipio de San Francisco del Norte**

Cuenta con una extensión territorial de 121 km<sup>2</sup>, a una altura de 396 msnm, ubicado entre las coordenadas de 13°12' de latitud norte y 86°46' de longitud oeste. Presenta una zona de vida de bosque tropical de sabana clasificación climática de Holdridge (1979). La precipitación media anual varía entre 500 a 2000 mm y una temperatura anual que varía de 27 a 30 °C.

Estos municipios del departamento de Chinandega, presentan topografías muy irregulares siendo zonas quebradas, con elevaciones pronunciadas, suelos rocosos, áridos y muy erosionados. Marcados por una estación seca de 4 a 6 meses que va de Noviembre a Abril.

En los rubros agropecuarios de mayor importancia están los granos básicos (maíz, frijol, sorgo) y el ajonjolí según la zona. Por lo cual los rendimientos son bajos debido al deterioro de los suelos.

### **3.2 Diseño metodológico para evaluar la calidad del establecimiento de las prácticas**

#### **3.2.1 Pasos metodológicos**

- Revisión de fuentes secundarias
- Definición y diseño del estudio
- Diseño de herramientas metodológicas
- Validación de las herramientas metodológicas
- Levantado de la información o fase de campo
- Análisis de los resultados

#### **3.2.2 Revisión de fuentes secundarias**

Para este estudio se consultaron fuentes bibliográficas como; revistas, estudios realizados por las diferentes instituciones sobre la conservación de suelo, adopción de prácticas, libros sobre conservación de suelos, guías técnicas de conservación de suelos y agua y citas de Internet.

### 3.2.3 Definición y diseño del estudio

En este momento se defino los objetivos y las hipótesis del estudio al igual que la metodología utilizada para la recopilación de información en el campo, la cual fue dividida en dos fases.

- 1- Una primera para evaluar la calidad del establecimiento de las practicas de conservación de suelos y agua
- 2- Para evaluar el efecto de las practicas de conservación de suelos y agua sobre la calidad del suelo

El universo de estudio estuvo compuesto por productores y productores apoyados técnicamente por las instituciones seleccionadas. Las instituciones seleccionadas fueron siete, las cuales tienen vinculo con PASOLAC siendo estas las siguientes: Fundación de Investigación y Desarrollo Rural (FIDER), Universidad Campesina (UNICAM), Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Asociación para la Diversificación y el Desarrollo Agrícola Comunal (ADDAC), Organización para el Desarrollo Municipal (ODESAR), Instituto de Promoción Humana (INPRHU), Sociedad Garmendia Jirón Responsabilidad Limitada (SGJRL), (Figura 16 en anexo).

Una vez seleccionadas las siete instituciones, se procedió a seleccionar las prácticas que se evaluaron en el estudio las cuales fueron, las barreras muertas, barreras vivas, acequias y conservación de rastrojos. Los criterios fueron que tuvieran 1-2 años de establecidas y que se encontraran en fase de mantenimiento. Posterior a ello se defino el numero de parcelas a visitar por cada práctica las cuales fueron seleccionadas 5 parcelas o fincas de agricultores durante la primera fase de campo que fue la evaluación de calidad de las prácticas. En el estudio la muestra evaluada fue de 139 parcelas (Tabla 8 y 9 en anexo).

Para la selección de las parcelas se tomaron en cuenta los siguientes criterios.

- Criterios socioeconómicos: medianos y pequeños productores del área rural

- Criterios edafoclimáticos: zonas de laderas, zonas de trópico seco con baja precipitación
- Instituciones que tuvieran vínculo con PASOLAC y que promovieran las prácticas de conservación de suelos y agua.

Los productores fueron seleccionados al azar de listas propuestas por las entidades. La selección de las comunidades donde se realizó el estudio de evaluación de calidad y efecto de las prácticas de conservación de suelos y agua sobre la calidad de los suelos, se basó en los criterios; comunidades dentro del área de intervención de la entidad, localizadas en condiciones de laderas, y tener establecidas las practicas seleccionadas en el estudio.

Para el diseño de los cuestionarios se tomó en cuenta la guía técnica evaluativa de PASOLAC, la cual cuenta con un número de fichas para evaluar la calidad de las prácticas, las que fueron utilizadas para levantar la información que constituye la base de datos.

Para medir el efecto de estas practicas, se seleccionaron 38 fincas de la muestra anterior. Los criterios que se consideraron en este punto fueron, tener un mínimo de tres años de establecimiento para las prácticas estructurales y cinco años mínimos para las prácticas con incorporación de rastrojos. A la vez se selecciono una parcela vecina por comunidad que no tuviera prácticas de conservación alguna, y que permitiera ser el comparador para los análisis estadísticos entre parcelas por comunidad.

Los indicadores de calidad de suelo seleccionados fueron; materia orgánica, captura de sedimentos, infiltración del agua en el suelo, retención de humedad, densidad aparente y resistencia a penetración. En cada parcela se realizó un muestreo por topo secuencias o transectos que permitieran evaluar la calidad o efecto de las prácticas en la parte alta, media y baja de los relieves por parcela.

### **3.2.4 Validación de las herramientas**

Las herramientas usadas para este estudio fueron la guía evaluativa de conservación de suelos y agua PASOLAC, la entrevista semiestructurada, la observación de campo. Una vez estructurados y revisadas las fichas se hizo un taller de apropiación en el que participaron técnicos y productores para validar las herramientas y a la vez dar a conocer la metodología para el levantado de información en el campo (Ficha general en anexo). Este taller tuvo una duración de dos días (25 y 26 de Octubre del 2006), en el departamento de Estelí, se decidió este departamento por ser el mas central de acuerdo a los demás sitios seleccionados para el estudio.

En coordinación con las entidades involucradas en el estudio en este mismo taller se formaron equipos evaluadores propuestos por cada una de las entidades, el cual constaron de tres personas. Donde participaron dos promotores evaluadores, un técnico evaluador, además participó una persona coordinadora del equipo (tesista) y un técnico de la zona a evaluar en carácter de facilitador.

### **3.2.5 Fase de campo (primera etapa)**

El procedimiento a seguir para el levantado de la información en esta primera fase fue similar al de una evaluación participativa por productor (EPP), donde las visitas se hicieron en sucesión no recíprocas, lo que significa que el grupo evaluador atendido por una institución no visitó en su mismo territorio, su trabajo lo hizo en otra zona atendida por otra institución o entidad. Este proceso por entidad se dio en una semana, la cual se realizó en Noviembre del 2006.

### 3.2.5.1 Procedimiento para el llenado de las fichas

1. Antes de ir al campo, se llenó la ficha general con información requerida que no era disponible en el campo (ejemplo altura, precipitación, etc.).
2. En el campo, se llenaron las fichas correspondientes sobre la finca y tecnologías a evaluar con información aportada por el agricultor dueño de la parcela y complementada con información del técnico facilitador
3. Para consolidar la información en el llenado de las fichas se tomó como base la guía técnica evaluativa de tecnologías de MSSA de PASOLOAC
4. El grupo evaluador hizo una evaluación final por tecnología.

Para valorar la calidad de las prácticas se consideraron los criterios de la guía evaluativa de PASOLAC:

- Distanciamiento entre tecnologías establecidas en curvas a nivel (tomando en cuenta la pendiente)
- Cierre/uniformidad de las tecnologías (sobretudo barreras vivas, barreras muertas y acequias)
- Tamaño/medida de obras físicas
- La poda/chapia (frecuencia y forma)
- Siembra: densidad y cobertura del terreno (cultivos de cobertura)
- Combinación adecuada con otras tecnologías
- Condiciones agro ecológicas: elevación, precipitación, textura, profundidad, presencia de piedras, pendiente, y fertilidad del suelo

Los materiales utilizados en esta fase fueron: fichas, cinta métrica, un mecate de 10 m de largo con nudos de 1 m de distancia cada uno para estimar cobertura del suelo, nivel de gota amarrado a una soga para estimar la pendiente, guía evaluativa, calculadora, tabla y cámara.

Las variables a medir para este caso fueron; distanciamiento entre tecnologías establecidas en curvas a nivel, tomando en cuenta la pendiente (entre otros), cierre/ uniformidad de tecnologías (barreras, acequias y diques), poda/ chapia: frecuencia y forma (barreras vivas), tamaño/medida de obras físicas, combinación adecuada con otras tecnologías.

### **3.3 Monitoreo de la calidad de los suelos (segunda fase de campo)**

En esta fase el mismo equipo facilitador que realizó las evaluaciones de calidad de las prácticas en campo, realizó la presente evaluación que permite conocer el efecto de las prácticas de conservación de suelo sobre la calidad de los mismos con un muestreo de suelo el cual se llevo a cabo en la época mas seca del año Abril del 2007. Los indicadores evaluados fueron: captura de sedimento, materia orgánica, Infiltración del agua en el suelo, retención de humedad, resistencia a la penetración o compactación, y densidad aparente. De estos indicadores, la infiltración de agua en el suelo y resistencia a la penetración fueron evaluados en campo, utilizando equipos sencillos (anillos de infiltración de 5 pulgadas de ancho y alto, y un penetrómetro de golpe), y los indicadores materia orgánica, retención de humedad y densidad aparente fueron analizados en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria en Managua.

#### **3.3.1 Captura de sedimentos**

Para evaluar el sedimento retenido en las prácticas estructurales se realizo un muestreo de suelos con el método de huellas dentro del área de captación de las barreras vivas, barreras muertas y acequias, el cual consiste en medir profundidad de sedimento longitud y anchura del mismo, para calcular el volumen conociendo la densidad aparente. Realizadas las mediciones se tomaron muestras de suelo para determinar tanto densidad aparente como humedad. Estas muestras fueron



extraídas de la parte de arriba de las obras físicas, con cilindros de de 80 cm<sup>3</sup>. Una vez obtenidos los datos se calculó la captura total, al igual que la captura por año de sedimentos. En el caso de las barreras se tomo el numero de años de establecimiento y en el caso de las acequias se seleccionó un factor de corrección de 0.3 dado que un 70% de los sedimentos colectados anualmente son devueltos a la parte aguas arribas de la parcela. Durante ese proceso de devolución el suelo queda fácilmente removible por el agua de escorrentía cuando inician las lluvias.

### **3.3.2 Materia Orgánica**

Para el estudio de materia orgánica se realizo un muestre seleccionando tres posiciones en el relieve (parte alta, media, y baja), a tres profundidades de 0-10, 10-20, y 20-30 cm respectivamente. Las muestras fueron extraídas con un barreno y luego se colocaron en una bolsa plástica etiquetadas para ser trasladadas al laboratorio de suelos de la UNA. En este ensayo se muestreó haciendo uso de un barreno de cilindro de 6.5 pulgadas de alto y 3.25 pulgadas de ancho de diámetro, y el método de laboratorio utilizado para determinar materia orgánica fue el procedimiento descrito por Walkley-Black tamizado a 0.5 mm.

### **3.3.3 Infiltración de agua en el suelo**

La prueba de infiltración se realizó en tres posiciones en el relieve (parte alta, media, baja) utilizando anillos de 5 pulgadas (12.7 cm.) de diámetro y altura, con dos replicas por posición. Los que fueron instalados a dos metros de distancia cada uno en forma horizontal. El volumen estimado para una lamina de 2.54 cm. dentro del cilindro fue de 321.8 ml, volumen que se graduó y marco en una botella plástica para agilizar dicha prueba. Para no disturbar la superficie de suelo al momento de verter el agua, se cubrió este con una toalla. De igual manera se

utilizó un formato de campo donde se registró el tiempo que tomaba cada lámina a infiltrar con un reloj o cronometro. La profundidad a que fue enterrado el cilindro fue 2 pulgadas.

### **3.3.4 Retención de humedad**

Para evaluar el efecto de la incorporación de rastrojos sobre el porcentaje de humedad retenido en suelo, se realizó un muestreo de suelo en tres posiciones del relieve (parte alta, media y baja) y en tres profundidades (0-10, 10-20 y de 20 a 30 cm.). Las muestras obtenidas fueron empacadas en recipientes plásticos para ser trasladados al laboratorio de la UNA en Managua. En donde la humedad fue determinada gravimétricamente luego de ser secadas por 48 horas en hornos a 105 grados Celsius. Estas muestras fueron extraídas con cilindros de 80 cm<sup>3</sup> para determinar tanto su humedad como la densidad aparente.

### **3.3.5 Resistencia a la penetración del suelo**

La resistencia a la penetración o compactación del suelo fue evaluada a través del penetrómetro de golpe (Herrick & Jones, 2001). El cual tiene un cono de 2.03 cm. de diámetro y una masa de 2 kg. de peso que recorrió 60 cm. de distancia. En el campo se realizaron tres replicas por posición a profundidades de 0-10, de 10 a 20 y de 20 a 30 cm respectivamente. El numero de golpes determinado por profundidad fueron convertido a mega pascales (MPa), cuyo valor de conversión fue 0.06058 MPa por cada un golpe.

### 3.4 Análisis estadísticos

Para evaluar la calidad con la que están establecidas las practicas de conservación de suelos, se seleccionaron herramientas basadas en cuestionarios o fichas para entrevistas semiestructuradas. La selección de la muestra se hizo al azar, tomando en cuenta la cantidad de productores que trabajan con las entidades seleccionando un total de 5 fincas por práctica y por entidad para una muestra total de 140 fincas. Dicha información se seleccionó y ordenó y posteriormente fue exportada a SPSS (Statistical Package for Sciences Socialites) para el análisis de los datos, obteniendo de esta una base de datos. De esta base de datos se obtuvieron varianza, porcentajes totales, desviación estándar. También se hizo uso del programa SIGMAPLOT y ECXEL para hacer una representación grafica de los resultados y así ayudar a una explicación mas clara. Para estos resultados se partió del área total de los productores, seguido de un estudio de adopción, en la que se incluyó criterios como tiempo de implementación, área con prácticas, número de replicantes y el mantenimiento de las mismas. Seguido se prosiguió a analizar la calidad del establecimiento de las practicas haciendo uso de los resultados obtenidos de las entrevistas.

Para evaluar el efecto de la incorporación de rastrojos sobre la calidad de los suelos, particularmente materia orgánica, humedad, infiltración y resistencia a la penetración, se diseño un experimento cuya unidad experimental fue la parcela agrícola comparada entre agricultores de diferentes localidades y una parcela vecina sin practica de conservación. Esta parcela experimental fue dividida en tres posiciones y sub dividida en tres profundidades para las variables mencionadas. El diseño se aplico a siete parcelas con incorporación de rastrojos y cuatro parcelas comparadoras o vecinos sin conservación de suelo. El diseño es conocido como parcelas divididas de bloques incompletos. El paquete SAS fue corrido para el análisis de varianza ANDEVA- prox mixed, SAS Institute, 2005.

Un segundo diseño fue aplicado para evaluar la captura de sedimentos en las prácticas estructurales. Aquí las unidades experimentales fueron 31 parcelas con

obras estructurales, donde se le midió longitud y área de captación por sedimentos. El análisis estadístico fue basado en comparaciones descriptivas, graficas y coeficientes de variación. Estos datos fueron procesados en el programa EXCEL y Sigma Plot.

Las fincas y parcelas de los productores seleccionados para el muestreo de suelo fueron geo-referenciadas con GPS.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

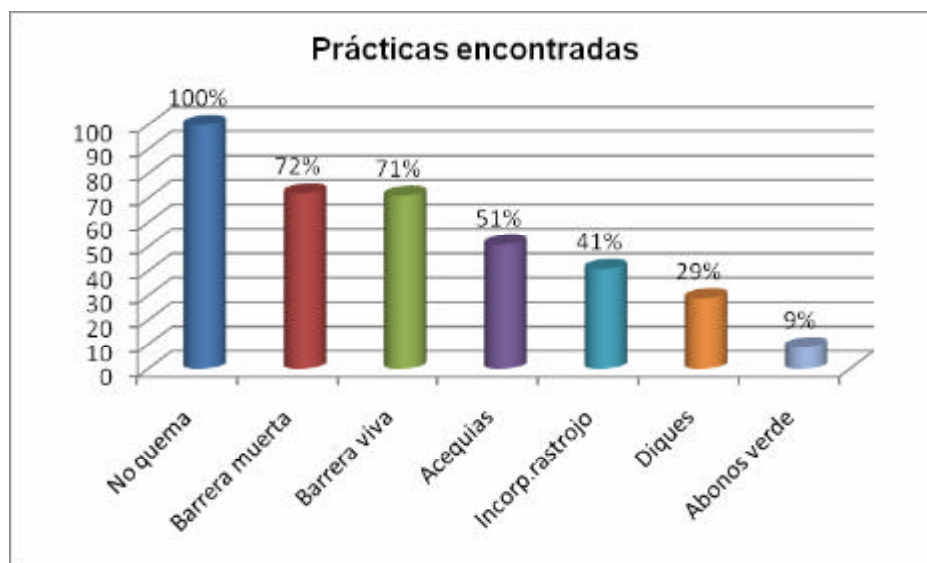
Los resultados del estudio se presentan en dos secciones, (1) la evaluación de la calidad del establecimiento de las prácticas, y (2) el efecto de las prácticas de conservación de suelo sobre la calidad de los mismos. Los que a continuación se documentan:

### **4.1 Evaluación de la calidad del establecimiento de las prácticas de conservación de suelos y agua**

#### **4.1.1 Calidad y manejo de las prácticas de conservación de suelos**

Para este estudio la evaluación de la calidad de una practica de conservación es entendida como la verificación en campo de la implementación de los criterios técnicos y agro ecológicos recomendados en la guía evaluativa de PASOLAC. La cual fue editada en el 2005 y validada por primera vez en este estudio.

Las prácticas de de conservación evaluadas fueron las Barreras muertas, Barreras vivas, Acequias e Incorporación de rastrojos. A demás de estas prácticas en estudio los productores establecen otras como; la no quema, los abonos verdes, lombricultura. De estas las más aceptadas en el área de estudio fueron la no quema, las barreras muertas y las barreras vivas (Figura 2).



**Figura 2.** Prácticas implementadas por los productores beneficiarios de las entidades miembros de PASOLAC, región central norte de Nicaragua, 2006.

En el caso de las barreras muertas los productores las construyen de piedra o rastrojos según el material más abundante en la localidad y las barreras vivas son establecidas con especies que tienen beneficios adicionales como rastrojos, alimentos humanos u otros, entre las especies utilizadas se encontraron:

- ✓ Valeriana (*Vetiver sp* ó *Valeriana officinales*)
- ✓ King grass (*Híbrido entre Penisetum purpureum y Penisetum typhoides*)
- ✓ Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)
- ✓ Piña (*Ananas comosus*)
- ✓ Taiwán (*Pennisetum purpureum*)
- ✓ Zacate limón (*Cymbopogon nardus* ó *Andropogon nardus*)
- ✓ Madero negro (*Gliricidia sepium*)

Por otro lado el proceso de entrevistas con productores permitió identificar que el periodo donde la mayoría de los agricultores (82%) introdujeron las prácticas a las parcelas agrícolas fue entre el 2000 y el 2002 (Figura 3).



**Figura 3.** Numero de productores según año de implementación de las tecnologías.

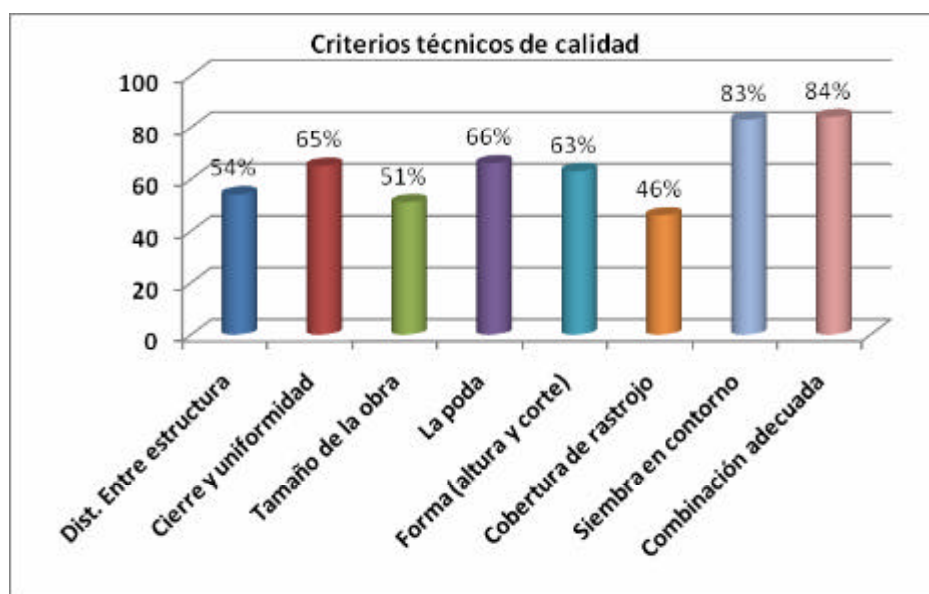
#### 4.1.2 Evaluación de la calidad y manejo de las prácticas de conservación de suelo y agua

La presente evaluación se basó en las observaciones y mediciones de campo que permitiera reconocer la aplicación de los criterios de la guía de PASALOC a la hora de establecer o manejar una práctica de conservación. A nivel general se encontró un manejo de pobre calidad afectado primeramente por un distanciamiento entre estructuras no correspondiente a lo recomendado (54% de la muestra). Estas distancias son mayores a lo recomendado, y esto afecta la eficiencia de la práctica. Otro elemento a observar fue el correcto trazado de las curvas a nivel que no permitiera el cierre de las estructuras. Al respecto un 65% de la muestra tienen un buen trazado, que garantiza mayor eficiencia de las prácticas.

Las dimensiones de la estructura en términos de altura y ancho también fueron corroboradas con las recomendadas en la guía, al respecto se encontró que un

51% de la muestra cumple con este criterio. Lo cual esta relacionado a un mantenimiento pobre de las estructuras, y a un manejo de podas apropiadas. Por ejemplo, únicamente el 66% de la muestra realiza podas frecuentes y un 63% le proporciona la altura correspondiente a dichas podas.

La práctica de incorporación de rastrojos implica obtener más del 75% de cobertura de rastrojo en la superficie del suelo. Al respecto únicamente el 46% de los productores tienen la cobertura deseada. Esto se debe a que mucho de los productores utiliza el área para pastorear ganado. La misma evaluación encontró que el 83% de los productores siembra en contorno y un 84% tiene combinación adecuada de las practicas (Figura 4).

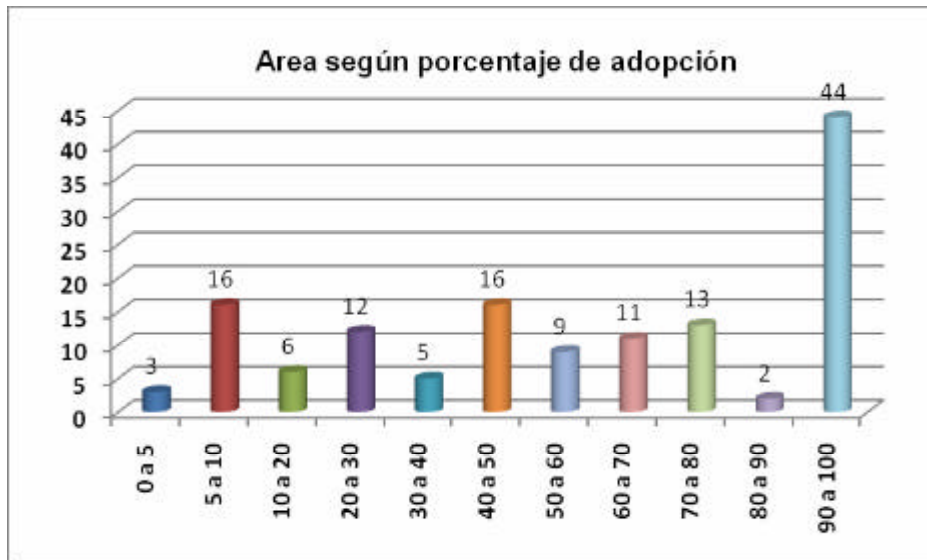


**Figura 4.** Porcentaje de productores que cumplen con la calidad de las prácticas según los criterios establecidos.

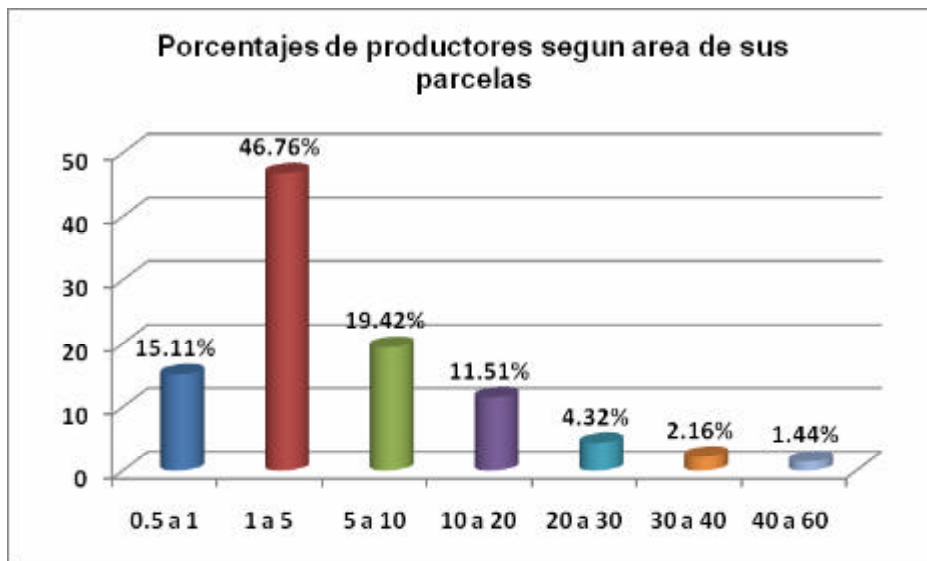


Según los productores el poco ajuste correcto de las prácticas esta asociado al sistema de capacitación o a la poca sistematicidad que reciben por parte de las instituciones. También existen productores que manifestaron tanto haber implementado sus prácticas sin asistencia técnica, como poseer poco tiempo para su mantenimiento. Con respecto a las barreras vivas los agricultores que no podan en el tiempo establecido, es porque podan para forraje y este lo hacen en el momento requerido por el ganado.

Para conocer si la calidad del manejo de las prácticas de conservación corresponde con la cobertura de área se incluyeron dentro de las fichas preguntas relacionadas con la adopción de las prácticas. Adopción expresada en prácticas de mayor preferencia y área agrícola con mayor cobertura de prácticas de conservación. El estudio reporta que únicamente el 32% de los productores tienen sus parcelas agrícolas completamente con prácticas de conservación de suelo (Figura 5). Las prácticas de mayor preferencia resultaron ser la no quema (100%), barreras muertas (72%), barreras vivas (71%), e incorporación de rastrojos (46%). De estas las que presentaron problemas de calidad fueron las barreras muertas y la incorporación de rastrojos. El tamaño promedio de las parcelas en las muestras es de 7.8 manzanas, pero el 47% de ellos se encuentra en el rango de 1 a 5 manzanas (Figura 6).



**Figura 5.** Numero de productores según porcentaje de adopción de tecnologías en las áreas agrícolas, coeficiente de variación 7.35.



**Figura 6.** Porcentaje de agricultores según el tamaño de las fincas, (139 muestras) beneficiarios de las entidades miembros de PASOLAC.

### 4.1.3 Factores que influyen en la calidad del establecimiento

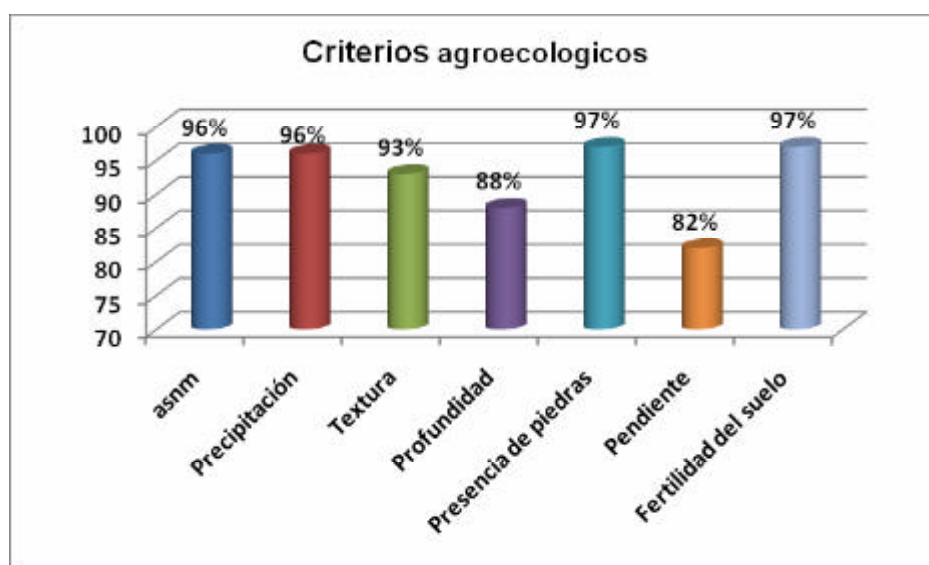
Uno de los factores importantes que influyen en la calidad del establecimiento, es la correspondencia entre los propósitos de los agricultores y el de las prácticas de conservación. De manera general las razones, objetivos o propósitos por lo cual ellos establecen practicas de conservación de suelo y agua, están dirigidos a disminuir la erosión de los suelos, aumentar fertilidad, mantener la humedad y la materia orgánica en el suelo (Figura 7). La integración de dichos objetivos ha sido focalizada a mejorar los rendimientos en las cosechas de maíz y frijol. Al respecto el 98% de los productores afirma haber cumplido sus metas.



**Figura 7.** Porcentaje de productores según el objetivo para implementar las tecnologías de CSA.

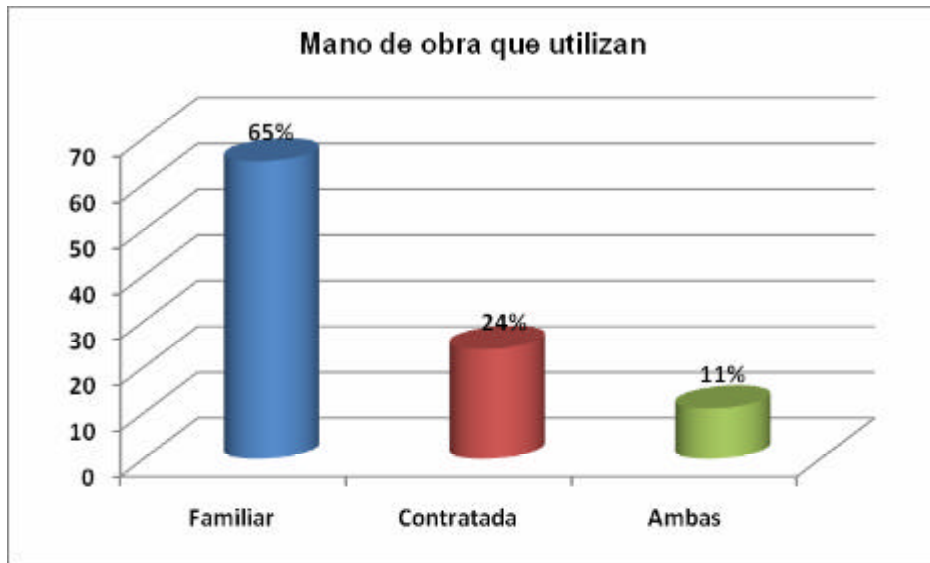
Otro factor que incide en la calidad de la implementación de una práctica es la correspondencia entre las condiciones agras ecológicas del sitio y la demandada por la práctica. El estudio reporta que la mayoría de los agricultores en el estudio toma en cuenta los criterios agros ecológicos (Figura 8). De esta manera un 96% de ellos planta especies y cultivos tomando en cuenta la elevación del sitio y la precipitación promedia local, y un 93% la textura del suelo. También un 97%

toman en cuenta la adaptabilidad de especies al sitio y un 88% la profundidad del suelo, principalmente para prácticas estructurales. En el caso de las barreras muertas de piedras, se encontró que un 97% de los productores cuentan con material suficiente para la construcción y por ultimo se encontró que el 82% de los productores establecen sus prácticas de CSA, tomando en cuenta la pendiente del terreno (Figura 8).

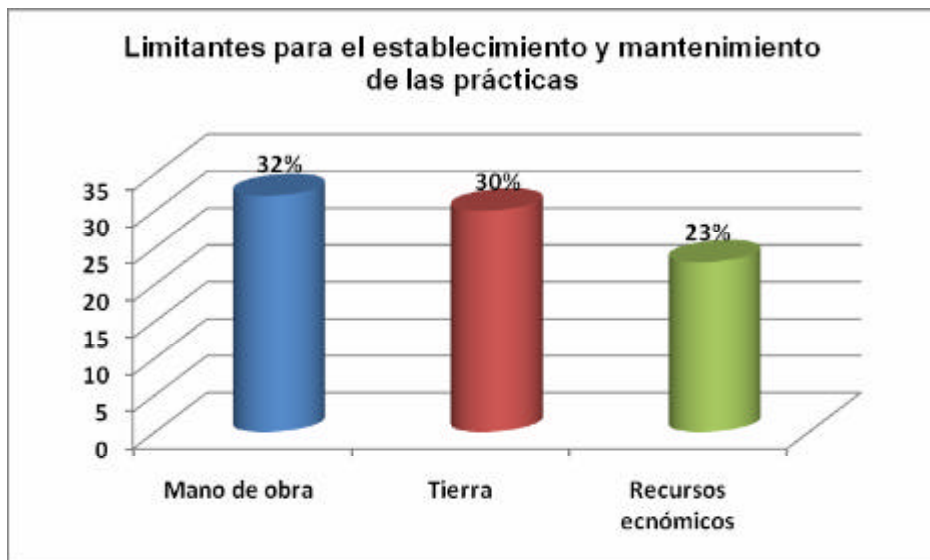


**Figura 8.** Porcentaje de productores que coinciden con las condiciones agroecológicas recomendadas para implementar las tecnologías.

La disposición de suficientes recursos (mano de obra y recursos económicos) es otro factor determinante para lograr una buena calidad de implementación de las prácticas. En general se encontró que el 65% de los productores utilizan mano de obra familiar tanto para el establecimiento como el mantenimiento de las prácticas (Figura 9). Sin embargo existe un 30% de productores que menciono tener limitantes para el establecimiento y mantenimiento, tales como: falta de tierra, mano de obra y la falta de recursos económicos así como se muestra en la figura siguiente (Figura 10).



**Figura 9.** Porcentaje de productores según mano de obra que usan en sus parcelas.



**Figura 10.** Porcentaje de productores según limitantes para implementar las tecnologías.

La implementación de las prácticas de conservación de suelo requiere de un eficiente proceso de capacitación sistemática. Este factor es elemental para que los productores adquieran conocimientos técnicos y métodos sencillos para lograr una implementación exitosa. En este estudio se encontró que el 95% de los productores ha recibido capacitaciones con respecto al tema de conservación de suelo. Sin embargo los productores mencionaron que estas capacitaciones eran muy generales y con mucho contenido teórico, pocas prácticas y poca sistematicidad.

## **4.2 Efecto de las prácticas de conservación de suelos y agua sobre la calidad de los suelos**

### **4.2.1 Sedimentos capturados en las prácticas estructurales**

La introducción de prácticas como barreras vivas, barreras muertas y acequias en las fincas de agricultores, es con el propósito de evitar el arrastre de los suelos, salida de los sedimentos fuera de las parcelas y a la vez retener el agua (percepción de los agricultores). Estas prácticas de conservación fueron introducidas desde hace 15 años aproximadamente en la zona de estudio, y presentaron en general problemas de mantenimiento. En general, las capturas de sedimentos presentaron patrones diferentes por sitios y por practica (Tabla 3). Por ejemplo, en las parcelas de Totogalpa se observaron mayor captura de sedimentos en las barreras vivas comparado con el resto de lugares en estudio (61.40 toneladas por hectárea año). Sin embargo en el municipio de San Tomas del Nance, se observaron mayores capturas de sedimentos en las barreras muertas (14.68 ton/ha/año). Finalmente las practicas de acequias presentaron mayor eficiencia en captura de sedimentos en el municipio de Yalagüina con un promedio de 64.11 ton/ha/año. Estos resultados muestran el grado de asociación entre el tipo de práctica recomendada y la disponibilidad de los materiales locales para establecer y dar mantenimiento a las mismas por parte de los agricultores.

**Tabla 3.** Sedimentos capturados en las practicas de barreras vivas, barreras muertas y acequias, laderas de la región central norte de Nicaragua, 2006.

Práctica	Sitio	Sedimentos (ton/ha/año)	Coficiente de Variación (%)
<b>Barrera viva</b>	Santa cruz	17.96	14.63
	Totogalpa	61.40	
	San francisco del Norte	20.74	
	Estelí	12.40	
<b>Barreras muertas</b>	La trinidad	2.06	12.12
	Santo tomas del Norte	14.68	
	San Dionisio	0.32	
	Totogalpa	12.35	
<b>Acequias</b>	Yalagüina	64.11	11.57
	Totogalpa	8.57	
	Santo tomas del Nance	8.56	
	San Dionisio	21.83	

#### 4.2.2 Conservación de la materia orgánica en las parcelas agrícolas

Los contenidos de materia orgánica en las parcelas bajo estudio fueron significativamente mayores en los primeros 10 cm. de profundidad ( $Pr > F = < .0001$ ) (Tabla 14 en anexo), la cual va decreciendo hasta en un 3% con la profundidad. Por otro lado se observó que la materia orgánica, es depositada y concentrada por la escorrentía superficial y la acción de labranza a las partes bajas del relieve de las parcelas evaluadas ( $Pr > F = 0.052$ ) (Tabla 11 en anexo), cuyos valores de pendientes oscilaron entre 10 y 40 % de pendientes.

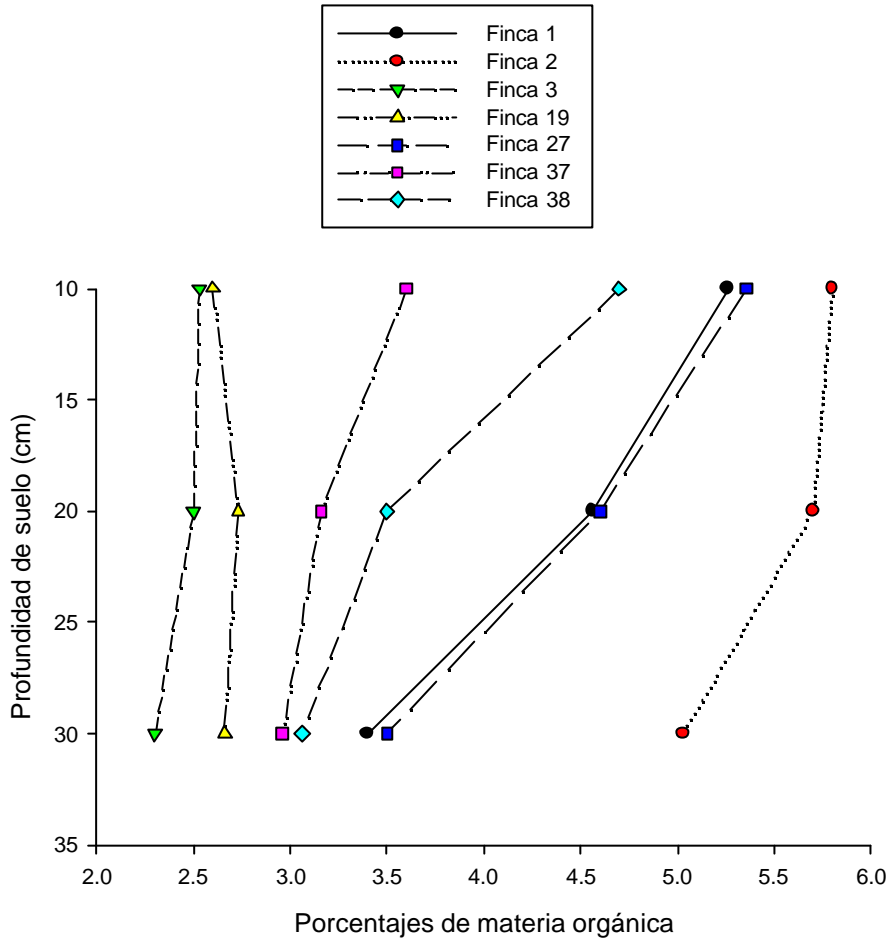
La materia orgánica evaluada a nivel de finca fue afectada significativamente ( $Pr > F = < .0001$ ) en aquellas fincas donde la incorporación de rastrojos es muy baja (valores entre 2 y 3%), dado que dichos rastrojos son utilizado para alimento de ganado en épocas de verano (Figura 8). Esto son los casos de las finca 19 del señor Concepción Montenegro ubicada en la comunidad Tomabú del municipio de Estelí y la finca 3 del señor Miguel Ángel Benavides ubicada en la comunidad el Quebracho del municipio de Estelí. Este bajo porcentaje de materia orgánica puede estar relacionado tanto al pastoreo de ganado en la época seca, la cual no permite una incorporación total del rastrojo, como al alto porcentaje de piedras

existentes en el terreno. Por otro lado, se observaron altos contenidos de materia orgánica en las fincas 2 del señor Celestino Benavides de la comunidad el Quebracho del municipio de Estelí, la finca 27 del señor Dionisio Pérez López de la comunidad Wibuse del municipio de San Dionisio y la finca 1 de la señora Vilma Vílchez de la comunidad el Quebracho del municipio de Estelí, con porcentajes máximos en la superficie que oscilan entre 5.26, 5.80 y 5.3 por ciento respectivamente (Figura 11).

Las parcelas con mayor contenido de materia orgánica logran almacenar hasta 387,249 kg por hectáreas a 30 cm, como es el caso de la finca 2 del señor Benavides y la de menor porcentaje 168,224 kg por hectáreas a 30 cm, como es el caso de la finca 1 de la señora Vílchez. Haciendo comparaciones respecto al contenido de materia orgánica en parcelas sin la práctica de incorporación de rastrojos, se encontró que en algunas parcelas este contenido fue muy bajo, por ejemplo finca 1 y 2, y finca 27, (Tabla 10 en anexo). Sin embargo, en otras fincas no se muestra dicha reducción. Esto está relacionado a los comparadores que presentan diferentes historiales de uso y majo.

Estos niveles de materia orgánica son clasificados de medianos a extremadamente ricos, según la clasificación de Quintana et al., (1992). Resultados que confirman el efecto positivo de la incorporación de rastrojo sobre el incremento para almacenar materia orgánica y su influencia sobre la retención de humedad, fertilidad de suelo y rendimiento de las cosechas. En la figura que a continuación se presenta se muestran el comportamiento de la materia orgánica en cada una de las fincas involucradas en el estudio bajo profundidades.





**Figura 11.** Comportamiento de la materia orgánica a nivel de finca ( $Pr > F = <.0001$ ), a 10, 20 y 30 cm de profundidad ( $Pr > F = <.0001$ ). Nicaragua, 2006.

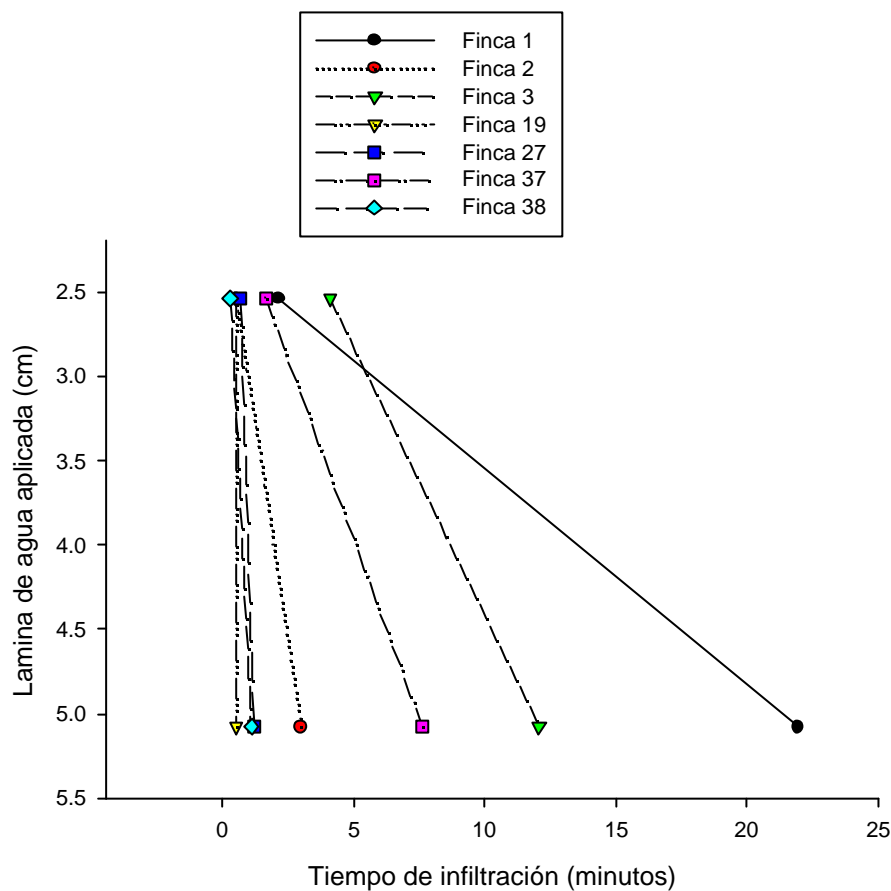
#### 4.2.3 Tasa de infiltración de agua en el suelo

La tasa de infiltración de agua en el suelo es un indicador importante para los productores, dado que nos proporciona idea sobre el tiempo de ocurrencia de la escorrentía superficial a cierta intensidad de lluvia, el volumen de agua disponible para las tanto para las plantas y fuentes de agua sub superficiales (ojos de agua). El presente estudio reporta tasa de infiltración similares a nivel de parcelas, pero significativamente diferentes por lamina aplicada ( $Pr > F = 0.0441$ ) (Tabla 12), ya

que la segunda lamina aplicada encontró un movimiento lento del agua, seguramente asociada a los contenidos de arcilla.

De acuerdo a la posición del relieve en la parte alta la tasa de infiltración fue significativamente mas rápida ( $P > F = 0.0169$ ) por la pérdida de suelo y posiblemente la exposición de materiales no consolidados que presentan diferentes permeabilidades físicas. Sin embargo, en los relieves intermedios y bajos, la tasa de infiltración fue similar, lo que puede estar relacionado a la presencia de mejores condiciones físicas por sedimentos y materia orgánica transportada por la escorrentía superficial. También estas áreas podrían ser menos compactadas por los animales que pastorean en las parcelas (tabla 13 en anexo).

Por otro lado se puede observar que las parcelas en la primera pulgada de agua aplicada no tomaron mucho tiempo para que esta infiltrara, pero para la segunda pulgada el tiempo de infiltración para que el agua infiltrara fue aun mayor (Tabla 17 en anexo). Sin embargo hubo fincas que tanto para la primera como para la segunda pulgada de agua el tiempo fue muy aminorado, lo que implica que son suelos pocos compactados y con gran espacio porosos como lo son las fincas 38, 27, 19 y 2. (Figura 12).



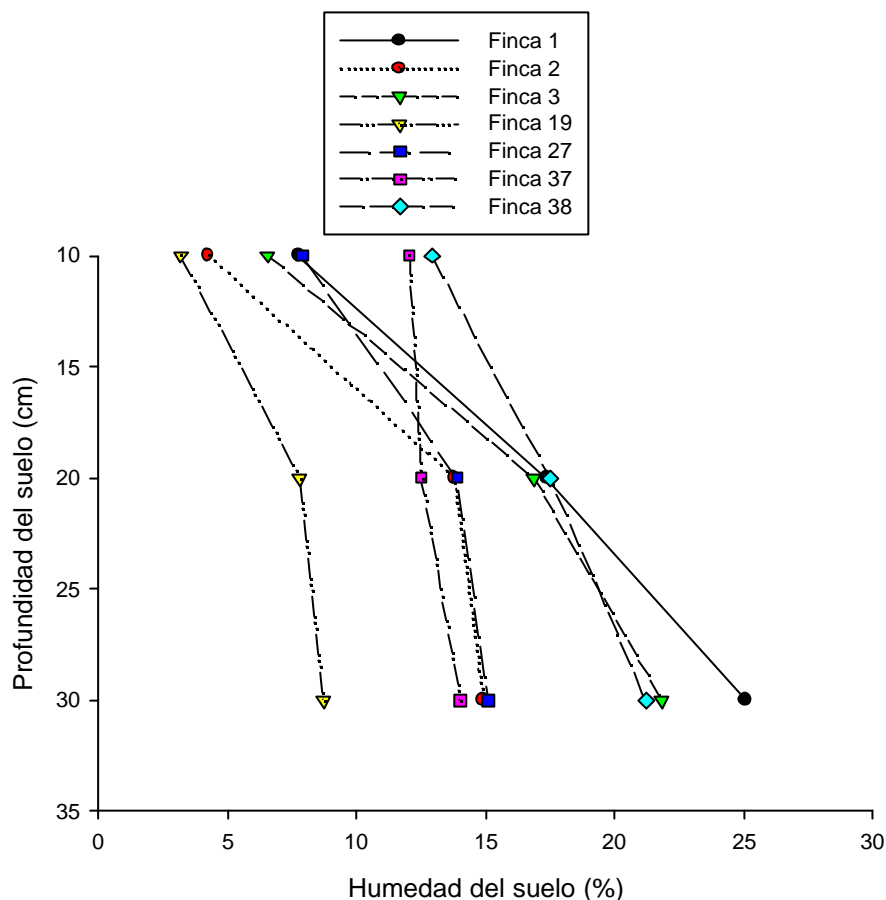
**Figura 12.** Comportamiento de la infiltración a nivel de finca ( $Pr>F= 0.2049$ ) a 10, 20 y 30 cm. de profundidad ( $Pr>F= 0.0441$ ). Nicaragua, 2006.

#### 4.2.4 Porcentaje de humedad en las parcelas agrícolas

La humedad del suelo retenida en las parcelas agrícolas por efecto de la incorporación de rastrojos es la principal fuente de agua para los cultivos en las zonas secas de Nicaragua. A causa de la poca precipitación de la zona y de la irregularidad de esta, los productores han buscado como mantener o incrementar la humedad de los suelos con el establecimiento de prácticas de conservación de suelos, para este caso la incorporación de rastrojos.

A través del análisis de suelo realizado en estas parcelas en la época mas seca del año (abril 2007), y tomado en cuenta tres profundidades se encontró que el porcentaje de humedad en el suelo va aumentando a medida que se profundiza en el terreno, lo que indica que existe menor porcentaje de humedad en la parte superficial del suelo (Tabla 21 en anexo). El análisis de varianza muestra diferencias significativas ( $Pr>F=<.0001$ ) entre fincas y profundidades (Tabla 18 en anexo). Encontrando mayor humedad a la profundidad de 20 a 30 cm, y mayor humedad en la finca (38 del Señor Rafael Lira de la comunidad Zapote del municipio de Somoto). (Figura, 13; Tabla 22).

La humedad en el relieve tiende incrementar 10 y 13 % en las partes bajas del relieve con respecto a la parte media y alta del mismo respectivamente. Zona donde también la materia orgánica incremento hasta un 3% con respecto a las demás posiciones. La mayoría de estas parcelas están en pendientes que van de 10 a 45%, lo que permite que exista mayor retención de agua en la parte baja.

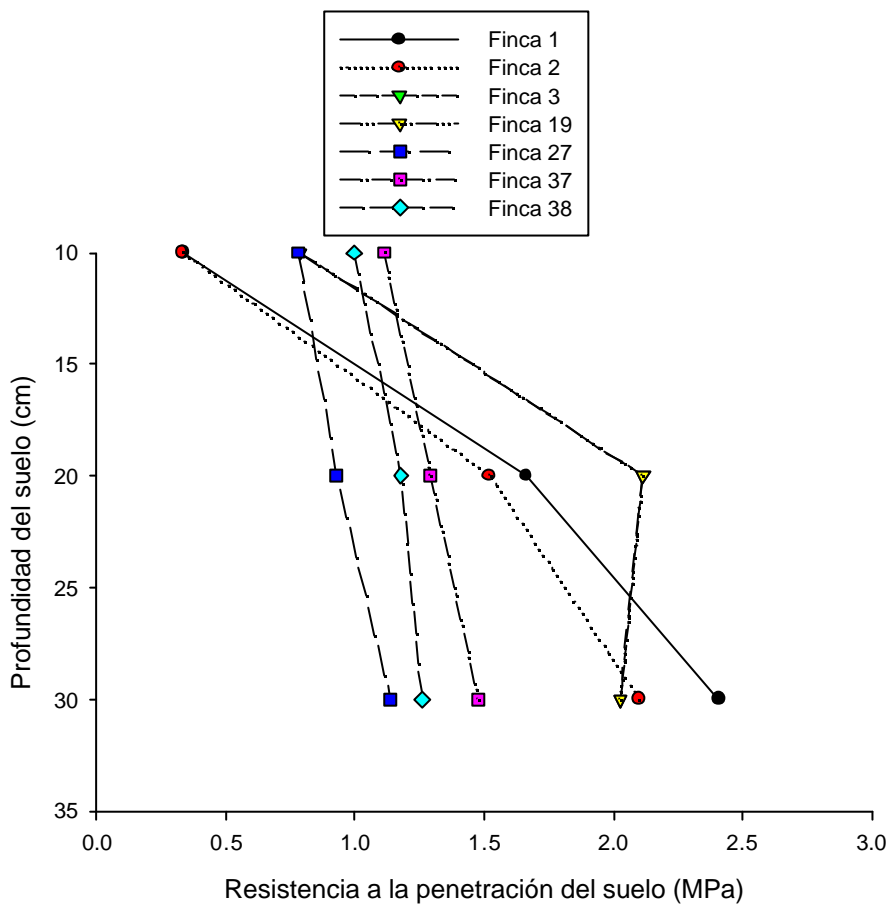


**Figura 13.** Comportamiento de la humedad del suelo a nivel de finca ( $Pr>F=<.0001$ ) a 10, 20 y 30 cm. de profundidad ( $Pr>F=<.0001$ ), Nicaragua, 2006.

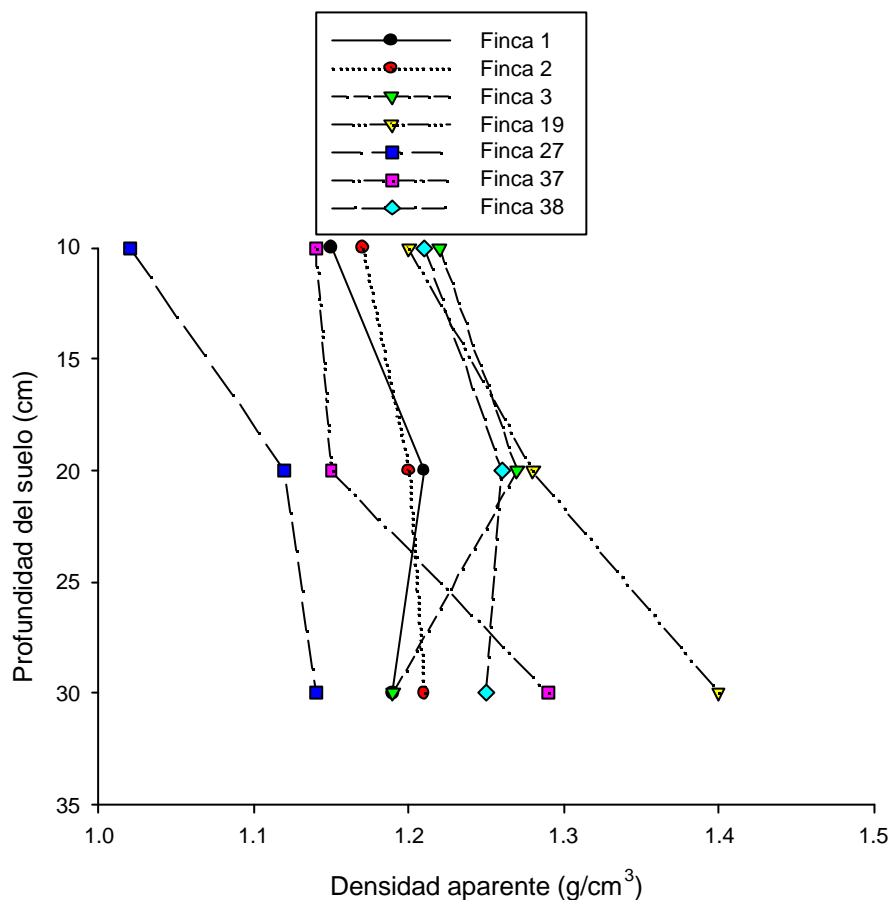
#### 4.2.5 Resistencia a la penetración del suelo o compactación

La resistencia a la penetración esta asociada a los tipos de materiales presentes en el perfil, o el tipo de labranza utilizada. En este estudio las fincas 1, 2 y 3 han sido cultivadas con labranza de bueyes dos veces al año, y la finca 19 presento una capa de roca a los 20 cm. de profundidad. El resto de fincas utilizan el sistema de siembra al espeque. El análisis estadístico muestra un incremento altamente significativo a la penetración ( $Pr>F=<.0001$ ) con respecto a la profundidad (Tabla 24 y 28 en anexo). Fenómeno que esta asociado al incremento de arcilla de manera general y al efecto de la labranza en las fincas 1, 2 y 3 en la superficie. A

nivel de finca la prueba fue difícil en la finca 19 por el alto grado de pedregosidad. (Figura 14; Tabla 25, 26 y 27). Este patrón fue similar al mostrado por la densidad aparente (Figura 15).



**Figura 14.** Comportamiento de la resistencia a la penetración (MPa), a nivel de finca ( $Pr > F = 0.0020$ ), en parcelas cultivadas al espeque y con bueyes, a profundidades de 10, 20 y 30 cm. ( $Pr > F = <.0001$ ).



**Figura 15.** Comportamiento de la densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) en 7 fincas de zonas de laderas a tres profundidades (10, 20 ,30 cm.) con ( $\text{Pr} > \text{F} < 0.8693$ )

Según las categorías establecidas en el manual para describir perfiles de la USDA (2002) para resistencia mecánica, los suelos de las parcelas en estudio son moderadamente compactados. Estas parcelas fueron comparadas con otras que no tienen prácticas de conservación de suelos y parcelas de pasturas degradadas por sobre pastoreo. Encontrándose que las parcelas evaluadas en este las cuales tienen incorporación de rastrojos están menos compactadas que las destinadas a pasturas degradadas.

## V. CONCLUSIONES

- La mayoría de los agricultores (entre 80 y 97%) implementan sus prácticas utilizando criterios agro ecológicos recomendados en la guía de conservación de suelos del PASOLAC, sin embargo, el uso de criterios técnicos fueron menos relevantes para los agricultores ya que únicamente entre 50 – 80% utilizaron estos. Lo cual podría estar asociado al desarrollo de un sistema de capacitación muy general, teórico y poco personalizado.
- La razón principal por el cual los productores establecen prácticas de conservación de suelos y agua en sus parcelas, es para evitar el arrastre de los suelos inducida por el agua de escorrentía superficial.
- La práctica de conservar rastrojos logra conservar los contenidos de materia orgánica en los suelos, los que en algunos casos son reducidos hasta un 3% por procesos erosivos. Los factores de dicha conservación o pérdida acelerada no fueron evaluados en el presente estudio, sin embargo, de acuerdo a testimonio de los agricultores, esta práctica incrementa los rendimientos hasta un 100% en granos básicos, e incrementa la humedad en el suelo hasta un 10%.
- La captura de sedimentos obtenida en las prácticas estructurales beneficia al agricultor por retener agua y sedimentos ricos en materia orgánica, esta retención alcanzó hasta 64.11 toneladas por hectáreas al año, cuyo comportamiento fue diferente por sitios, fincas y prácticas.
- El potencial de escorrentía superficial tiende a disminuir a medida que las tasas de infiltración aumentan, la primera lámina de infiltración fue muy rápida por la condición baja de humedad superficial y un poco mas lenta en la segunda lamina, esta tasa de infiltración aumenta con los contenidos de materia orgánica presente en parcelas con rastrojos incorporados.
- La introducción de prácticas de conservación de suelos en las fincas inicia con la no quema de residuos de cosecha, la cual logra conservar la materia orgánica en el suelo y reduce el uso de productos agroquímicos que contamina el ambiente.



## **VI. RECOMENDACIONES**

- Es necesario que las entidades que trabajan en ASEL desarrollen una línea base que permita monitorear y evaluar el impacto de las prácticas de conservación de suelo y agua al corto, mediano y largo plazo.
- Seleccionar participativamente grupo de indicadores de calidad de suelo que acompañen los estudios de aceptabilidad y adopción.
- Aprovechar eficientemente los estudios de aceptabilidad de las prácticas promovidas para mejorar ajustes y estrategias de proyectos futuros.

## VII. BIBLIOGRAFIA

Barreto, H. 1996. Atlas digital de Nicaragua. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Laderas Proyecto. Tegucigalpa, Honduras. P5

CIMMYT, La adopción de tecnologías agrícolas: Guía para el diseño de encuestas. 88 Pág.

Doran, J. (2000) Soil, Food and People Conference. University of California, March, 2000

Doran, J.W., and Jones, A.J. (1996) Methods for Assessing Soil Quality. *Soil Sci. Soc. Ame., Inc.* Madison, Wisconsin, USA. Publication number 49., 410 pp

Doran, J.W., and T.B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. P. 3-21 *In* J.W. Doran et al. (ed) Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. Puubli. 35. SSSA, Madison, WI.

Foster, Albert Beryl. 1967. Métodos aprobados en conservación de Suelos. México, Trillas 411 Pág.

Gil, R., Bragachini, M., Bongiovanni, R., Bonetto, L., Capítulo Compactación del suelo, pg 9-39, de la obra " Sistemas de Traslado de Equipos de Cosecha para reducir la Compactación", Diciembre 1.993.- Proyecto PROPECO.

Herrick E.J y Jones T.L A Dynamic Cone Penetrometer for Measuring Soil Penetration Resistance. Revised September, 2001. Accepted for publication in the Soil Science Society of America Journal December, 2001.

Hernández, S. R.; Fernández, C. C & Batista, L. P. Metodología de la

Investigación. Segunda edición, editorial Panamericana Formas e Impresos S.A. 1994. Colombia. 504 p.

Lal, R. 1996. Métodos y normas para evaluar el uso sostenible de los recursos suelo y agua en el trópico. SMSS Monografía Técnica No 21. Traducción autorizada por el Dr Rattan Lal y efectuada por investigadores del Plan Nacional de algodón, integrantes del Grupo de investigación en Manejo integrado de suelos y aguas. Centro de Investigación Nataima, CORPOICA, Regional seis Espinal, Tolima, Colombia.

Lal, R.; Blum, W.E.H.; Valentine, C.; Stewart, B.A. Methods for assessment of soil degradation. CRS Press, Boca Raton, New York, USA. 16pp.

Larson, W.E., and F.J. Pierce, 1994. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. p. 37-51. *In* J.W. Doran et al. (ed) Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. Puubli. 35. SSSA, Madison, WI.

Obando, E. M., Montalvan, D., y Roman, R. (1992). Análisis técnico-económico de los proyectos de conservación de suelos. Santa Lucia, cuenca sur del lago Xolotlan y los maribios. Editado por el ministerio de agricultura y ganadería. Managua, Nicaragua, enero 1992.

PASOLAC Serie Técnica 7/2006, Doc. N° 499. Guía para la elaboración de estudios de adopción de tecnologías de manejo sostenible de suelos y agua. Nicaragua.

PASOLAC Serie Técnica 17/99, Doc. N° 241. Guía Técnica de conservación de Suelos y Aguas. Nicaragua

PROYECTO LUPE RRNN. Diciembre 1993. Manual practico de manejo de suelos en laderas. Tegucigalpa Honduras.

Piura, L. J. Introducción a la metodología de la investigación científica. Cuarta Edición. Centro de Investigaciones y Estudios de la salud, CIES. Managua, Nicaragua. 2000. 184 p.

Quintana, O. J. (1992). Manual de fertilización para suelos de Nicaragua. Managua, Nicaragua 1992.

Smyth. A. J and J. Dumanski. 1993. FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management. World Soil Resources Report No 73. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

USADA 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Washington, DC 20250-9410

USDA (2002) Field book for describing and sampling soil. Version 20. National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of agriculture Lincoln, Nebraska.

<http://www.planetasoja.com/trabajos/trabajos800.php?id1=15910&idSec=38&publi>

<http://www.miliarium.com/Proyectos/EstudiosHidrogeologicos/Memoria/Suelos/suelos2.asp>

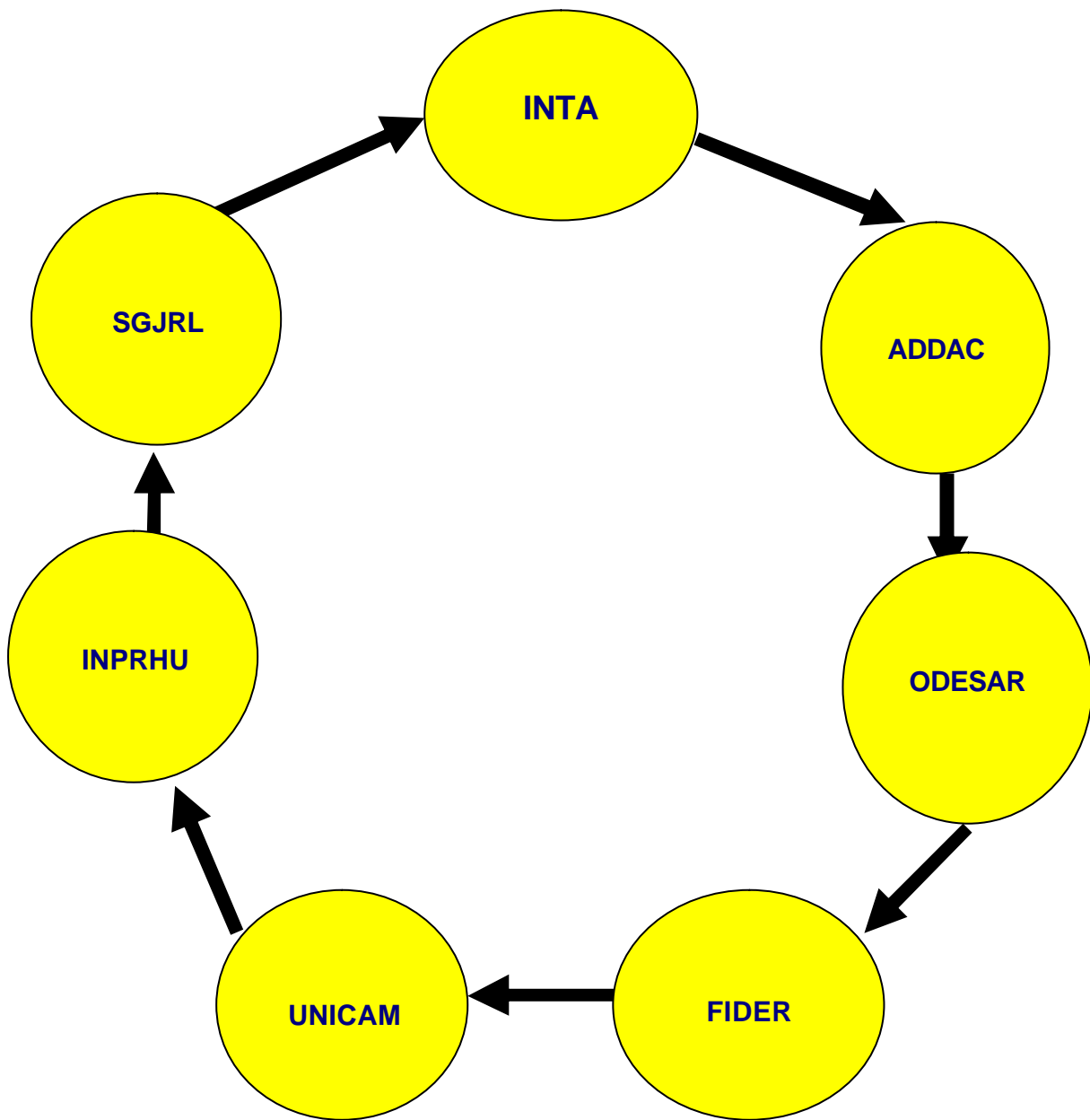
[http://www.emunicipios.net.ni/SITE/emunicipio/files/254\\_Mon%20Mar%2026%2014:18:53%20CST%202007\\_totogalpa.html;jsessionid=BAFB3FB070B8DB0C1DA7810017EE733B](http://www.emunicipios.net.ni/SITE/emunicipio/files/254_Mon%20Mar%2026%2014:18:53%20CST%202007_totogalpa.html;jsessionid=BAFB3FB070B8DB0C1DA7810017EE733B)

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema02/transf.htm>

<http://www.centa.gob.sv/html/ciencia/otrainformacion/forestal/barrerasvivas.html>

<http://www.fao.org/ag/>

X. ANEXO



**Figura 16.** Esquema de visitas para evaluar la calidad de implementación de las prácticas de conservación de suelos y agua.

**Tabla 4.** Lista de productores visitados para evaluar calidad de las prácticas.

ENTIDAD	PRODUCTORES	COMUNIDAD	TECNOLOGIA
<b>ADDAC</b>	Cristino Sánchez	San Pablo	Barrera Muerta
	Claudio García Díaz	El Horno	Barrera Muerta
	Benita García	El Horno	Barrera Muerta
	María Ignacia López	El Horno	Barrera Muerta
	Josefa Estrada	Aldea	Barrera Muerta
	María Claudia García	El Horno	Barrera Viva
	Justo Pastor López	San Juan	Barrera Viva
	Pedro José Hernández	San Juan	Barrera Viva
	Carla Sánchez Hernández	Aldea	Barrera Viva
	Juan Tercero González	Aldea	Barrera Viva
	Aurelio Rodríguez	El Horno	Incorporación de Rastrojo
	Cruz Antonio	El Horno	Incorporación de Rastrojo
	Santos Sánchez	Naranjo	Incorporación de Rastrojo
	Juan Díaz Polanco	Naranjo	Incorporación de Rastrojo
	Paulino Dávila	Naranjo	Incorporación de Rastrojo
	Alfredo Suárez Gutiérrez	San Pablo	Acequias
	Agustina Sánchez	San Pablo	Acequias
	María del Carmen Sánchez	San Pablo	Acequias
	Félix García	San Pablo	Acequias
	Marcelino Díaz Palacios	El Horno	Acequias
<b>ODESAR</b>	Rogelio Ochoa	Zapote	Barrera Muerta
	Reyna García	Chile	Barrera Muerta
	Claudio Aráuz	Susuli	Barrera Muerta
	Rafaela Zamora	Zapote	Barrera Muerta
	Doroteo Pérez	Carrisal	Barrera Muerta
	Omar Velásquez	Chile	Barrera Viva
	Sara Ochoa	Zapote	Barrera Viva
	Danilo García	Susuli	Barrera Viva
	Pastora Flores	Susuli	Barrera Viva
	Rosario Castro	Susuli	Barrera Viva
	Simón Ramos Godines	Zapote	Incorporación de Rastrojo
	Dionisio Pérez	Wibuse	Incorporación de Rastrojo
	Eleodoro Salgado	Susuli	Incorporación de Rastrojo
	Dionisio Mendoza	Susuli	Incorporación de Rastrojo
	Serapio Granado	Wibuse	Incorporación de Rastrojo
	Higinio Blandin	Wibuse	Acequias
	Juan Ochoa	Zapote	Acequias
	Clarisa Ochoa D	Zapote	Acequias
	José Luis Ochoa Salgado	Zapote	Acequias
	Mercedes Tercero	Susuli	Acequias

**Tabla 4. Continuación**

<b>UNICAM</b>	Pantaleón Rivera	Chagüite Blanco	Barreras Muertas
	Enrique González	Chagüite Blanco	Barreras Muertas
	Silverio Castillo	Bonote	Barreras Muertas
	Lucia Dávila	Bonote	Barreras Muertas
	Alberto González	Las Pencas	Barreras Muertas
	Rogelio Villareyna	Sontule	Barreras Vivas
	Francisco Acuña	Sontule	Barreras Vivas
	Agenor González	Sontule	Barreras Vivas
	Isidro Zeledón	Chagüite Largo	Barreras Vivas
	Pedro Zavala	Chagüite Largo	Barreras Vivas
	José Santos Torres M	Zapote	Incorporación de Rastrojo
	José Torres Vásquez	Zapote	Incorporación de Rastrojo
	Marvin Carrasco	Zapote	Incorporación de Rastrojo
	Rafael Lira Vellori	Zapote	Incorporación de Rastrojo
	Trinidad Espinoza	Zapote	Incorporación de Rastrojo
	Macario Sandoval	Calabacera	Acequias
	Isidoro Sandoval	Calabacera	Acequias
	Francisco Jiménez	Guasure	Acequias
	Camilo Colindrez	Guasure	Acequias
	Alfredo Sánchez	Jicarito	Acequias
<b>FIDER</b>	Catalina Cruz Centeno	Tomatal	Barreras Muertas
	Eleuterio Cruz Centeno	Tomatal	Barreras Muertas
	Genara Cruz Centeno	Tomatal	Barreras Muertas
	Efraín Moreno Dávila	Lomas	Barreras Muertas
	Luis Enrique Jiménez	Lomas	Barreras Muertas
	Vicente Velásquez	Sabana Larga	Barreras Vivas
	Víctor Manuel Velásquez	Sabana Larga	Barreras Vivas
	José Ángel Velásquez	Sabana Larga	Barreras Vivas
	Carlos Alberto Ruiz	Ocotillo	Barreras Vivas
	Cándida Calderón	Plancito	Barreras Vivas
	Vilma Vilchez Castillo	Quebracho	Incorporación de Rastrojo
	Teodulo Castillo M	Quebracho	Incorporación de Rastrojo
	Celestino Benavides	Quebracho	Incorporación de Rastrojo
	Miguel A Benavides	Quebracho	Incorporación de Rastrojo
	Andrés Castillo (NO)	Quebracho	Incorporación de Rastrojo
	Cecilio Ponce	Quebrada Arriba	Acequias
	Federico Cruz Tercero	Quebrada Arriba	Acequias
	Benigno Cruz	Quebrada Arriba	Acequias
	Miguel Inestroza	Quebrada Arriba	Acequias
	Natividad Talavera	Cerro Grande	Acequias

**Tabla 4. Continuación**

<b>INTA</b>	Saturnino Pauth	Rosario Arriba	Barreras Muertas
	Cristino Pauth	Rosario Arriba	Barreras Muertas
	Denis Laguna	Rosario Arriba	Barreras Muertas
	Magdaleno Pauth	Rosario Arriba	Barreras Muertas
	Ricardo Pauth	Rosario Arriba	Barreras Muertas
	Herminia Centeno	Concepción	Barreras Vivas
	Marlene Torres	Concesión	Barreras Vivas
	Zoila Lanuza	Concepción	Barreras Vivas
	Mario Salgado	Concepción	Barreras Vivas
	Francisco Salgado	Concepción	Barreras Vivas
	Clementina Sánchez	Tomabu	Incorporación de Rastrojo
	Concepción Montenegro	Tomabu	Incorporación de Rastrojo
	Marcelino Centeno	Tomabu	Incorporación de Rastrojo
	Roberto López José Centeno	Tomabu Tomabu	Incorporación de Rastrojo Incorporación de Rastrojo
	Soraya Quezada	Mechapa	Acequias
	Alcides Quezada	Mechapa	Acequias
	Donell Quezada	Mechapa	Acequias
	Juan Dávila	Mechapa	Acequias
	Jesús González	Mechapa	Acequias
<b>SGJRL</b>	Ramón Rodríguez Carrasco	Ojo de agua	Barreras Muertas
	Luis Ríos Soriano	Ojo de agua	Barreras Muertas
	Ramón Cárdenas Ríos	Ojo de agua	Barreras Muertas
	Matilde Ramos Moran	Granadillo	Barreras Muertas
	Kenidit Raúl Cárdenas	Ojo de agua	Barreras Muertas
	Santos Alberto Garache	El Pavón	Barreras Vivas
	Moisés Ochoa Rivera	El llano	Barreras Vivas
	Florencio A Andrade	Nancital # 2	Barreras Vivas
	Juan Simón Amador	Nancital # 2	Barreras Vivas
	Javier Moran Soriano	El Espino	Barreras Vivas
	Alejandro Cruz	Ojo de agua	Acequias
	Harbin Varela Andrade	Granadillo	Acequias
	Cleotilde López Andrade	Granadillo	Acequias
	Modesta Moran Unera	Granadillo	Acequias
	Rosalba López Andrade	Granadillo	Acequias
<b>INPRHU</b>	Bernabé Aguilar	Cujilica	Barrera Muerta
	José Armando Aguilar	Cujilica	Barrera Muerta
	José Julián López	Chilca # 2	Barrera Muerta
	Eusebio Talavera	Quebrada grande	Barrera Muerta
	Mauricio González	Chilca # 2	Barrera Muerta
	Adolfo Gómez López	Chilca # 1	Barrera Viva
	Vicente Vallecillo	Matazano	Barrera Viva
	Trinidad Talavera	Quebrada grande	Barrera Viva
	German López Gómez	Quebrada grande	Barrera Viva
	Marcos Pérez	Chagüite	Barrera Viva
Felipe Maitines	Matazano	Acequias	



	Andrés Dávila	Chagüite	Acequias
	Pedro López Aguilar	Chilca # 1	Acequias
	Santiago Martínez	Minas	Acequias
	José Cruz	Chilca # 2	Acequias

**Tabla 5.** Lista de productores visitados para evaluar calidad de suelos.

DEPARTAMENTO	PRODUCTORES	COMUNIDAD	TECNOLOGIA
<b>MATAGALPA</b>	Rogelio Ochoa	Zapote	Barreras Muerta
	Rafaela Zamora	Zapote	Barreras Muerta
	Dionisio Pérez	Wibuse	Incorporación de Rastrojo
	José Luis Ochoa	Zapote	Acequias
<b>CHINANDEGA</b>	Juan Simón Amador	Nancital # 2	Barreras Vivas
	Florencio A Andrade	Nancital # 2	Barreras Vivas
	Ramón Rodríguez Carrasco	Ojo de agua	Barreras Muertas
	Ramón Cárdenas Ríos	Ojo de agua	Barreras Muertas
	Harbin Varela Andrade	Granadillo	Acequias
	Cleotilde López Andrade	Granadillo	Acequias
	Matilde Ramos Moran	Granadillo	Barreras Muertas
<b>MADRIZ</b>	Marvin Carrasco	Zapote	Incorporación de Rastrojo
	Rafael Lira Vellori	Zapote	Incorporación de Rastrojo
	Federico Cruz Tercero	Quebrada Arriba	Acequias
	Natividad Talavera	Cerro Grande	Acequias
	Benigno Cruz	Quebrada Arriba	Acequias
	Andrés Dávila	Chagüite	Acequias
	Santiago Martínez	Minas	Acequias
	Trinidad Talavera	Quebrada grande	Barrera Viva
	German López Gómez	Quebrada grande	Barrera Viva
	Marcos Pérez	Chagüite	Barrera Viva
	Eusebio Talavera	Quebrada grande	Barrera Muerta
<b>ESTELI</b>	Celestino Benavides	Quebracho	Incorporación de Rastrojo
	Miguel A Benavides	Quebracho	Incorporación de Rastrojo
	Vilma Vilchez Castillo	Quebracho	Incorporación de Rastrojo
	Concepción Montenegro	Tomabu	Incorporación de Rastrojo
	Magdaleno Pauth	Rosario Arriba	Barreras Muertas
	Genara Cruz Centeno	Tomatal	Barreras Muertas
	Silverio Castillo	Bonote	Barreras Muertas
	Alberto González	Las Pencas	Barreras Muertas
	Efraín Moreno Dávila	Lomas	Barreras Muertas
	Lucia Dávila	Bonote	Barreras Muertas
	Vicente Velásquez	Sabana Larga	Barreras Vivas
	Víctor Manuel Velásquez	Sabana Larga	Barreras Vivas
	José Angel Velásquez	Sabana Larga	Barreras Vivas
	Rogelio Villareyna	Sontule	Barreras Vivas
	Francisco Acuña	Sontule	Barreras Vivas
Agenor González	Sontule	Barreras Vivas	

## Ficha General

Nombre del productor \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Departamento \_\_\_\_\_  
Municipio \_\_\_\_\_

Comunidad \_\_\_\_\_

Tamaño de la Finca \_\_\_\_\_

Área cultivada \_\_\_\_\_

Área bajo MSSA \_\_\_\_\_

Tecnología \_\_\_\_\_

Rubros Principales \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nombre de Evaluadores

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Nombre de la entidad \_\_\_\_\_

Nombre del técnico \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Nombre de las tecnologías de MSSA	Año de establecimiento	Área				Fuente de tecnología	
		Inicio	Actual	Ganancia	Perdida	De donde y cuando conoció esta tecnología	De quien obtuvo semilla, material, etc.

Problema a resolver/ Objetivo del productor	La tecnología cumplió con los objetivos ( Si/ Poco/ No)	Porque

Mano de obra para	Recursos suficientes para cubrir demanda: Poner "Si" "No" "Parcialmente" Porque	En caso de recursos no suficientes: Como ha afectado la calidad de la tecnología de MSSA
Insumos/ Materiales		

Nombre de las tecnologías de MSSA	Año de establecimiento	Área				Fuente de la tecnología	
		Inicio	Actual	Ganancia	Perdida	De donde y cuando conoció esta tecnología	De quien obtuvo semilla, material, etc.

Problema a resolver/ Objetivo del productor	La tecnología cumplió con los objetivos ( Si/ Poco/ No)	Porque

Sobre que tema ha recibido capacitación	La capacitación le sirvió para implementar la tecnología "Si " "Poco" "No", porque	Que conocimientos le faltan para establecer y mantener la tecnología con buena calidad

**Ficha 5.1: Calidad de implementación de Barreras Vivas**

Especie: \_\_\_\_\_

Cultivo principal: \_\_\_\_\_

1) Criterio	Implementación		4) Actual coincide con lo ideal (Si/No)	5) Si no coincide, porque? (Valoración del productor)
	2) Actual	3) Ideal		
Distanciamiento entre barreras según pendiente de: _____%				
Cierre y uniformidad de barreras (densidad de siembra)				
Poda/Chapia -Frecuencia  -Forma (altura, tipo de corte, etc.)				
Combinación adecuada con otras tecnologías				
Otro (especificar)				
Valoración final del equipo evaluador				

- 1) Ver cuadros de criterios técnicos para barreras vivas.
- 2) No aplica para algunas tecnologías (Ej. Barrera viva de piña)

### **Ficha 5.5: Calidad de implementación de Obras físicas**

Tipo de obra: \_\_\_\_\_

Cultivo principal: \_\_\_\_\_

1) Criterio	Implementación		4) Actual coincide con lo ideal (Si/No)	5) Si no coincide, porque? (Valoración del productor)
	2) Actual	3) Ideal		
Distanciamiento entre obras según pendiente de: _____%				
Tamaño de la obra				
Cierre/uniformidad etc. de la obra (todo lo que tiene que ver con mantenimiento)				
Combinación adecuada con otras tecnologías				
Otro (especificar)				
Valoración final del equipo evaluador				

- 1) Ver cuadros de criterios técnicos para obras físicas
- 2) Aplica para barreras muertas, camellones, acequias, diques

**Ficha 5.6: Calidad de implementación de Sistemas de labranza/manejo de rastrojos**

Especie:

---

Cultivo principal:

---

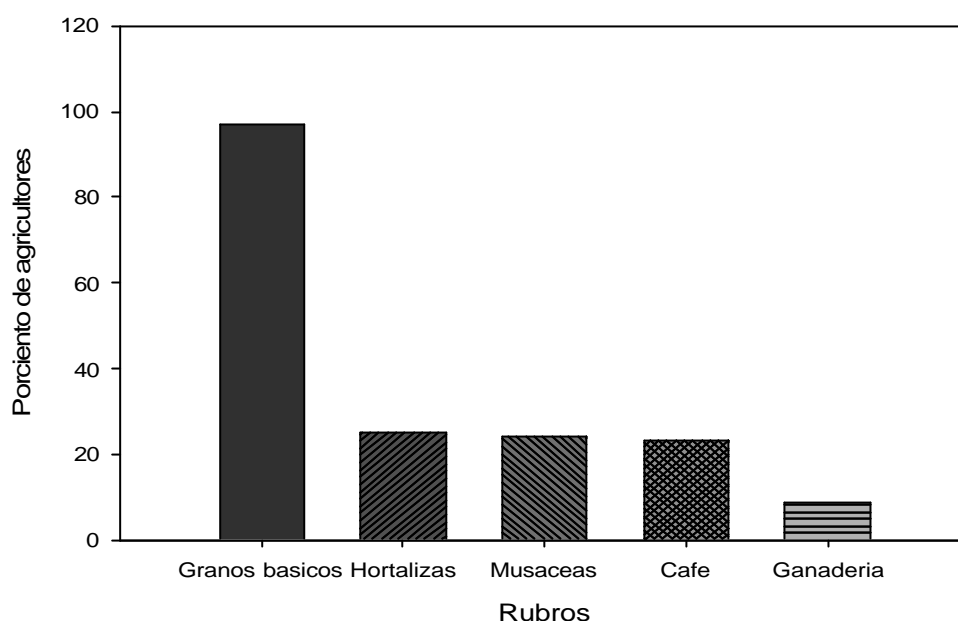
1) Criterio	Implementación		4) Actual coincide con lo ideal (Si/No)	5) Si no coincide, porque? (Valoración del productor)
	2) Actual	3) Ideal		
Siembra en contorno (en curvas a nivel)		Al contorno		
Cobertura de rastrojo (manejo adecuado de rastrojo)		70%		
Combinación adecuada con otras tecnologías				
Otro (especificar)				
Valoración final del equipo evaluador				

1) Ver cuadros de criterios técnicos para sistemas de labranza/manejo de rastrojos



Nombre de la tecnología:																					
Criterios	Altura (msnm)			Precipitación (mm/año)				Textura			Profundidad del suelo		Presencia de piedras		Porcentaje de pendiente			Fertilidad del suelo			
	Menos de 80 m	800 - 1500 m	Mas de 1500 m	Menos de 600 m	600 - 900	900 – 1500 mm	1500 – 2500 mm	Mas de 2500 mm	arenosa	franca	arcilla	Superficial (0-30 cm)	Mas de 30 cm	Muchas piedras	Pocas piedras	Menos de 15%	Mas de 30%	15 – 30%	Muy baja/degradada	baja	moderada
Condiciones de clima y suelo																					
Condiciones de la tecnología implementada (situación real en la finca/parcela)																					
Condiciones apropiadas (situación deseable, según hoja de color siguiente) <sup>1</sup>																					
Verificación si la tecnología es apropiada: Situación real coincide con situación Deseable? (Si/No) <sup>1</sup>																					

<sup>1</sup> Si hay condicionamientos en la fila 2 marcados con "(X)", se deben verificar (por ejemplo en la guía de conservación de suelos y agua de PASOLAC) para decidir si la tecnología es apropiada o no.



**Figura 17.** Principales rubros en las parcelas de los productores beneficiarios de las entidades miembros de PASOLAC, 2006.

**Tabla 6.** Análisis general de varianza para evaluar el efecto de las practicas de conservación de suelo respecto al porcentaje de materia orgánica encontrado en el suelo, en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

Efecto	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
Finca	6	28	48.15	<.0001
Posición	2	28	0.59	0.5632
Finca*posición	12	28	2.10	0.0520
Profundidad	2	28	23.03	<.0001
Finca*profundidad	12	28	2.36	0.0299

**Tabla 7.** Análisis estadístico de la materia orgánica interacción finca\*posición, 2006.

Finca	Posición	Promedio	Error	DF	t value	Pr > t
1	A	3.6	0.2736	28	13.16	<.0001
1	B	4.73	0.2736	28	17.30	<.0001
1	M	4.9	0.2736	28	17.91	<.0001
2	A	5.66	0.2736	28	20.71	<.0001
2	B	5.43	0.2736	28	19.86	<.0001
2	M	5.43	0.2736	28	19.86	<.0001
3	A	2.56	0.2736	28	9.38	<.0001
3	B	2.20	0.2736	28	8.04	<.0001
3	M	2.56	0.2736	28	9.38	<.0001
19	A	2.46	0.2736	28	9.02	<.0001
19	B	2.66	0.2736	28	9.75	<.0001
19	M	2.86	0.2736	28	10.48	<.0001
27	A	4.50	0.2736	28	16.45	<.0001
27	B	5.06	0.2736	28	18.52	<.0001
27	M	3.90	0.2736	28	14.26	<.0001
37	A	3.33	0.2736	28	12.18	<.0001
37	B	3.33	0.2736	28	12.18	<.0001
37	M	3.06	0.2736	28	11.21	<.0001
38	A	3.80	0.2736	28	13.89	<.0001
38	B	3.60	0.2736	28	13.16	<.0001
38	M	3.86	0.2736	28	14.13	<.0001

**Tabla 8.** Análisis de varianza para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo, respecto al porcentaje de materia orgánica, evaluado en tres posiciones en el relieve (alta, media y baja), en 7 fincas de las laderas de Nicaragua, 2006.

Posición	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
Alta	6	28	16.63	<.0001
Baja	6	28	20.53	<.0001
Media	6	28	15.19	<.0001

**Tabla 9.** Análisis de varianza para evaluar el efecto de las practicas de conservación de suelo respecto al porciento de materia orgánica a tres profundidades, evaluados en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

Profundidad	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
10	6	28	24.44	<.0001
20	6	28	18.16	<.0001
30	6	28	10.28	<.0001

**Tabla 10.** Análisis estadístico de la materia orgánica interacción finca\*profundidad.

Finca	profundidad	Promedio	error	DF	t value	Pr > t
1	10	5.26	0.2736	28	19.25	<.0001
1	20	4.56	0.2736	28	16.69	<.0001
1	30	3.40	0.2736	28	12.43	<.0001
2	10	5.80	0.2736	28	21.20	<.0001
2	20	5.70	0.2736	28	20.84	<.0001
2	30	5.03	0.2736	28	18.40	<.0001
3	10	2.53	0.2736	28	9.26	<.0001
3	20	2.50	0.2736	28	9.14	<.0001
3	30	2.30	0.2736	28	8.41	<.0001
19	10	2.60	0.2736	28	9.50	<.0001
19	20	2.73	0.2736	28	9.99	<.0001
19	30	2.66	0.2736	28	9.75	<.0001
27	10	5.36	0.2736	28	19.62	<.0001
27	20	4.60	0.2736	28	16.81	<.0001
27	30	3.50	0.2736	28	12.79	<.0001
37	10	3.60	0.2736	28	13.16	<.0001
37	20	3.16	0.2736	28	11.58	<.0001
37	30	2.96	0.2736	28	10.84	<.0001
38	10	4.70	0.2736	28	17.18	<.0001
38	20	3.50	0.2736	28	12.79	<.0001
38	30	3.06	0.2736	28	11.21	<.0001
Parcelas comparadoras o control						
1,2,3	10	1.4				
1,2,3	20	2.4				
1,2,3	30	3.8				
19	10	4.0				
19	20	4.2				
19	30	3.3				
27	10	4.8				
27	10	4.42				
27	30	2.87				
37,38	10	3.9				
37,38	20	3.5				
37,38	30	2.9				

**Tabla 11.** Análisis de varianza para evaluar el efecto parcial de las practicas de conservación de suelo sobre el porcentaje de materia orgánica a nivel de fincas (7), en laderas de Nicaragua, 2006.

Finca	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
1	2	28	6.69	0.0042
2	2	28	0.24	0.7863
3	2	28	0.60	0.5564
19	2	28	0.53	0.5918
27	2	28	4.55	0.0195
37	2	28	0.32	0.7311
38	2	28	0.26	0.7749

**Tabla 12.** Análisis general de varianza para evaluar el efecto de las practicas de conservación de suelo respecto a la infiltración en el suelo, en 7 fincas en laderas de Nicaragua en tres posiciones en el relieve (alto, medio y bajo), con dos laminas de agua. 2007.

Efecto	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
Finca	6	14	1.65	0.2049
Posición	2	14	1.67	0.2232
Finca*posición	12	14	1.30	0.3155
Lamina	1	14	4.89	0.0441
Finca*Lamina	6	14	1.03	0.4490

**Tabla 13.** Análisis estadístico de la infiltración finca\*posición.

Finca	Posición	Promedio	Error	DF	t value	Pr > t
1	A	32.28	5.8402	14	5.53	<.0001
1	B	2.28	5.8402	14	0.39	0.7012
1	M	1.54	5.8402	14	0.26	0.7955
2	A	2.47	5.8402	14	0.42	0.6782
2	B	1.31	5.8402	14	0.22	0.8254
2	M	1.49	5.8402	14	0.26	0.8014
3	A	11.27	5.8402	14	1.93	0.0742
3	B	6.78	5.8402	14	1.16	0.2647
3	M	6.16	5.8402	14	1.06	0.3088
19	A	1.55	5.8402	14	0.27	0.7942
19	B	1.67	5.8402	14	0.29	0.7785
19	M	1.29	5.8402	14	0.22	0.8280
27	A	1.07	5.8402	14	0.18	0.8569
27	B	0.92	5.8402	14	0.16	0.8767
27	M	0.79	5.8402	14	0.14	0.8937
37	A	3.21	5.8402	14	0.55	0.5907
37	B	7.80	5.8402	14	1.34	0.2026
37	M	2.83	5.8402	14	0.49	0.6346
38	A	0.53	5.8402	14	0.09	0.9290
38	B	0.62	5.8402	14	0.11	0.9170
38	M	0.91	5.8402	14	0.16	0.878

**Tabla 14.** Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo respecto a la infiltración en el suelo por posición, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

Posición	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
Alta	6	14	3.90	0.0169
Baja	6	14	0.26	0.9483
Media	6	14	0.11	0.9945

**Tabla 15.** Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la infiltración por finca, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

Finca	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
1	2	14	9.02	0.0030
2	2	14	0.01	0.9886
3	2	14	0.23	0.7995
19	2	14	0.00	0.9989
27	2	14	0.00	0.9994
37	2	14	0.22	0.8018
38	2	14	0.00	0.9988

**Tabla 16.** Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la infiltración con dos laminas de agua por finca, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

Lamina	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
1 <sup>ra</sup>	6	14	0.08	0.9972
2 <sup>da</sup>	6	14	2.60	0.0662

**Tabla 17.** Análisis estadístico de infiltración interacción finca\*lámina .

Finca	Lámina	Promedio	Error	DF	t value	Pr > t
1	1 pulgada	2.13	4.7685	14	0.45	0.6614
1	2 pulgada	21.94	4.7685	14	4.60	0.0004
2	1 pulgada	0.54	4.7685	14	0.11	0.9114
2	2 pulgada	2.98	4.7685	14	0.63	0.5416
3	1 pulgada	4.08	4.7685	14	0.86	0.4057
3	2 pulgada	12.06	4.7685	14	2.53	0.0241
19	1 pulgada	0.51	4.7685	14	0.11	0.9158
19	2 pulgada	2.50	4.7685	14	0.52	0.6083
27	1 pulgada	0.67	4.7685	14	0.14	0.8897
27	2 pulgada	1.18	4.7685	14	0.25	0.8071
37	1 pulgada	1.64	4.7685	14	0.34	0.7360
37	2 pulgada	7.60	4.7685	14	1.59	0.1333
38	1 pulgada	0.29	4.7685	14	0.06	0.9515
38	2 pulgada	1.08	4.7685	14	0.23	0.8241

**Tabla 18.** Análisis general de varianza para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo sobre el porcentaje de humedad en el suelo, en 7 fincas en laderas de Nicaragua a tres profundidades (10, 20 y 30 cm) y en tres posiciones en el relieve (alto, medio y bajo). 2007.

Efecto	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
Finca	6	28	45.92	<.0001
Posición	2	28	0.72	0.4938
Finca*posición	12	28	2.01	0.0622
Profundidad	2	28	183.96	<.0001
Finca*profundidad	12	28	9.12	<.0001

**Tabla 19.** Análisis de varianza para el porcentaje de humedad en las parcelas agrícolas en tres posiciones en el relieve (alto, medio y bajo), Nicaragua 2007.

Finca	Posición	Promedio	Error	DF	t value	Pr > t
1	A	14.16	0.9445	28	15.00	<.0001
1	B	17.79	0.9445	28	18.84	<.0001
1	M	18.22	0.9445	28	19.30	<.0001
2	A	9.99	0.9445	28	10.58	<.0001
2	B	11.42	0.9445	28	12.09	<.0001
2	M	11.50	0.9445	28	12.18	<.0001
3	A	15.58	0.9445	28	16.50	<.0001
3	B	15.13	0.9445	28	16.03	<.0001
3	M	14.50	0.9445	28	15.36	<.0001
19	A	7.94	0.9445	28	8.41	<.0001
19	B	5.04	0.9445	28	5.34	<.0001
19	M	6.69	0.9445	28	7.09	<.0001
27	A	12.98	0.9445	28	13.74	<.0001
27	B	11.58	0.9445	28	12.27	<.0001
27	M	12.26	0.9445	28	12.99	<.0001
37	A	13.00	0.9445	28	13.77	<.0001
37	B	11.51	0.9445	28	12.19	<.0001
37	M	14.04	0.9445	28	14.87	<.0001
38	A	16.32	0.9445	28	17.29	<.0001
38	B	18.44	0.9445	28	19.52	<.0001
38	M	16.82	0.9945	28	17.81	<.0001



**Tabla 20.** Análisis de varianza para evaluar el efecto de las prácticas de conservación suelo sobre el porcentaje de humedad en el suelo en tres posiciones en el relieve (alta, media y baja), evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

<b>Posición</b>	<b>GL numerador</b>	<b>GL denominador</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Alta	6	28	10.02	<.0001
Baja	6	28	23.77	<.0001
Media	6	28	16.16	<.0001

**Tabla 21.** Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las practicas de conservación sobre el porcentaje de humedad en el suelo a tres profundidades (10, 20 y 30 cm), evaluado en fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

<b>Profundidad (cm.)</b>	<b>GL numerador</b>	<b>GL denominador</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
10	6	28	14.87	<.0001
20	6	28	13.49	<.0001
30	6	28	35.80	<.0001

**Tabla 22.** Análisis de varianza para el porcentaje de humedad en las parcelas agrícolas en tres profundidades (0-10, 10-20 y de 20-30 cm.), Nicaragua, 2007.

Finca	Profundidad (cm.)	Promedio humedad	Pr >  t
1	10	7.74	<.0001
	20	17.35	<.0001
	30	25.08	<.0001
2	10	4.23	<.0001
	20	13.77	<.0001
	30	14.90	<.0001
3	10	6.53	<.0001
	20	16.86	<.0001
	30	21.83	<.0001
19	10	3.18	<.0001
	20	7.78	<.0001
	30	8.71	<.0001
27	10	7.86	<.0001
	20	13.89	<.0001
	30	15.08	<.0001
37	10	12.03	<.0001
	20	12.50	<.0001
	30	14.02	<.0001
38	10	12.90	<.0001
	20	17.48	<.0001
	30	21.20	<.0001
<b>Parcelas comparadoras o control</b>			
1, 2, 3	10	8.17	
	20	19.47	
	30	28.52	
19	10	4.64	
	20	6.18	
	30	7.17	
27	10	12.1	
	20	22.82	
	30	22.02	
37, 38	10	9.01	
	20	8.65	
	30	10.98	

**Tabla 23.** Análisis de varianza para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo, sobre el porcentaje de humedad en el suelo, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

Finca	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
1	2	28	5.58	0.0092
2	2	28	0.81	0.4569
3	2	28	0.33	0.7202
19	2	28	2.37	0.1117
27	2	28	0.54	0.5863
37	2	28	1.81	0.1825
38	2	28	1.37	0.2709

**Tabla 24.** Análisis general de varianza para evaluar el efecto de las practicas de conservación de suelo respecto a la compactación en el suelo, en 7 fincas en laderas de Nicaragua en tres posiciones en el relieve (alto, medio y bajo), con dos laminas de agua 2007.

Efecto	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
Finca	6	28	4.70	0.0020
Replica	2	112	0.48	0.6184
Finca*replica	12	112	1.40	0.1775
Posición	2	28	2.48	0.1017
Finca*posición	12	28	2.18	0.0436
Profundidad	2	28	52.74	<.0001
Finca*profundidad	12	28	3.89	0.0015

**Tabla 25.** Análisis estadístico de compactación del suelo con la interacción finca\* posición.

Finca	Posición	Promedio	Error	DF	t value	Pr > t
1	A	23.66	3.3558	28	7.05	<.0001
1	B	26.44	3.3558	28	7.88	<.0001
1	M	22.66	3.3558	28	6.75	<.0001
2	A	15.55	3.3558	28	4.64	<.0001
2	B	21.88	3.3558	28	6.52	<.0001
2	M	27.77	3.3558	28	8.28	<.0001
3	A	24.66	3.3558	28	7.35	<.0001
3	B	32.55	3.3558	28	9.70	<.0001
3	M	24.11	3.3558	28	7.18	<.0001
19	A	24.66	3.3558	28	7.35	<.0001
19	B	32.55	3.3558	28	9.70	<.0001
19	M	24.11	3.3558	28	7.18	<.0001
27	A	16.11	3.3558	28	4.80	<.0001
27	B	13.66	3.3558	28	4.07	<.0001
27	M	17.22	3.3558	28	5.13	<.0001
37	A	15.77	3.3558	28	4.70	<.0001
37	B	29.88	3.3558	28	8.91	<.0001
37	M	21.33	3.3558	28	6.36	<.0001
38	A	25.77	3.3558	28	7.68	<.0001
38	B	15.88	3.3558	28	4.73	<.0001
38	M	15.00	3.3558	28	4.47	<.0001

**Tabla 26.** Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo respecto a la compactación en el suelo por posición, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

Posición	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
Alta	6	28	2.04	0.0940
Baja	6	28	5.34	0.0009
Media	6	28	1.70	0.1591

**Tabla 27.** Análisis estadístico de la compactación interacción finca\*profundidad.

Finca	Profundidad	Promedio	Error	DF	t value	Pr t
1	10	5.55	3.3558	28	1.86	0.1090
1	20	27.44	3.3558	28	8.18	<.0001
1	30	39.77	3.3558	28	11.85	<.0001
2	10	5.44	3.3558	28	1.62	0.1159
2	20	25.11	3.3558	28	7.48	<.0001
2	30	34.66	3.3558	28	10.33	<.0001
3	10	13.00	3.3558	28	3.87	0.0006
3	20	34.88	3.3558	28	10.40	<.0001
3	30	33.44	3.3558	28	9.97	<.0001
19	10	13.00	3.3558	28	3.87	0.0006
19	20	34.88	3.3558	28	10.40	<.0001
19	30	33.44	3.3558	28	9.97	<.0001
27	10	12.88	3.3558	28	3.84	0.0006
27	20	15.33	3.3558	28	4.57	<.0001
27	30	18.77	3.3558	28	5.60	<.0001
37	10	18.33	3.3558	28	5.46	0.0006
37	20	21.33	3.3558	28	6.36	<.0001
37	30	27.33	3.3558	28	8.15	<.0001
38	10	16.44	3.3558	28	4.90	<.0001
38	20	19.44	3.3558	28	5.79	<.0001
38	30	20.77	3.3558	28	6.19	<.0001

**Tabla 28.** Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la compactación por finca, en tres profundidades (10, 20, y 30) evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

Profundidad (cm)	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
10	6	28	2.18	0.0756
20	6	28	5.00	0.0014
30	6	28	5.31	0.0009

**Tabla 29.** Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la compactación por finca, evaluados en fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

<b>Finca</b>	<b>GL numerador</b>	<b>GL denominador</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
1	2	28	0.34	0.7145
2	2	28	3.32	0.0509
3	2	28	1.98	0.1568
19	2	28	1.98	0.1568
27	2	28	0.29	0.7477
37	2	28	4.49	0.0204
38	2	28	3.18	0.0570

**Tabla 30.** Análisis general de varianza para evaluar el efecto de las practicas de conservación de suelo respecto la densidad aparente en el suelo, en 7 fincas en laderas de Nicaragua a tres profundidades (10. 20 y 30 cm) y en tres posiciones en el relieve (alto, medio y bajo). 2007.

<b>Efecto</b>	<b>GL numerador</b>	<b>GL denominador</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Finca	6	27	1.08	0.3983
Posición	2	27	0.19	0.8264
Finca*posición	12	27	0.75	0.6956
Profundidad	2	27	0.14	0.8693
Finca*profundidad	12	27	0.71	0.7313

**Tabla 31.** Análisis estadístico de la densidad aparente con interacción finca\*posición.

Posición	Finca	Promedio	Error	DF	t value	Pr > t
1	A	1.27	0.08242	27	15.45	<.0001
1	B	1.14	0.08242	27	13.91	<.0001
1	M	1.37	0.08242	27	16.66	<.0001
2	A	1.08	0.08242	27	13.10	<.0001
2	B	1.28	0.08242	27	15.61	<.0001
2	M	1.22	0.08242	27	14.80	<.0001
3	A	1.25	0.08242	27	15.25	<.0001
3	B	1.23	0.08242	27	15.00	<.0001
3	M	1.20	0.08242	27	14.56	<.0001
19	A	1.24	0.08242	27	15.05	<.0001
19	B	1.18	0.08242	27	14.32	<.0001
19	M	1.20	0.08242	27	14.60	<.0001
27	A	1.16	0.08242	27	10.67	<.0001
27	B	1.01	0.08242	27	12.30	<.0001
27	M	1.12	0.08242	27	13.63	<.0001
37	A	1.18	0.08242	27	14.40	<.0001
37	B	1.20	0.08242	27	14.64	<.0001
37	M	1.19	0.08242	27	14.48	<.0001
38	A	1.22	0.08242	27	14.88	<.0001
38	B	1.28	0.08242	27	15.53	<.0001
38	M	1.22	0.08242	27	14.88	<.0001

**Tabla 32.** Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo respecto a la densidad aparente en el suelo por posición, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

Posición	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
Alta	6	27	0.64	0.1691
Baja	6	27	1.30	0.2903
Media	6	27	0.84	0.5492

**Tabla 33.** Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la densidad aparente por finca, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

Finca	GL numerador	GL denominador	Valor de F	Pr > F
1	2	27	1.90	0.1691
2	2	27	1.64	0.2131
3	2	27	0.12	0.8860
19	2	27	0.13	0.8746
27	2	27	0.74	0.4863
37	2	27	0.02	0.9849
38	2	27	0.14	0.8703

**Tabla 34.** Análisis estadístico de la densidad aparente con interacción finca\*profundidad.

Finca	Profundidad	Promedio	Error	DF	t value	Pr > t
1	10	1.15	0.08242	27	16.82	<.0001
1	20	1.21	0.08242	27	14.76	<.0001
1	30	1.19	0.08242	27	14.44	<.0001
2	10	1.17	0.08242	27	14.20	<.0001
2	20	1.20	0.08242	27	14.64	<.0001
2	30	1.21	0.08242	27	14.68	<.0001
3	10	1.22	0.08242	27	14.80	<.0001
3	20	1.27	0.08242	27	15.49	<.0001
3	30	1.19	0.08242	27	14.52	<.0001
19	10	1.20	0.08242	27	14.56	<.0001
19	20	1.28	0.08242	27	15.57	<.0001
19	30	1.14	0.08242	27	13.83	<.0001
27	10	1.02	0.08242	27	9.42	<.0001
27	20	1.12	0.08242	27	13.67	<.0001
27	30	1.14	0.08242	27	13.91	<.0001
37	10	1.14	0.08242	27	13.87	<.0001
37	20	1.15	0.08242	27	13.95	<.0001
37	30	1.29	0.08242	27	15.69	<.0001
38	10	1.21	0.08242	27	14.72	<.0001
38	20	1.26	0.08242	27	15.37	<.0001
38	30	1.25	0.08242	27	15.21	<.0001



**Tabla 35.** Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación respecto a la densidad aparente por finca, en tres profundidades (10, 20 y 30), evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

<b>Finca</b>	<b>GL numerador</b>	<b>GL denominador</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
1	2	27	1.68	0.2061
2	2	27	0.07	0.9302
3	2	27	0.25	0.7812
19	2	27	0.76	0.4761
27	2	27	0.41	0.6673
37	2	27	0.06	0.3614
38	2	27	0.11	0.8932

**Tabla 36.** Análisis de varianza, para evaluar el efecto de las prácticas de conservación de suelo respecto a la densidad aparente en el suelo por profundidad, evaluado en 7 fincas en laderas de Nicaragua, 2006.

<b>Posición</b>	<b>GL numerador</b>	<b>GL denominador</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
10	6	27	1.39	0.2557
20	6	27	0.57	0.7515
30	6	27	0.44	0.8429