

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.**

**Facultad Regional Multidisciplinaria**

**FAREM Matagalpa.**



**Monografía para optar al título de Ingeniería Agronómica.**

Evaluación de la potencialidad de los suelos en sistemas productivos en la parte alta y media, Río Cállico, San Dionisio, II Semestre 2013.

**Autores:**

Br. Enrique Ulises Arceda Delgado.  
Br. Guillermo Martín Salmerón Chavarría.

**Tutor:**

MSc. Francisco Javier Chavarría Aráuz.

Matagalpa, Julio del 2014.

## **AGRADECIMIENTO**

Dios todo poderoso es quien nos ha iluminado y dado los conocimientos necesarios para llegar al hogar de cada uno de estos productores a quienes les agradecemos por habernos recibido con mucho gusto, paciencia y esmero para ayudarnos a la hora que recolectamos la información.

A nuestro tutor MSc. Francisco Javier Chavarría Aráuz que con mucho cariño nos ha orientado y encaminado en esta larga lucha para lograr con éxito la modalidad de graduación y nuestra carrera en su totalidad, al Concejal de la Alcaldía de San Dionisio Hipólito Muñoz Mendoza por haber sido el nexo con los productores.

A nuestros padres quienes con mucho sacrificio y esmero nos apoyaron incondicionalmente en toda nuestra trayectoria.

Br. Enrique Ulises Arceda Delgado

Br. Guillermo Martín Salmerón Chavarría

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo monográfico a Dios, por regalarnos sabiduría, acompañarnos en estas sendas desconocidas, darnos fuerzas para luchar en contra de los inconvenientes que se nos presentaron.

A nuestros padres, tutor y productores que nos brindaron su apoyo incondicional para que nuestro trabajo diera frutos.

Br. Enrique Ulises Arceda Delgado

Br. Guillermo Martin Salmerón Chavarría

## OPINION DEL TUTOR

Luego de revisar la monografía presentada por los egresados Enrique Ulises Arceda Delgado y Guillermo Martín Salmerón Chavarría, bajo el título “Evaluación de potencialidad de suelos, en sistemas productivos de la parte alta y media, Río Cállico, San Dionisio, II semestre, 2013”. De la cual soy tutor y considerando que el mismo cumple con la coherencia entre su título, planteamiento del problema, sus objetivos, hipótesis, resultados, conclusiones y recomendaciones. Por este medio **Avalo la entrega** del mismo para su debida defensa ante Tribunal Examinador que se designe para ello.

Cabe mencionar que el estudio que llevaron a cabo Arceda Delgado y Salmerón Chavarría, se convierte en una valiosa colaboración para el análisis de uso de los suelos de acuerdo a su potencial y estado actual. Esta información sin duda servirá a los productores en la toma de decisiones para a la vez que mantienen o mejoran los rendimientos productivos, contribuyen a la conservación, preservación y recuperación de su capital natural, siendo el suelo y los recursos hídricos de importancia vital.

Considero meritorio resaltar el gran esfuerzo y dedicación que mis colegas Enrique Ulises y Guillermo Martín, enfrentaron para realizar su trabajo de tesis.

Espero que Dios Jehová les bendiga siempre para que ellos puedan alcanzar más metas.

---

Francisco Javier Chavarría Aráuz

Tutor

## RESUMEN

El estudio "Evaluación de la potencialidad de los suelos en sistemas productivos en la parte alta y media, Río Cállico, San Dionisio"; surge como una necesidad ante la problemática identificada, donde la productividad alimentaria está amenazada por la degradación de suelos, que es ya tan acentuada que reduce la producción en un 16 %, especialmente en las tierras de cultivo de África y de América Central. En un estudio anterior se planteaban alternativas para que los productores de la microcuenca accedieran a pagos por servicios ambientales hídricos, resultando que el uso potencial en 98.75 % de la microcuenca es de vocación forestal y esta se encuentra sobre utilizada. El presente estudio tiene como objetivo "Evaluar el impacto que tienen los sistemas productivos actuales sobre los suelos", se analizaron las propiedades físicas y químicas, de tal forma que los resultados obtenidos contribuyan a reducir impactos negativos que generan los sistemas productivos. A partir de los instrumentos y métodos utilizados se obtuvo en la variable física que la textura, profundidad de suelo y cultivos establecidos están siendo usados incorrectamente; los nutrientes Nitrógeno y Potasio, están en buena concentración, en cambio el Fósforo se encuentra deficitario en la mayoría de las parcelas. Las condiciones agroecológicas son las óptimas para el establecimiento de cultivos existentes; se recomienda realizar obras de conservación de suelos para no seguir deteriorando la parte física; en cuanto a propiedades químicas realizar planes de fertilización orgánica y química para recuperar la calidad de los suelos.

## INDICE

AGRADECIMIENTO .....	i
DEDICATORIA.....	ii
OPINION DEL TUTOR.....	iii
RESUMEN .....	iv
I INTRODUCCIÓN .....	1
II ANTECEDENTES .....	3
III JUSTIFICACIÓN.....	6
IV PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
<b>4.1 Preguntas de investigación.....</b>	<b>8</b>
4.1.1 Pregunta General .....	8
V OBJETIVOS .....	9
<b>5.1 Objetivo General .....</b>	<b>9</b>
5.1.1 Objetivos específicos.....	9
VI HIPOTESIS .....	10
<b>6.1 Hipótesis general.....</b>	<b>10</b>
6.1.1 Hipótesis específicas .....	10
VII MARCO TEÓRICO.....	11
<b>7.1 Propiedades Físicas .....</b>	<b>11</b>
7.1.1 Suelo.....	11
7.1.2 Procesos formadores .....	12
7.1.3 Perfil del suelo.....	16
7.1.4 Horizontes .....	16
<b>7.2 Propiedades químicas.....</b>	<b>19</b>
7.2.1 Capacidad de intercambio catiónico (CIC) .....	19
7.2.2 pH del suelo.....	19
7.2.3 Capacidad de uso de los suelos .....	21
7.2.4 Sistemas productivos.....	25
7.2.5 Características edafológicas .....	26
<b>7.3 Degradación de suelo.....</b>	<b>27</b>

7.3.1 Erosión .....	27
<b>7.4 Conservación de suelos.....</b>	<b>31</b>
7.4.1 Factores determinantes para una obra de conservación de suelo .....	31
<b>7.5 Principales rubros productivos en San Dionisio.....</b>	<b>35</b>
VIII DISEÑO METODOLÓGICO .....	37
<b>8.1 Ubicación y área de estudio .....</b>	<b>37</b>
<b>8.2 Caracterización de la zona de estudio .....</b>	<b>38</b>
<b>8.3 Tipo de investigación.....</b>	<b>39</b>
<b>8.4 Población y muestra .....</b>	<b>39</b>
<b>8.5 Procesamiento de datos.....</b>	<b>40</b>
<b>8.6 Operacionalización de variables .....</b>	<b>41</b>
<b>8.7 Materiales y métodos.....</b>	<b>42</b>
8.7.1 Metodologías para la evaluación de los cultivos.....	42
8.7.2 Transectos.....	42
8.7.3 Muestreo de suelo.....	43
8.7.4 Determinación de textura de suelos .....	43
8.7.5 Determinación de la profundidad de suelos .....	43
8.7.6 Determinación de la pendiente.....	44
8.7.7 Encuesta .....	44
IX RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
<b>9.1 Propiedades físicas: .....</b>	<b>46</b>
9.1.1 Textura .....	46
9.1.2 Profundidad de suelo.....	47
9.1.3 Velocidad de infiltración.....	48
9.1.4 Capacidad de campo.....	50
9.1.5 Punto de marchitez permanente .....	51
<b>9.2 Propiedades Químicas.....</b>	<b>53</b>
9.2.1 pH.....	53
9.2.3 Materia orgánica.....	54
9.2.4 Disponibilidad de nutrientes.....	54
<b>9.3 Erosión.....</b>	<b>56</b>

9.3.1 Laminar .....	56
9.3.2 En surcos .....	56
9.3.3 Cárcavas .....	56
9.3.4 Terrazas .....	57
<b>9.4 Obras de conservación de suelos .....</b>	<b>58</b>
<b>9.5 Uso actual de suelos (Agrícolas) .....</b>	<b>63</b>
<b>9.6 Tenencia de tierras .....</b>	<b>66</b>
<b>9.7 Condiciones agroecológicas .....</b>	<b>66</b>
9.7.1 Precipitación.....	66
9.7.2 Pendiente .....	67
9.7.3 Altura sobre el nivel de mar .....	68
9.7.4 Temperatura .....	69
9.7.5 Horas luz .....	70
<b>X. CONCLUSIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>XI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>XII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>74</b>
<b>XIV ANEXOS .....</b>	<b>80</b>
<b>Anexo Nº 1. Análisis de suelos .....</b>	<b>80</b>
<b>Anexo Nº 2 Formato para evaluar la degradación de los suelos por cultivos. ....</b>	<b>81</b>
<b>Anexo No 3 Guía de Cassanova.....</b>	<b>82</b>
<b>Anexo No 4 Cronograma de actividades .....</b>	<b>83</b>
<b>Anexo 5 Presupuesto .....</b>	<b>84</b>
<b>Anexo No 6 Mapas de las parcelas estudiadas.....</b>	<b>86</b>
<b>Anexo Nº 7 Fotografías.....</b>	<b>90</b>
<b>ENCUESTA .....</b>	<b>94</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de productores por rubros.....	35
Tabla 2. Alturas sobre nivel del mar y comunidad a la que pertenece cada parcela.....	44
Tabla 3. Texturas de suelos por parcelas.....	45
Tabla 4. Profundidad de suelos.....	46
Tabla 5. Velocidades de infiltración en base a texturas de suelos.....	48
Tabla 6. Velocidad de infiltración por textura de suelo encontrada en cada parcela.....	48
Tabla 7. Capacidad de campo del suelo por cada parcela.....	49
Tabla 8. Punto de Marchitez Permanente de las parcelas.....	51
Tabla 9. pH de suelos.....	52
Tabla 10. Análisis de nutrientes de suelos (pH, MO, N, P, K) por parcela.....	54
Tabla 11. Comparación de rendimientos históricos.....	64
Tabla 12. Tenencia de tierras.....	65
Tabla 13. Precipitaciones San Dionisio.....	66
Tabla 14. Pendiente de las parcelas.....	67
Tabla 15. Altura sobre el nivel del mar San Dionisio.....	68
Tabla 16. Temperatura San Dionisio.....	68
Tabla 17. Horas luz San Dionisio.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 1. Representación porcentual de los principales componentes del suelo.....	23
Gráfico 2. Tipos de erosión encontrados en las parcelas.....	56
Gráfico 3. Uso de barreras vivas.....	58
Gráfico 4. Uso de barreras muertas.....	59
Gráfico 5. Uso de curvas a nivel.....	60
Gráfico 6. Uso de acequias.....	60
Gráfico 7. Uso de diques.....	61
Gráfico 8. Uso de cultivos de cobertura.....	62
Gráfico 9. Rendimientos productivos encontrados por cultivo.....	63

## I INTRODUCCIÓN

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación Argentina (1995:) considera al suelo agrícola como:

Un sistema complejo y en equilibrio dinámico, compuesto por elementos bióticos e inorgánicos y es el resultado de un extenso proceso de generación en el cual interviene el clima, el agua, el relieve, los organismos vivos y el tiempo, alterando profundamente al material originario denominado roca madre (González, Lazzarini, Parra, & Villanova, 2004).

El deterioro del recurso suelo se produce por la ocurrencia, conjunta o no, de dos procesos: la erosión y la degradación. La erosión se produce a partir de la acción de agentes físicos viento y agua, las que generan la pérdida del suelo. Estas modificaciones en las condiciones edáficas son irreversibles. La degradación del suelo, en cambio, se produce cuando sus características físicas y químicas resultan afectadas por el desarrollo de prácticas agronómicas. Este proceso, en muchos casos, puede ser compensado o revertido a partir de la incorporación de insumos y/o tecnologías de proceso, aunque en algunas oportunidades los niveles de degradación alcanzados por su grado de significancia no pueden ser revertidos (González, Lazzarini, Parra, & Villanova, 2004).

Degradación de las tierras se entiende por la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada en zonas áridas, y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de población, tales como:

- La erosión del suelo causada por el viento o el agua.
- El deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o de las propiedades económicas del suelo.

- La pérdida duradera de vegetación natural (González, Lazzarini, Parra, & Villanova, 2004)

FAO (2011), evaluó el estado de los recursos de tierras del mundo e identificó que una cuarta parte de las tierras presenta un elevado estado de degradación, otro 8 % presenta una degradación moderada, el 36 % está en condiciones de estabilidad o con una degradación ligera y el 10 % se clasifica como tierras que están "mejorando". La superficie restante del planeta está desnuda (alrededor de un 18 %) o cubierta por masas de agua continentales (alrededor del 2 %). Estas cifras incluyen todo tipo de tierras, no solo las agrícolas.

En todo el mundo, los más pobres tienen menos acceso a tierras y agua; están encerrados en una trampa de pobreza de las pequeñas explotaciones con suelos de mala calidad y alta vulnerabilidad a la degradación de las tierras y la incertidumbre climática.

El 40% de las tierras degradadas del mundo están en zonas de elevadas tasas de pobreza. Con todo, en señal de que la degradación es un riesgo para todos los grupos de ingresos, el 3 % de las tierras degradadas del mundo está en zonas que tienen niveles moderados de pobreza, mientras que el 20 % se encuentra en zonas de bajas tasas de pobreza (FAO, 2011)

El estudio consiste en la evaluación los sistemas productivos en las diferentes zonas que está dividida la Subcuenca del Río Cállico. Se trabajó con la población de las 12 comunidades pertenecientes a la Subcuenca del Río Cállico en San Dionisio municipio de Matagalpa. Se realizó mediante selección de parcelas que cumplen con criterios establecidos posteriormente, el objetivo era saber si los sistemas productivos están contribuyendo para la conservación o para el deterioro de los suelos de la Subcuenca.

## II ANTECEDENTES

En la zona de Turrialba, Costa Rica, se realizó estudio con el objetivo de realizar una conversión desde un sistema de café convencional de monocultivo manejado con insumos agroquímicos, a un sistema más diversificado con árboles de sombra obteniendo como resultados que los sistemas diversificados de café con sombra de Laurel (*Cordia alliodora*), Poro (*Heryrhina poepiggiana*) y Plátano (*Musa paradisiaca*) son mucho más rentables que las comparaciones con la finca de transición orgánica, ya sea de la perspectiva económica como de la perspectiva de conservación de suelos (Altieri & Nicholls, 2001)

En el año 2011 se realizó estudio para determinar la influencia de las condiciones del medio sobre la erosión hídrica del suelo, en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y café (*Coffea arabica*), en el municipio El Cuá, Departamento de Jinotega, se obtuvieron resultados que afirman que existe un mayor riesgo de pérdidas de suelo en cultivo de café (*Coffea arabica*), en laderas con >40 % de pendiente, también se demostró que las técnicas de manejo del suelo han presentado diferencias de erosión estadísticamente significativas: el 85.19 % de los suelos manejados con arado estuvieron afectados por erosión, mientras que en los suelos manejados con espeque la erosión se redujo al 53.24 % del área (Delgadillo & Rugama, 2011).

En el municipio de San Dionisio, Matagalpa se realizó un proyecto de desarrollo con la implementación de un componente productivo con productores en el periodo 2000-2006 en cinco comunidades. El objetivo general del proyecto era: “Contribuir al mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de vida del grupo meta en las comunidades: Susulí, Zapote, Carrizal, Wibuse y Corozo, promoviendo la recuperación y conservación de los recursos naturales y fomentando la diversificación de las parcelas en las cinco comunidades (Guzmán & Martínez, 2006).

El componente productivo del proyecto se plantea como objetivo “Promover la diversificación de cultivos y la aplicación de técnicas de producción compatibles con la protección y conservación de los recursos naturales en áreas productivas y de fuentes de

agua que posibiliten generar y diversificar los ingresos familiares”. En este contexto ODESAR promovió el proceso de educación y de cambios a través de cinco acciones principales a saber: organización comunitaria, educación en género, producción, medio ambiente y educación ambiental en las escuelas. Por tanto el propósito de este estudio radica en Evaluar el impacto del componente productivo del proyecto “Implementación de actividades para la protección de los recursos” en las condiciones de vida de las familias en Susulí, Zapote, Wibuse, Corozo y Carrizal del Municipio de San Dionisio, Matagalpa en el periodo 2000-2006 (Guzmán & Martínez, 2006).

Los resultados obtenidos fueron que para la transformación de las fincas se necesita de asistencia técnica y capacitación, en cuanto a tecnologías adoptadas fueron 6: Reforestación, diversificación, barreras muertas, barreras vivas, abonos orgánicos y diques, pero la quemadas también influyen, la diversificación es la técnica con mayor nivel de adopción con un 91 %, mejorando su nivel de vida considerablemente mediante el incremento de ingresos productivos y un mejor uso de los desechos orgánicos (Guzmán & Martínez, 2006)

Otro estudio fue realizado en San Dionisio que tenía como objetivo plantear alternativas que permitan a productores de la microcuenca acceder a pagos por servicios ambientales hídricos (PSAH) como mecanismo de inserción al manejo sostenible y a la gestión local de los recursos naturales. Se seleccionaron productores con prioridad colindante a las fuentes de agua para determinar el uso de sus tierras. Se monitoreo el caudal de 6 fuentes de agua consideradas de mayor importancia durante los meses de abril y mayo, se hizo uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) del Centro de Información Geográfica de suelo del departamento de Matagalpa realizado por el MAGFOR (Castro & García, 2008).

Los resultados obtenidos reflejan que el uso actual del suelo se concentra en cultivos de granos básicos (maíz, frijol y sorgo) caracterizado por ser una agricultura de autoconsumo, sin embargo, el uso potencial indica que el 98.75% de la microcuenca es de vocación forestal y la confrontación de usos refleja que el 50.25% (510.13 Ha) de la microcuenca se encuentra sobre utilizada (Castro & García, 2008).

La conservación de suelos en los últimos años, ha sido objeto de innumerables análisis en diferentes condiciones, sitios, prácticas, enfoques, etc. que han mostrado datos interesantes, pero que aún no explican porque hay una baja adopción de estas prácticas cuando se ha demostrado que pueden ayudar al suelo y por lo tanto, a elevar los rendimientos productivos. El propósito inicial de este estudio era hacer un análisis económico de la implementación de las prácticas de conservación para observar la rentabilidad de las mismas para los productores, particularmente del sitio de estudio. Sin embargo, avanzando en la definición y consecución de la información en la zona, se decidió documentar las razones de los agricultores de adoptar o no adoptar una práctica u otra para conservar el suelo.

### III JUSTIFICACIÓN

En la degradación de las tierras intervienen dos sistemas complejos conectados entre sí: el ecosistema natural y el sistema social humano. Las fuerzas de la naturaleza, mediante el desgaste periódico causado por fenómenos climáticos extremos persistentes, el uso y abuso por los seres humanos de los ecosistemas sensibles, vulnerables de tierras secas, suelen obrar de forma conjunta, dando con ello lugar a procesos de reforzamiento que no se entienden completamente (OMM, 2006).

La productividad alimentaria a largo plazo está amenazada por la degradación de los suelos, que es ya tan acentuada que reduce la producción en aproximadamente un 16 % de las tierras agrícolas, especialmente en las tierras de cultivo de África y de América Central (OMM, 2006).

La agricultura está actualmente en crisis. A pesar de que en todo el mundo la producción de alimentos es al menos igual que en el pasado, existen abundantes señales que demuestran que las bases de su productividad están en peligro (Gleissman, 2002).

Durante la segunda mitad del siglo XX, la agricultura ha sido muy exitosa en la provisión de alimento a la creciente población humana. En los cultivos básicos como trigo y arroz se han incrementado significativamente los rendimientos, los precios se han reducido, la generación de alimentos ha excedido, el crecimiento de la población, y la hambruna crónica ha disminuido. Este auge en la producción de alimento se debe principalmente a los avances científicos, e innovaciones tecnológicas que incluyen el desarrollo de nuevas variedades de plantas, uso de fertilizantes, plaguicidas y el crecimiento de la estructura de riego. A pesar de su exitoso, nuestros sistemas de producción de alimentos se encuentran en el proceso de erosionar las bases fundamentales que los sostienen (Gleissman, 2002).

MAGFOR, (2003) plantea que la capacidad de uso es la intensidad de uso más apropiado del suelo, por sus características, propiedades físicas, relieve y condiciones ambientales

para una explotación rentable con mínimo deterioro del recurso, estableciendo tres categorías: tierras agrícolas, pecuarias y forestales.

El objetivo de la confrontación entre el uso actual del suelo y el uso potencial de la tierra es tener un conocimiento cuantificado de la forma en que está siendo utilizado el territorio, a fin de poder determinar el nivel de intervención, así como la degradación de los recursos naturales, con el propósito de orientar proyectos que tiendan a restaurar los recursos naturales, mejoren la eficiencia de producción, así mismo, se pueda tener el equilibrio entre la naturaleza y la sociedad (MAGFOR, 2003).

No solo porque se pueda establecer los cultivos maíz, frijol y sorgo, gracias al factor suelo existe la biodiversidad de flora y fauna, aún más relevante que de este depende la seguridad alimentaria y generación de empleo por ser la principal actividad económica la agricultura que dependen los productores de la Subcuenca del Río Cállico.

Con el presente estudio se realizó la evaluación de una muestra en los principales sistemas productivos de la Subcuenca del Río Cállico, a fin de determinar ¿cómo estos contribuyen a la degradación de los suelos? con el uso y manejo que se le da a este recurso tan fundamental (suelo). Se pretende además determinar el impacto que ocasionan a la biodiversidad (flora o fauna) y como se disminuye la sostenibilidad de estos sistemas evaluados.

Los resultados del estudio contribuirán a parte de la generación de información en la universidad también será de gran importancia para la Unión de Campesinos Organizados de San Dionisio (UCOSD) y servirá para optar a título de Ingenieros Agrónomos.

## **IV PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los sistemas productivos existentes de la parte alta y media de la Subcuenca del Río Cállico, han venido generando un impacto negativo en la que respecta al medio ambiente, principalmente en los suelos, por el excesivo uso de agroquímicos, malas prácticas agrícolas, quemas, deforestación y el uso inadecuado (contraviniendo a su potencial) entre otras causas. Existen evidencias en la zona de estudio de un proceso acelerado de degradación de suelos en todos los ámbitos tanto en estructura física, química y biológica de los suelos, que se manifiesta entre otros aspectos: en la reducción de los rendimientos productivos históricos, especialmente de granos básicos, sin embargo, no existen estudios que indiquen el grado de degradación por zona agroecológica en la Subcuenca del Río Cállico.

### **4.1 Preguntas de investigación**

#### **4.1.1 Pregunta General**

¿Cuál es el impacto tienen los sistemas productivos actuales sobre los suelos, biodiversidad y sostenibilidad en la parte alta y media de la Subcuenca del Río Cállico?

##### **4.1.1.1 Preguntas específicas**

¿Cuál es el impacto de los sistemas productivos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo?

¿Cuáles es el estado en que se encuentran los sistemas productivos existentes?

¿Qué recomendaciones se pueden plantear para que los sistemas productivos puedan mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos?

## **V OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo General**

Evaluar el impacto que tienen los sistemas productivos actuales sobre los suelos en la parte alta y media de la Subcuenca del Río Cállico, San Dionisio.

#### **5.1.1 Objetivos específicos**

Evaluar el impacto de los sistemas productivos en las propiedades físicas y químicas de los suelos.

Identificar el estado actual de los sistemas productivos.

Proponer mejoras en los sistemas productivos para recuperación y conservación de parámetros en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

## **VI HIPOTESIS**

### **6.1 Hipótesis general**

El manejo de los sistemas productivos existentes en la parte alta y media están degradando la parte biológica, física y química de los suelos, reduciendo su sostenibilidad.

#### **6.1.1 Hipótesis específicas**

H1: Los sistemas productivos están ocasionando un impacto negativo sobre las características físicas y químicas de los suelos.

H2: Los sistemas productivos de la parte alta y media de la subcuenca Río Cállico, son insostenibles.

## VII MARCO TEÓRICO

### 7.1 Propiedades Físicas

#### 7.1.1 Suelo

El término suelo que deriva del latín solum, y significa piso, puede definirse como la capa superior de la tierra que se distingue de la roca sólida y en donde las plantas crecen. Con este enfoque, los suelos deben considerarse como formaciones geológicas naturales desarrolladas bajo condiciones muy diversas de clima y materiales de origen, lo cual justifica su continua evolución y, en consecuencia, su gran variedad (Navarro, 2003).

El suelo es un medio vivo y dinámico que permite la existencia de la vida vegetal y animal. Es esencial para la vida del hombre en cuanto a fuente de alimentación y de materias primas. Es un elemento fundamental en la biósfera y contribuye, con la vegetación y el clima, a regular el ciclo hidrológico y a influir en la calidad de las aguas (Avila, 1998).

El suelo es la capa de materiales orgánicos y minerales que cubre la corteza terrestre y en la cual las plantas desarrollan sus raíces y toman los alimentos que les son necesarios para su nutrición (Suárez, 1979).

Los procesos físicos, químicos y biológicos que intervienen en la formación de los suelos están gobernados por factores del medio ambiente tales como clima y la vegetación. Ellos actúan en forma combinada y variable, de manera que los suelos resultantes de su acción son complejos organismos sujetos a mudanzas continuas y que nunca alcanzan una condición estática. Su permanente evolución puede dividirse en etapas que como las de cualquier organismo, se denominan juventud, madurez y vejez (Suárez, 1979).

El suelo es un recurso natural tan importante para los seres vivos como el aire y el agua, que bajo buenas prácticas de manejo con una agricultura sostenible puede ser considerado un recurso natural renovable.

### **7.1.2 Procesos formadores**

Actualmente se consideran cinco los principales factores en la formación de suelos. Ellos son:

- 1) Relieve
- 2) Material Parental.
- 3) Organismos.
- 4) Tiempo.
- 5) Clima.

Estos factores clima, relieve, organismos, material parental y tiempo, se combinan entre sí, o interrelacionan, originando un producto: el suelo (Núñez, 2000).

#### **7.1.2.1 Relieve**

Es la configuración física de la superficie de la tierra. Incluye las irregularidades; elevación y depresiones de la tierra, consideradas en conjunto. El relieve es consecuencia de los procesos geomorfológicos y de meteorización actuando sobre los materiales geológicos (Núñez, 2000).

La subcuenca está ubicada geomorfológicamente en la provincia Montañas Altas del interior, el relieve está formado en su mayoría por terrenos ondulados o quebrados, con pendientes que oscilan de 2 % a más de 45 %, por lo que los materiales geológicos afloran, o están muy cerca de la superficie, lo que ha incidido principalmente en la formación de los suelos. Las pendientes predominantes se ubican en el rango de 15 a 30 % y de 30 a 45 %. En los productores de la muestra las pendientes van desde 25 % hasta 75 % (Núñez, 2000).

#### **7.1.2.2 Material parental**

Constituyen el sustrato donde operan los otros factores formadores de suelo. El origen diverso de los materiales parentales da a los mismos características propias de estructura

cristalina, composición química, textura grado de dureza, propiedades de fractura etc (Núñez, 2000).

### **7.1.2.3 Organismos**

Como organismos se incluye a la vegetación, los animales del suelo (meso, macro y microscópicos) y al hombre. Como fuente de residuos vegetales, la vegetación es uno de los factores más importantes en la formación de suelos. El aporte de materiales vegetales, su mineralización y transformación, el modo que se incorpora al suelo ya convertidos en material humificado, afecta el desarrollo de los horizontes superficiales modificando su pH, color, estructura, grado de agregación, retención de humedad, actividad biológica, reciclaje de nutrientes y fertilidad natural (Núñez, 2000).

Por otra parte la acción de los animales (hormigas, termitas, lombrices, roedores pequeños, escarabajo etc.), afecta las relaciones de aireación, humedad, mezcla de horizontes, acarreo de materiales del subsuelo a la superficie, etc (Núñez, 2000).

### **7.1.2.4 Tiempo**

Constituye el intervalo o periodo durante el cual ocurren los procesos formadores y se producen las características morfológicas que permiten diferenciar evolutivamente los suelos entre si. Los suelos que no presentan horizontes claramente diferenciados se consideran suelos inmaduros o recientes, ya que los factores formadores de suelo no han actuado suficiente mente para permitir la diferenciación de horizontes, mientras los que presentan una clara diferenciación de horizontes y permiten el diagnóstico de los procesos pedogenéticos se consideran más evolucionados (maduros o viejos) y en los cuales el transcurso del tiempo ha permitido el desarrollo de esas características (Núñez, 2000).

### **7.1.2.5 Clima**

El clima puede dividirse en macro clima, que trata las variaciones a nivel global (estratósfera y tropósfera), y el microclima que estudia aquellas de origen local (biósfera y pedósfera) (Alvarado, 1985).

#### **7.1.2.5.1 Macro clima**

Como regulador del clima del mundo, el macro clima domina los procesos formadores de suelo en la misma escala. El macro clima influye en la formación de suelos a través de tres subfactores: la temperatura, la humedad y el viento (Alvarado, 1985).

Efecto de la temperatura: dentro de cierto ámbito y en presencia de agua, aumentos en la temperatura causan un incremento en la velocidad de reacción, aunque no conllevan procesos diferentes, en términos generales, se conoce que los aumentos en la temperatura implican:

- Mayor profundidad de suelo
- Mayor lavado de bases (al favorecer la desintegración de las rocas).
- Acumulación de sales en regiones áridas
- Colores más rojos por acumulación de hierro en las regiones húmedas.
- Mayor mineralización de la materia orgánica, si la humedad no es limitante y mayor cantidad de arcillas (Alvarado, 1985).

Efecto de la humedad: la humedad se relaciona directamente con la precipitación, la cual afecta la formación del suelo en proporción en su intensidad, duración y frecuencia. En general los aumentos en cualquiera de las tres variables mencionadas causan un incremento en la infiltración y la escorrentía, afectando así la formación de los suelos se dice que los aumentos en la humedad implican:

- Mayor cantidad de materia orgánica y nitrógeno

- Mayor concentración de sales
- Mayor o menor profundidad del horizonte de CaCO<sub>3</sub> (si existe)
- Mayor concentración de cuarzo
- Reducción de la capacidad de intercambio catiónico
- Mayor acidez
- Mayor cantidad de arcilla (Alvarado, 1985).

El viento influye en la formación de los suelos, de acuerdo a su intensidad, frecuencia y duración. Además su dirección (dominancia en un sentido) puede acentuar su efecto como ocurre con la deposición de materiales piroclásticos en la América Central. El viento afecta la formación del suelo, ya que:

- Controla parcialmente la temperatura y la humedad
- Causa erosión eólica
- Controla la deposición de materiales como loes y cenizas volcánicas (Alvarado, 1985).

#### **7.1.2.5.2 Microclima**

El microclima influye en la formación de los suelos, a través de los subfactores temperatura y humedad (Alvarado, 1985).

**Influencia de la temperatura:** La temperatura diaria del suelo es sumamente variable, en especial en los horizontes superiores. Esta variación afecta las características de estos horizontes, los cuales, a su vez, atenúan los cambios, de manera que en el subsuelo (50 cm de profundidad) la temperatura es casi constante; sin embargo, los cambios estacionales se notan aún en esa profundidad (Alvarado, 1985).

**Influencia de la humedad:** el régimen de humedad dentro del perfil del suelo define sus propias características. Para poder diferenciar los suelos en forma cuantitativa se han definido varios regímenes de humedad dentro del perfil del suelo (Alvarado, 1985).

### **7.1.3 Perfil del suelo**

Los perfiles edáficos son los ejemplos tradicionales de muestras tridimensionales estudiadas en investigación de suelos. El término perfil edáfico se emplea para designar la columna vertical del suelo suficientemente amplia en volumen y dimensiones laterales como para evaluar e ilustrar las propiedades edáficas de un punto en particular. El perfil edáfico, al ser una columna, es esencialmente tridimensional. Normalmente comprende varios horizontes (Hodgson, 1987).

La técnica consiste en realizar un corte transversal en el suelo, hasta alcanzar el material parental o la roca, se denomina perfil de suelo y el perfil expuesto muestra una serie de capas o bandas llamadas horizontes.

### **7.1.4 Horizontes**

Son las diferentes capas o bandas del suelo que se localizan en disposición paralela a la superficie del suelo, varían en sus características físicas, químicas y biológicas tales como grosor, textura, estructura, actividad biológica, saturación de bases, porcentaje de materia orgánica, producto de porosidad y contenido de humedad, la acción de los procesos formadores de suelo (Núñez, 2000).

Los horizontes constituyen las unidades para el estudio y para la clasificación de los suelos. Para poder conocer los horizontes de un suelo se hace necesario que se excave una calicata (agujero de 1 m x 1 m x 1 m de profundidad) (Chavarría, 2011).

Los horizontes edáficos son capas aproximadamente paralelas a la superficie del terreno. Se establecen en función de cambios de las propiedades y constituyentes (que son el resultado de la actuación de los procesos de formación de los suelos) con respecto a las capas inmediatas (Chavarría, 2011).

Generalmente bastan solo tres propiedades para establecer la horizonación de un suelo: color, textura y estructura, aunque otras propiedades, como la consistencia, son a veces de gran ayuda. El más mínimo cambio detectado (en una sola o en varias de estas propiedades) es suficiente para diferenciar un nuevo horizonte (Chavarría, 2011).

#### Nomenclatura para los horizontes de suelo

Las letras mayúsculas H, O, A, E, B, C y R representan los principales horizontes o capas de suelos. Las letras mayúsculas son los símbolos básicos a los cuales pueden agregarse otros caracteres para completar la designación. La mayoría de las capas reciben un símbolo con una única letra mayúscula, pero alguno requiere dos. Actualmente se reconocen siete que son los más importantes (FAO, 1999).

Horizonte H: Capas dominadas por material orgánico, formadas por acumulación de material orgánico no descompuesto o parcialmente descompuesto en la superficie del suelo que pueden estar bajo agua, todos los horizontes H están saturados con agua en periodos prolongados o estuvieron saturados y ahora están drenados superficialmente (FAO, 1999).

Horizonte O: Capas dominadas por material orgánico, que consisten en hojarasca no descompuestas o parcialmente descompuestas, tal como hojas, ramitas, musgos, y líquenes, que se han acumulado en la superficie (FAO, 1999).

Horizonte A: horizontes minerales que se han formado en la superficie o debajo de un horizonte O, en los cuales toda o buena parte de la estructura de roca original ha desaparecido y que se caracterizan por uno o más de los siguientes:

- Una acumulación de materia orgánica humificada íntimamente mezclada con la fracción mineral y que no presenta propiedades características de horizontes E o B.
- Propiedades que resultan de labranza, pastoreo, o tipos similares de disturbios; o una morfología que es diferente del horizonte B o C subyacente, como resultados de procesos relacionados con la superficie (FAO, 1999).

Horizonte E: Horizontes minerales en los cuales el rasgo principal es la pérdida de arcilla, hierro, aluminio, o alguna combinación de estos, dejando una concentración de partículas de arena y limo, y en los cuales toda o buena parte de la estructura de roca original ha desaparecido (FAO, 1999).

Horizonte B: Horizontes que se han formado debajo de un horizonte A, E, O ó H, y en los cuales los rasgos dominantes son la desaparición de toda o gran parte de la estructura de la roca original junto con uno o una combinación de lo siguiente:

- Concentración 18luvial, sola o en combinación, de arcilla, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso o sílice.
- Evidencia de remoción de carbonatos
- Concentración de residual de sesquióxidos (FAO, 1999).

Todos los tipos de horizontes B son, o lo fueron originalmente, horizontes subsuperficiales. Se incluyen como horizontes B las capas de concentración 18luvial de carbonatos, yeso, o sílice que son resultado de procesos pedogenéticos (estas capas pueden o no estar cementadas) y capas quebradizas que tengan otra evidencia de alteración, tal como estructura prismática o acumulación 18luvial de arcilla (FAO, 1999).

Horizonte C: Horizontes, excluyendo la roca dura de base, que están poco afectados por procesos pedogenéticos y no tienen propiedades de un horizonte H, O, A, E, o B. La mayoría son capas minerales, pero se incluyen algunas capas silíceas y calcáreas tales como conchillas, corales y tierras diatomeas. El material del horizonte C puede ser parecido o diferente a aquel del cual presumiblemente se formó el solum. Un horizonte C puede haber sido modificado aún si no hay evidencias de pedógenesis. Las raíces de las plantas pueden penetrar en este horizonte, lo que proporciona un medio de crecimiento importante (FAO, 1999).

Capas R: Roca dura subyaciendo al suelo.

El granito, basalto, cuarcita y caliza o arenisca endurecidas son ejemplos de roca que se designan R, Cuando se colocan fragmentos secos al aire o más secos de una capa R no se disgregan dentro de las 24 horas. La capa R es suficientemente coherente en húmedo para hacer impracticable el excavado manual o con pala, aunque pueda ser astillada o descamada. Algunas capas R pueden romperse con maquinaria pesada. La roca pueden contener grietas, pero estas son tan pocas y tan pequeñas que pueden penetrar pocas raíces. Las grietas pueden estar revestidas o rellenas con arcilla u otro material (FAO, 1999).

## **7.2 Propiedades químicas.**

### **7.2.1 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Se define como intercambio catiónico como los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo absorben iones de la fase acuosa liberando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose el equilibrio entre ambas fases. La capacidad de intercambio catiónico normalmente se expresa en meq/100 gr de suelo y de acuerdo a la proporción de los coloides y mineralogía de los mismos puede variar en un amplio rango.

Es un proceso dinámica que se desarrolla en la superficie de las partículas. Como los iones absorbidos quedan en posición asimilable constituyen la reserva de nutrientes para las plantas (Quiroja & Bono, 2012).

### **7.2.2 pH del suelo**

Así como la temperatura es uno de los índices más importantes en el diagnóstico del estado de salud en los humanos, el pH del suelo es uno de los parámetros más solicitados en los análisis del suelo, debido a que afecta la mayoría de los procesos biológicos, incluyendo el crecimiento de las plantas. Reacciones extremas en los suelos, tales como fuerte acidez o fuerte alcalinidad son indicativas de condiciones que interfieren con esos procesos (Casanova, 2005).

El pH expresa la concentración efectiva de iones hidrógenos (H) en solución del suelo en términos de peso equivalente por litro de solución. El patrón de comparaciones es siempre el pH del agua pura, en la cual la concentración de iones hidrógeno (H) es 0.0000001 ( $10^{-7}$ ) equivalentes por litro, y para obviar el uso de tantos decimales se ha definido el pH como el logaritmo de valor inverso de la concentración de  $H^+$ , por lo tanto este valor para el agua pura sería 7 y es indicativo de un equilibrio entre iones  $H^+$  y  $OH^-$  (Casanova, 2005).

#### **7.2.2.1 Origen de la acidez en los suelos**

Según USDA (1999), en los suelos, dependiendo de la concentración de iones hidronio, se presentan tres condiciones:

Acidez: pH menor que 7

Neutralidad: pH igual que 7

Alcalinidad: pH mayor que 7

#### **7.2.2.2 Influencia del pH en los suelos**

##### **7.2.2.2.1 Disponibilidad de nutrientes**

El pH del suelo afecta la disponibilidad de los nutrientes vegetales. La disponibilidad de los nutrientes se ve afectada por cambios en la solubilidad de los minerales del suelo. Los minerales son más solubles en suelos ácidos que en suelos neutros o ligeramente básicos. La mayor disponibilidad, para el caso de la mayor parte de los nutrientes, se halla entre pH 6,0 y 7,0 (USDA, 1999).

Cuando los nutrientes aparecen interconectados, los nutrientes a ese pH se combinan para formar compuestos insolubles, reduciendo su disponibilidad. El pH del suelo también afecta la actividad de los microorganismos beneficiosos, lo cual afecta a su vez la disponibilidad de nutrientes. En general, los hongos cumplen sus funciones en un rango

amplio de pH, pero las bacterias y los actinomicetos se desempeñan mejor a pH intermedios o algo elevados (USDA, 1999).

Los principales elementos son: Nitrógeno (N), Fósforo (F), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Boro (B), Zinc (Zn), Molibdeno (MB) Cobre (Cu), Cloro (Cl) (USDA, 1999).

#### **7.2.2.2 Factores que originan la acidez en el suelo.**

Los factores que contribuyen a la acidificación de los suelos son los siguientes:

Suelos viejos: porque pierden los nutrientes productos del lavado que se da con el paso del tiempo, quedando solo la acidez.

Materia orgánica: Cuando los organismos descomponen la materia orgánica se produce la acidez.

Los cultivos: Los nutrientes que extraen las plantas para su cosecha disminuyen la fertilidad de suelo. Al no retornar nuevamente al suelo, aumenta la acidez.

Los fertilizantes nitrogenados: al realizar reacciones químicas en el suelo se produce acidez.

Erosión: Se pierde y se disminuye los nutrientes del suelo, aumentando la acidez (ICAFE, 2004).

#### **7.2.3 Capacidad de uso de los suelos**

El 86% de los suelos en San Dionisio, son suelos superficiales de orden vertisol, según (Núñez, 2000):

Estos son suelos minerales que se caracterizan por su alto contenido de arcilla tipo 2:1 (esmectitas) por lo que se expande y contrae alternativamente dependiendo del contenido de humedad. Durante la época seca presenta grietas profundas (1cm de ancho x 50cm de profundidad como mínimo). Se les llama comúnmente como “Sonzocuites”, suelos de arcillas negras tropicales.

Según sus propiedades físicas, químicas y biológicas un suelo podrá ser utilizado para un determinado cultivo. Esto tiene que ver con aspectos como la textura, la pendiente, la profundidad, la intensidad, la profundidad efectiva de las raíces, también se deben contrastar con los rangos de pendiente y frecuencia del uso que el suelo ha tenido. Se recomienda que en pendiente menor del 12 % se establezcan cultivos limpios como yuca, frutales, granos básicos. En pendientes de 12 % a 50 % los cultivos ya mencionados más hortalizas, cultivos semi limpios después del 25 % tomando en cuenta medidas de conservación de suelo. De 50 % a 60 % cultivos densos y mayor de 60 % plantaciones forestales. Todo esto acompañado de obras de conservación de suelo (Young, 1992).

MAGFOR, (2003), plantea que la capacidad de uso es la intensidad de uso más apropiada del suelo, por sus características, propiedades edáficas, relieve y condiciones ambientales para una explotación rentable con mínimo deterioro del recurso, estableciéndose tres categorías: tierras agrícolas, pecuarias y forestales.

Según MAGFOR/INAFOR (2009), el uso potencial de los suelos de Nicaragua se clasifica en seis categorías, las que son:

- a) Uso forestal con 5,224,714 ha
- b) Uso agrícola con 1,311,633 ha
- c) Uso agrosilvopastoril con 1,978,473 ha
- d) Uso silvopasturas con 1,434,119 ha
- e) Uso pecuario con 1,145,666 ha y
- f) Uso conservación de flora y fauna con 846,359 ha

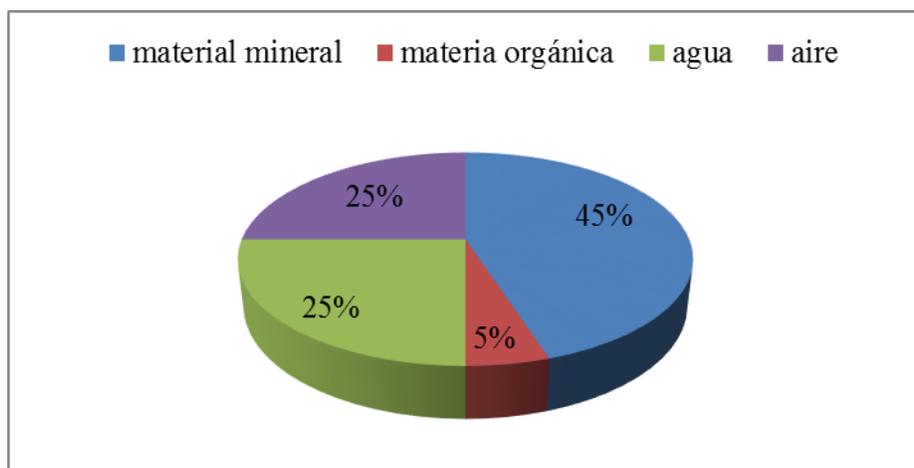
En una fracción volumétrica (volumen unitario) de un suelo, se identifican los cuatro componentes:

- 1.- Material mineral
- 2.- Materia orgánica
- 3.- Aire.
- 4.- Agua.

La composición volumétrica de los suelos ideales se considera porcentual por peso, y se refiere a una fracción unitaria volumétrica, así distribuida:

Material mineral.....	45 %
Materia orgánica.....	5 %
Agua + Aire.....	50 %

Gráfico 1: Representación porcentual de los principales componentes del suelo (fracción volumétrica).



Fuente: Núñez (2000)

El gráfico 1, representa un modelo general que ilustra esa composición porcentual por volumen de los componentes de un suelo ideal, pues en la realidad se encuentran muchas variaciones en las relaciones volumétricas de estos cuatro componentes.

### Material Sólido

Materia orgánica: Corresponde a los residuos de origen biológico, predominante vegetal, que se acumulan en el suelo. Se define como materia orgánica a “la fracción orgánica del suelo que incluyen los residuos provenientes de plantas y animales que se encuentran en el suelo en diferentes etapas de descomposición”, conteniendo residuos frescos, parcialmente descompuesto y totalmente descompuestos (humus), llamándose a todo en forma genérica, materia orgánica (Núñez, 2000).

Materia mineral: Está constituida por los componentes inorgánicos del suelo (arcillas, limos, arenas, piedras, gravas, etc.)

Respecto a material mineral y orgánico los valores porcentuales varían en un ámbito estrecho; respecto al aire y el agua variaciones son de mayor amplitud. El contenido de materia orgánica fluctúa de 0 a 10 % en suelos minerales y generalmente es inversamente proporcional a la profundidad (Núñez, 2000).

#### Agua y aire

Se estima que, porcentualmente los componentes minerales más los orgánicos constituyen aproximadamente el 50 % del volumen total de los componentes del suelo. El otro 50 % del volumen la forman espacios vacíos o poros que se encuentran ocupados por aire o agua, o ambos, y cuyos contenidos están inversamente relacionados: a mayor contenido de agua en el suelo, menor contenido de aire y a mayor contenido de aire menor de agua (Núñez, 2000).

#### La porosidad

Es una característica básica del suelo que a la vez afecta otras características de los mismos. Físicamente corresponde a los espacios vacíos del suelo, los que puedan estar ocupados por aire, por agua o ambos. Para el desarrollo normal de las plantas es importante la porosidad del suelo está repartida proporcionalmente entre suelo y agua, mientras que el espacio mínimo ocupado por el aire no sea inferior al 10 % con el fin de evitar problemas de asfixia para las plantas (Núñez, 2000).

#### **7.2.4 Sistemas productivos**

Son un conjunto de componentes que interaccionan unos con otros, de tal forma que cada conjunto se comporta como una unidad completa (Scalone, 2008).

Un sistema productivo es la forma en que el productor organiza la utilización de sus recursos en función de sus objetivos y necesidades, condicionado por factores externos de carácter socioeconómico y ecológico (Scalone, 2008)

También los sistemas se identifican como conjunto de elementos o entidades que guardan estrechas relaciones entre si y que mantienen al sistema directa o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo, por ejemplo, optimizar la producción (Scalone, 2008).

Un sistema productivo puede ser abierto o cerrado. Los sistemas cerrados (o mecánicos) funcionan de acuerdo a determinadas relaciones de causa y efecto y mantienen un intercambio predeterminado también con el medio ambiente, donde determinadas entradas producen determinadas salidas. En cambio un sistema abierto (orgánico) funciona dentro de las relaciones causa-efecto desconocida e indeterminada y mantienen un intercambio intenso con el medio (Scalone, 2008).

Los sistemas de producción agropecuaria se definen como el conjunto de insumos, técnicas y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas y pecuarios. Estos sistemas, complejos y dinámicos, están fuertemente influenciados por el medio rural externo, incluyendo mercado, infraestructura y programas (Cotler & Domínguez, 2006).

## 7.2.5 Características edafológicas

### 7.2.5.1 Textura

Es la parte sólida del suelo está compuesta principalmente por partículas minerales de diversos tamaños. Si estas partículas poseen más de 2 mm, se llaman fragmento rocoso o grava; si poseen menos de 2 mm, se llaman tierra formada por arena limo y arcilla.

En el estudio del suelo, solo interesan las partículas cuyo diámetro mida de 0,0001 hasta 2 milímetros, porque ellos son las que van a definir la textura del suelo según su predominancia (Arias, 2007).

Siendo de interés las siguientes partículas:

- Arena: son partículas observadas al ojo. Agrupadas, se sienten al tacto. No se adhieren unas a otras; por lo tanto, no son pegajosas ni plásticas, no forman agregados estables en el suelo. Los poros formados entre partículas de arena son grandes, por lo cual no retienen el agua. No tienen cargas electromagnéticas en su superficie, de ahí que no retienen cationes ni aniones.
- Limo: son partículas observables al microscopio petrográfico; al tacto, se siente como talco. Agrupadas y húmedas presentan limitada plasticidad y pegajosidad, son fácilmente moldeables pero frágiles cuando se secan. Los poros formados en tres partículas son pequeños, y tienen alta capacidad de agua retentiva del agua disponible.
- Arcilla: Son partículas sumamente pequeñas. Solo se pueden observar en el microscopio electrónico. Agrupadas y húmedas, son plásticas y pegajosas y al secarse, los peds (agregados), que se forman son resistentes y, dependiendo del tipo de arcilla, unos peds son más frágiles que otros. Los poros formados en las partículas de las arcillas tienen carga negativa en su superficie específica, lo cual les permiten absorber cationes, según el tipo de arcilla, así será la cantidad de cargas negativas en su superficie (Arias, 2007).

## **7.3 Degradación de suelo.**

### **7.3.1 Erosión**

La erosión vista como un fenómeno geológico natural es causada por acción del agua o del viento, y provoca la pérdida de las partículas de suelo. No obstante, ciertas actividades humanas pueden agravar o acelerar en gran medida la erosión (Alonso, 2010).

La erosión de los suelos es considerada un serio problema ambiental a escala mundial aunque resulta difícil estimar con precisión su extensión, magnitud e intensidad, como también sus consecuencias económicas y ambientales. Algunas estimaciones realizadas durante la década de 1970 indicaban que en esos años ocurría en el mundo una pérdida irreversible de unas 6 millones de hectáreas de suelo fértil por año (Viglizzo & Jobbagy, 2010).

La erosión del suelo se manifiesta a través de una caída de la fertilidad, de los rendimientos, de la capacidad de infiltración, de la retención del agua y el suelo, también un aumento de la compactación, del escurrimiento superficial, la pérdida de sedimentos y del pH (Viglizzo & Jobbagy, 2010).

En nuestra opinión, es la pérdida actual o potencial de suelo provocada por la escorrentía superficial y la acción del viento. La erosión actual o sufrida ocurre por las inadecuadas prácticas de manejo de la tierra y potencial según el grado de inclinación de la pendiente.

Según PASOLAC (2005), aproximadamente 7.7 millones de hectáreas del territorio nacional presenta grados variables de erosión, las cuales pueden ser leves comenzando por la erosión por salpicaduras, laminar o puede llegar a convertirse en erosión severas o muy fuertes si se forman cárcavas o grandes movimientos de tierra, 3.6 millones de hectáreas presentan un grado de erosión catalogado de muy fuerte a severo.

Hay diferentes tipos de erosión:

#### **7.3.1.1 Erosión laminar**

Consiste en la remoción de capas delgadas y más o menos uniformes de suelo sobre toda un área. Es la forma menos notable del flagelo y por lo mismo, la más peligrosa. A través de su acción comienza a tornarse de color más claro el suelo superficial por efecto de la remoción de humus y a reducirse la productividad de los terrenos en forma progresiva (Suárez, 1979).

Es la erosión por cascada que describe (Stocking & Murnaghan, 2003) y que se produce al pie de los árboles por flujo concentrado de agua que baja del tronco, especialmente si éstos tienen hojas que pueden concentrar el agua de lluvia como el banano y durante las lluvias de gran intensidad.

Según APAZA, (2008) la erosión laminar es la más extendida y la menos perceptible. El daño causado, a igualdad de pérdida del suelo es mayor, ya que selecciona las partículas del suelo (deja atrás las más gruesas, llevándose el limo, la arcilla y la materia orgánica).

#### **7.3.1.2 Erosión por surcos**

Después de una tormenta, el agua de lluvia se escurre. Si no se usan métodos de conservación de suelos (como barreras vivas y cobertura vegetal) el agua al escurrirse, se lleva parte del suelo. Esto de inicio a pequeños canales, al crecer, estos se transforman en surcos (Rivera & Sang, 2011).

Los surcos grandes suelen desarrollarse a los costados de senderos y caminos. Los pequeños (de menos de 25 cm de profundidad) normalmente se pueden controlar construyendo fosas y camellones a nivel. Estas medidas, sin embargo, no son suficientes para controlar los surcos más grandes. A éstos es necesario bloquearlos para detener la

erosión, de lo contrario, continuarán profundizándose, así causando la pérdida de más y más suelos, que escurrirán con las aguas durante las lluvias fuertes (Rivera & Sang, 2011).

### **7.3.1.3 Erosión en Cárcavas**

Cuando hay una mayor concentración en el escurrimiento, las irregularidades del terreno permiten la unión de varios surcos y se forman zanjas de gran tamaño conocidas como cárcavas; generalmente ramificadas y que no permitan el uso de maquinarias, ni ningún cultivo. Esta forma de erosión es común en suelos altamente susceptibles a la erosión (INETER, 2005).

Las cárcavas son definidas como zanjas más o menos profundas originadas por socavamientos repetidos sobre el terreno, debido al flujo incontrolado del agua que escurre ladera abajo (agua de escorrentía) (Rivera, 2011).

Cuando las cárcavas evolucionan con crecimiento hacia arriba y hacia los lados de la ladera, toman el nombre de cárcavas remontantes. La presencia de cárcavas en un terreno indica un grado avanzado de degradación, la mayoría de las veces se inician luego de la pérdida superficial del suelo por efecto del impacto de las lluvias, destrucción de los agregados naturales del suelo, la erosión laminar y en surcos, como consecuencia del manejo inadecuado de los suelos más la ausencia de prácticas preventivas de conservación, o por la construcción de vías sin obras adecuadas para conducción de aguas de escorrentía y por descargas de caudales altos de agua sobre taludes inferiores sin disipación de su energía cinética (Rivera, 2011).

Una de las limitantes principales en el control de cárcavas remontantes son los costos, cuando la solución se enfoca hacia la Ingeniería Convencional con estructuras de concreto, por el desconocimiento de otras soluciones alternas, más eficientes, eficaces y de menor costo, como son los tratamientos de tipo biológico, utilizando los recursos existentes en la finca, zona urbana o área de influencia al problema (Rivera, 2011).

Estos suelos también presentan rocas en la superficie y están siendo utilizados para pastos y granos básicos (Murillo & D, 1998) en una caracterización participativa que se hizo en el año 1998, los productores calificaron sus suelos así:

a) Estado del suelo:

No da nada sin abono 81 %

No necesita abono 19 %

b) Profundidad del suelo:

2-5 pulgadas 47 %

5-10 pulgadas 27 %

Menos 2 pulgadas 14 %

Más 10 pulgadas 12 %

c) Permeabilidad o drenaje:

El agua se encharca 17 %

Poco encharcamiento 39 %

No hay encharcamiento 43 %

d) Tipos de malezas:

Sólo algunos tipos 35 %

Muchos tipos 64 %

e) Vida orgánica:

Poca vida en el suelo 34 %

Algo de vida en el suelo 36 %

Mucha vida en el suelo 30 %

Cada una de las variables se le asignaba una puntuación con el objetivo de saber el estado de la degradación de los suelos, pero a simple vista por los datos obtenidos se puede determinar que estos suelos están en mayor parte degradados, con poca profundidad, en

encharcamiento andan en un rango aceptable, con gran porcentaje de malezas de diferentes tipos y con un porcentaje medio de vida orgánica (Murillo & D, 1998).

## **7.4 Conservación de suelos**

Es aplicar técnicas o prácticas que contribuyen a conservar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva (Chavarría, 2011).

En San Dionisio se cuenta con la presencia de entidades que transfieren prácticas de conservación desde 1992, tales como Programa de Campesino a Campesino (PCaC), Cooperative for Assistance and Relief Everywhere (CARE) internacional, CARITAS, Programa Mundial de Alimentos (PMA) (UCOSD, 2004).

### **7.4.1 Factores determinantes para una obra de conservación de suelo**

Existen principios generales que se deben considerar como lineamientos básicos para desarrollar obras de conservación de suelos y aguas:

Aumentar la cubierta vegetal de los suelos.

- Reduce la erosión hídrica y eólica.
- Aumenta la infiltración de la lluvia.
- Reduce la pérdida de humedad por evaporación.
- Mantiene la temperatura.
- Mejora las condiciones de germinación.
- Mejora la estabilidad estructural de los suelos.
- Estimula la actividad biológica del suelo.
- Aumenta la porosidad.
- Favorece el control biológico de plagas.
- Reduce el enmalezamiento.

Aumentar la materia orgánica del suelo.

- Incrementa la estabilidad de la parte superficial del suelo.
- Aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo.
- Incrementa la capacidad del suelo para retener nutrientes.
- Estimula la actividad biológica del suelo.

Aumentar la infiltración y la retención de humedad

- Disminuye el déficit y la retención de humedad.
- Incrementa el rendimiento y la producción de biomasa del cultivo.
- Reduce los escurrimientos.

Reducir los escurrimientos.

- Reduce la pérdida de suelo, agua y minerales.
- Aumenta el agua disponible para el cultivo.

Mejorar las condiciones de enraizamiento.

- Mejora el desarrollo de las raíces por ende a una mejor absorción de nutrientes y agua mediante la vegetación.

Mejorar la fertilidad química y la productividad.

- Incrementa la producción y el rendimiento.
- Incrementa la producción de la biomasa.

Reducir la contaminación del suelo y del ambiente a través de la:

- Capacitación a los agricultores sobre la forma correcta de manejar los compuestos químicos para uso agrícola.
- Aplicación de fertilizantes en forma fraccionada según las necesidades.
- Aplicación de prácticas de conservación de suelos para reducir al mínimo las cantidades de sedimento y pesticidas en las aguas subterráneas y superficiales.
- Supervisión de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales que servirá como pauta y base de datos para la práctica eficaz del manejo de suelos. (Estado de México, 2009).

#### **7.4.1.1 Curvas a Nivel**

Una curva a nivel es el trazo de una línea perpendicular a la pendiente, en la cual, todos los puntos están alineados al mismo nivel. Las acequias, terrazas, miniterrazas, y barreras, vivas se construyen sobre curvas a nivel. Cultivando en curvas a nivel reduce la erosión y aumenta la retención de agua (INTA-MAGFOR, 2004).

#### **7.4.1.2 Barrera viva**

Esta práctica de conservación de suelos consiste en sembrar hileras de perennes o plantas de crecimiento denso o de buen macollamiento en contra de la pendiente del terreno siguiendo las curvas a nivel o desnivel. Las plantas que generalmente se usan son pastos como el King grass (*Pennisetum hybridum*), Zacate Guinea (*Panicum máximum*), Valeriana (*Valeriana officinalis*), Zacate limón (*Cybopogon citratus*), piña (*Ananas sativus*), Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*), entre otras. Estas plantas se pueden sembrar en hileras dobles o tresbolillos, distanciadas de 15 a 20 cm. (un jeme o una cuarta de la mano. Separada en una barrera de la otra según la pendiente del terreno y la clase de cultivo. La importancia que tiene esta práctica es que disminuye la velocidad del agua de lluvia que no se logra filtrar en el suelo y como es de crecimiento denso reteniendo gran cantidad de suelo y nutrientes. Además aumenta la filtración del agua ayudando a conservar por mayor tiempo la humedad en el perfil del suelo (FHIA, 2004).

### **7.4.1.3 Barreras muertas**

Las barreras muertas son cercos, de piedras o de rastrojos, colocados conforme las curvas a nivel.

Cuando ya tenemos las curvas a nivel, hacemos una media grada donde irá la barrera muerta para que la piedra quede bien firme, hay que buscar las piedras más planas y grandes para centrarlas en la primera fila y luego ponerle las otras piedras (Rodríguez & Hernández, 1994).

El alto de la barrera puede depender de la cantidad de piedra, disponible, pero también de la pendiente, el alto puede ser de 30 cm en adelante. Mientras menos pendiente, menos altura tendrá la barrera. La piedra pequeña se va metiendo en medio de la grande (Rodríguez & Hernández, 1994).

Dependiendo de la disponibilidad de piedras, el ancho de la barrera puede ser desde 40 - 80 cm de ancho.

Lo mejor es sembrar estacas con brotes para tener juntas barreras muertas y barreras vivas. Las estacas se siembran a cada metro.

Las ventajas de las barreras muertas es que controlan la erosión del suelo y mejoran la productividad de los cultivos (Rodríguez & Hernández, 1994).

### **7.4.1.4 Abonos verdes**

Se conceptúa abonos verdes a la utilización de plantas en rotación, sucesión y asociación con cultivos comerciales, incorporándose al suelo o dejándose en la superficie, ofreciendo protección, ya sea como un mantenimiento y/o recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (FAO, 2000).

## 7.5 Principales rubros productivos en San Dionisio

Los principales rubros a los que se dedican los/as socios/as de la UCOSD, son al cultivos tradicionales (granos básicos); la mayoría mencionaron que siembran maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) (89 y 84 % respectivamente), el área promedio sigue siendo de 1.5 Mz/socio/a (UCOSD, 2004).

Los rendimientos de los cultivos tradicionales son bajos; en el caso del rubro maíz (*Zea mays*) el rendimiento 15.57 qq/Mz, en cuanto al rubro frijol (*Phaseolus vulgaris*) tiene 8.29 qq/Mz en primera y 6.8qq/Mz en postrera (UCOSD, 2004).

La principal asociación de cultivos que utilizan es maíz-frijol, un 66% de los/as socios/as así lo indicaron.

Cuando se comparan los resultados (rendimientos) con un estudio realizado en el 2004 por la UCOSD, en todos los cultivos se observan diferencias, probablemente esto se debe a los cambios en los factores climáticos; pero además las prácticas de manejo de los cultivos pueden haber disminuido la fertilidad de los suelos, pues el 60 % de los/as socios/as mencionaron que la fertilidad de los suelos donde siembra maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y sorgo (*Sorghum vulgare*) es regular. Por otra parte, estos rendimientos encontrados en San Dionisio, son similares a los promedios nacionales reportados por MAGFOR; ésta institución en su informe preliminar del ciclo productivo 2009-2010, reportó rendimientos para el frijol, maíz y sorgo (*Sorghum vulgare*) de 13.32, 24 y 25 qq/Mz respectivamente (UCOSD, 2004).

Tabla N° 1. Caracterización de productores por rubros

<b>Cultivo</b>	<b>Área promedio</b>	<b>Área Mz</b>	<b>Nº de socios/as</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Maíz</b>	1,53	0,25 a 5	108	89
<b>Frijol</b>	1,58	0,25 a 7	103	84
<b>Sorgo</b>	1,34	0,25 a 4	63	52
<b>Café</b>	0,54	0,03 a 2	24	20
<b>Musáceas</b>	0,34	0,03 a 1	12	10
<b>Frutales</b>	0,37	0,03 a 1,75	15	12
<b>Raíces</b>	0,18	0,06 a 0,5	10	8
<b>Hortalizas</b>	0,5	0,25 a 1	4	3

Fuente: (UCOSD, 2004)

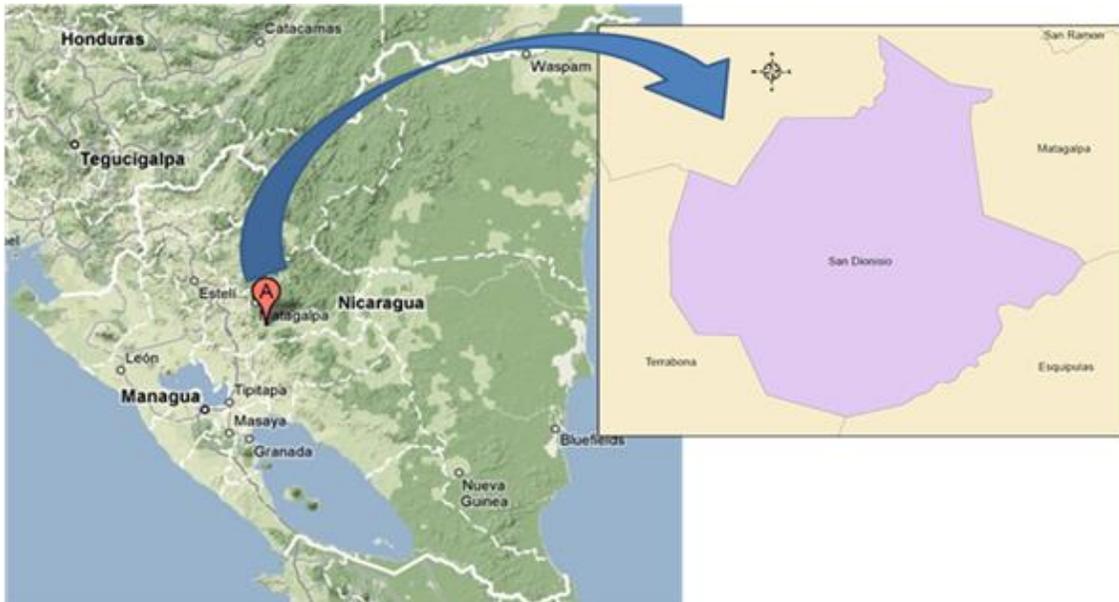
## VIII DISEÑO METODOLÓGICO

### 8.1 Ubicación y área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el municipio de San Dionisio del Departamento de Matagalpa, tomando como lugar de estudio las 3 comunidades correspondientes a la parte alta y media de la Sub-cuenca del Río Calicó cuales fueron: El Zapote, El Carrizal y Samulalí; asociadas a la UCOSD (Unión de Campesinos Organizados de San Dionisio).

El municipio de San Dionisio pertenece al departamento de Matagalpa, el cual está situado a una distancia de 37 km de la cabecera departamental y a 166 km al norte de la capital. Tiene una extensión territorial de 165.50 km<sup>2</sup>, ocupando el 0.12% del territorio nacional con una población aproximada de 18,400 habitantes y una densidad poblacional de 111 hab/km<sup>2</sup> (Alcaldía de San Dionisio, 2014).

Figura 1: Macro y micro localización San Dionisio, Matagalpa.



Fuente: Alcaldía de San Dionisio (2014)

## 8.2 Caracterización de la zona de estudio

El sitio de estudio es la sub cuenca del Río Cálico, esta red hidrográfica está conformada por 25 microcuencas en el municipio de San Dionisio, departamento de Matagalpa, Nicaragua, San Dionisio. Se ubica dentro de la macro-región seca; la temperatura promedio oscila entre los 22.5 y 25 ° C (Baltodano & Mendoza, 2001).

Es una zona semi-árida explotada con ganadería extensiva y habitada por una población pauperizada, dedicada a una producción en los granos básicos de ciclo corto maíz (*Zea maiz*), Frijol (*Phaseolus vulgaris l.*), un poco de sorgo predominantemente campesina. El relieve está formado en su mayoría por terrenos ondulados o quebrados, de suelos superficiales, pedregosos o Zonsocuitosos (vertisoles). El clima va de seco a semi-árido, con un régimen de lluvia deficitario, de 800 a 1,100 mm anuales, o más abundante hasta un máximo de 1,600 mm mal distribuido a lo largo de los 7 meses de invierno, lo que presenta una limitante fundamental para la actividad agrícola (Baltodano & Mendoza, 2001).

Los principales sistemas de producción en San Dionisio son agrícolas y en menor grado, la ganadería. El área agrícola está comprendida principalmente por granos básicos y la mayor parte de la producción es utilizada para el autoconsumo (Baltodano & Mendoza, 2001).

Los principales cultivos son:

- Cultivos anuales: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), sorgo (*Sorghum vulgare*), arroz (*Oriza sativa*), piña (*Ananas sativus*).
- Cultivos perennes: café (*Coffea arabica*), cítricos, musáceas.
- Hortalizas: tomates (*Lycopersicum esculentum mil*), chiltoma (*Capsicum annum*), repollo (*Brassica oleracea*), lechuga (*Lactuca sativa L*), entre otros.
- Tubérculos: yuca (*Manihot esculenta*), quequisque (*Xanthosoma sagittifolium*).

Uno de los problemas ambientales que enfrenta el municipio es la erosión del suelo, la mayoría de estos se encuentran en un grado de moderada a extrema erosión, predominando

suelos pocos profundos, con textura franco arenoso, franco limoso, franco arcilloso y arcilloso pesado. La mayoría de los suelos tiene una vocación forestal, a pesar de ello, en la actualidad se encuentran ocupados por actividades agropecuarias (80.36%), sobrepasando su potencial, lo cual genera una degradación continua y corren el riesgo de volverse a corto tiempo irrecuperables (UCOSD, 2004).

Además de la degradación de suelo, en el municipio ya se están observando los efectos del cambio climático o cambio global, estos efectos se visualizan en la alta variabilidad en el régimen de las lluvias (intensidad y periodicidad), los cambios bruscos en las temperaturas y la alteración en la dirección e intensidad de los vientos, lo cual se traduce en afectación directa en los cultivos tradicionales y en algunos servicios eco sistémicos necesario para los seres humanos (agua y oxígeno).

### **8.3 Tipo de investigación**

El enfoque empleado en esta investigación es de orden descriptivo, cuali-cuantitativo y de corte transversal, ya que de acuerdo al tiempo se llevó a cabo en el periodo comprendido desde el segundo semestre 2013 hasta el inicio del primer semestre 2014.

Es de orden descriptivo porque se dan a conocer las características de los suelos en los sistemas productivos de la parte alta y media de la Subcuenca del Río Cállico.

Cuali-cuantitativo porque se tomaron variables o parámetros que se pueden medir y otras que solo se pueden describir.

### **8.4 Población y muestra**

La población universo de la Asociación (UCOSD), está integrada por 587 socios/as distribuidos en 12 comunidades del municipio de San Dionisio y Matagalpa; algunas de estas comunidades se encuentran la parte alta y media de la Subcuenca del Río Cállico.

La muestra seleccionada fue no probabilística, ya que la toma de las mismas se hizo por criterios definidos por conveniencia; dicho trabajo fue de 8 parcelas, en los sistemas de producción evaluados incluyen parcelas de maíz, frijol y sorgo.

Los criterios para la selección de las parcelas de estudio fueron:

- Área de 1/2 Mz a más.
- Pendiente mayor al 5%.
- Disponibilidad del productor (Aporte de mano de obra e información del historial de la parcela)
- Poseer registro de 5 años anteriores de la actividad agropecuaria de las parcelas o potreros.
- Fácil accesibilidad a la parcela.
- Rendimientos anteriores por cultivos.
- Itinerario técnico para cada cultivo.

## **8.5 Procesamiento de datos**

Posteriormente, los datos recolectados fueron verificados, transcritos y procesados en una base datos en Excel (versión 2010 y 2013) acompañados con la realización de gráficos (de barra, pastel y radiales).

## 8.6 Operacionalización de variables

Variable	Subvariable	Indicador	Materiales
Características de suelo	Físicas	Textura	Guía de Cassanova
		Profundidad de suelo	Medición de campo (pin metálico)
		Velocidad de infiltración	Determinación por texturas
		Capacidad de campo	Ecuación de Silva
		Punto de marchitez permanente	Ecuación de Silva
	Químicas	pH	Análisis de laboratorio
		Materia Orgánica	Análisis de laboratorio
		Disponibilidad de nutrientes	Análisis de laboratorio
	Erosión	Laminar	Visual, Transectos
		En surcos	Visual, Transectos
		Cárcavas y deslizamiento	Visual, Transectos
		Terrazas	Visual, Transectos
	Tierra	OCSA	Tipos
Uso actual de suelo		Agrícola (Área)	Google earth, Map Source V6.11.6
Productividad		Rendimientos/Mz	Encuesta
Historial		Descripción de uso últimos 5 años	Encuesta
Tenencia de tierras		Propias	Encuesta
		Alquiler	Encuesta
Condiciones agroecológicas		Precipitación	New Loc_Clim V1.10
		Pendiente	Diferencia de alturas con puntos GPS
		Altura sobre nivel del mar	GPS
		Temperatura	New Loc_Clim V1.10
	Horas luz	New Loc_Clim V1.10	

## **8.7 Materiales y métodos**

### **8.7.1 Metodologías para la evaluación de los cultivos**

El proyecto CATIE-NORUEGA desarrolló un formato para la evaluación de la degradación suelos en las pasturas, este sistema asigna puntuaciones las cuales serán adecuadas para realizar la evaluación no solamente en las pasturas, también en todas las parcelas. (Cuadro N° 2 anexos.)

### **8.7.2 Transectos**

Los transectos se realizaron de forma lineal en diagonal con respecto a la parcela, lo que llevó a tomar muestras cada 20 metros donde se tuvo en cuenta el % de cobertura forrajera, % de suelos descubiertos, % de maleza, % de suelos con procesos erosivos (Laminar, en surcos, salpicadura y terracillas vigor del cultivo y % de leguminosas). Se reflejaron el 100% por cuadrículas de 50 cm<sup>2</sup>, con método de observación se determinó cada uno de los porcentajes encontrados en cada punto muestreado.

Muestreo sistemático en dos dimensiones.

En esta técnica consiste en que los puntos de muestreos se ubican a intervalos regulares en una cuadrícula, las observaciones por lo general se toman en las intersecciones de la cuadrícula, pero también pueden tomarse en el centro de la celda. La cuadrícula está formada por celdas de igual tamaño y forma, el primer punto se selecciona aleatoriamente, las observaciones siguientes se seleccionan a distancias fijas en ambas direcciones. Otra manera de hacerlo es ubicando aleatoriamente la cuadrícula tomando las muestras el centro de la celda o las intersecciones (Ovalles, 1999).

Figura 2: Diseño de cuadrícula.


Fuente: Ovalles (1999)

### **8.7.3 Muestreo de suelo**

El muestreo de suelos se realizó en secuencia con los transectos, por cada 4 puntos que se realicen en la técnica de transecto se tomó una submuestra de suelo, una vez finalizado los transectos y muestreo de suelo, se procedió a realizar el método del cuarteo con cada una de las submuestras, este consiste en revolver cada una de las submuestras se agregan a un recipiente para revolverlas muy bien, luego se ponen en un plástico negro y se divide en cuatro partes y se extraen los extremos opuestos de cada muestra y así sucesivamente hasta dejar una muestra compuesta de 1Kg (Chavarría, 2011).

### **8.7.4 Determinación de textura de suelos**

Para la determinación de textura se utilizó la Guía de Cassanova. Este es un método sencillo donde se siguieron los pasos que presenta la guía anexo 3 (Chavarría, 2011).

### **8.7.5 Determinación de la profundidad de suelos**

Los suelos encontrados en las parcelas de estudio se determinaron mediante la utilización de pines metálicos y mazo, el pin metálico era introducido en el suelo y se anotaba la profundidad que penetraba, así sucesivamente se realizaron varios puntos en la parcela y se determinó una media resultando profundidades desde los 16 cm hasta los 34 cm.

### **8.7.6 Determinación de la pendiente**

Para la determinación de pendientes se realizó una operación de diferencias de alturas tomadas con GPS mediante la ecuación citada en Chavarría (2011).

$$P(\%) = \frac{\text{Altura Max} - \text{Altura Min}}{\text{Distancia terreno}} \times 100$$

### **8.7.7 Encuesta**

Se utilizó el instrumento para obtener los datos extras de parcela como por ejemplo el historial de rendimientos productivos de los últimos 5 años, manejo agronómico que le da al cultivo establecido existente, etc. (Anexo 8)

## IX RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las parcelas fueron seleccionadas por el cumplimiento de criterios para determinar si cumplían los parámetros necesarios para ser seleccionadas como objetos de estudio.

Los parámetros fueron:

- Área de ½ Mz a más.
- Pendiente mayor al 5 %.
- Disponibilidad del productor (Aporte de mano de obra e información del historial de la parcela)
- Poseer registro de 5 años anteriores de la actividad agropecuaria de las parcelas o potreros.
- Fácil accesibilidad a la parcela.
- Rendimientos anteriores por cultivos.
- Itinerario técnico para cada cultivo.

Tabla 2. Alturas sobre nivel del mar y comunidad a la que pertenece cada parcela.

<b>Nombre del productor</b>	<b>ASNM</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Parte de la micro cuenca</b>
Sidar Sánchez López (SS)	650	El Zapote	Media
Reymundo Astacio (RA)	543	El Zapote	Media
Pedro Pablo Rodríguez (PR)	755	El Carrizal	Alta
Laureano Pérez Pérez (LP)	740	El Carrizal	Alta
Armando Orozco (AO)	700	El Carrizal	Alta
Antonia Méndez (AM)	652	Samulalí	Alta
Nubia Barrera Cortedano (NB)	740	Samulalí	Alta
Rosa Sánchez Hernández (RS)	740	Samulalí	Alta

Fuente: Resultado de investigación

La tabla 2, muestra que las parcelas estudiadas se encuentran entre 543 msnm y 755 msnm. La Alcaldía de San Dionisio tiene estipulado en que parte de la subcuenca se encuentra cada una de las comunidades, por lo que se observa que El Zapote es de la parte media de la subcuenca; El Carrizal y Samulalí se encuentran en la parte alta.

Para las siguientes tablas se utilizó la siguiente simbología:

	Parcela frijol
	Parcela de maíz
	Parcela de sorgo

## 9.1 Propiedades físicas:

### 9.1.1 Textura

La textura del suelo se refiere al porcentaje en peso de cada una de las tres fracciones minerales, arena, limo y arcilla. Estas fracciones se definen según el diámetro de las partículas (Thompson & Troeh, 1998).

Tabla 3. Texturas de suelos por parcelas.

Productor	Textura de suelo (Cassanova)	Textura recomendada por cultivo		
		Frijol	Maíz	Sorgo
Sidar Sánchez López	Franco	Franco/Franco-arenosos	Franco/Franco-arcilloso	Franco-arenoso/Franco-arcilloso
Reymundo Astacio	Arcillo Arenoso	Franco/Franco-arenosos	Franco/Franco-arcilloso	Franco-arenoso/Franco-arcilloso
Pedro Pablo Rodríguez	Arcillo Arenoso	Franco/Franco-arenosos	Franco/Franco-arcilloso	Franco-arenoso/Franco-arcilloso
Laureano Pérez Pérez	Franco Arcillo Arenoso	Franco/Franco-arenosos	Franco/Franco-arcilloso	Franco-arenoso/Franco-arcilloso
Armando Orozco	Arcillo Limoso	Franco/Franco-arenosos	Franco/Franco-arcilloso	Franco-arenoso/Franco-arcilloso
Antonia Méndez	Arcilloso	Franco/Franco-arenosos	Franco/Franco-arcilloso	Franco-arenoso/Franco-arcilloso
Nubia Barrera Cortédano	Arcillo Arenoso	Franco/Franco-arenosos	Franco/Franco-arcilloso	Franco-arenoso/Franco-arcilloso
Rosa Sánchez	Arcillo Arenoso	Franco/Franco-	Franco/Franco-	Franco-arenoso/Franco-

Hernández	arenosos	arcilloso	arcilloso
-----------	----------	-----------	-----------

Fuente: Guía de Cassanova (método de campo), resultado de investigación.

En la tabla 3, se puede observar que las texturas encontradas en las parcelas son mayormente arcillosas con un 87.5 % aunque también se encontraron suelos de texturas francas con un 12.5 %. Estos datos indican que no hay uniformidad entre las parcelas, en cuanto al parámetro de textura, a pesar de pertenecer al mismo municipio.

Las texturas de suelo encontradas no son las adecuadas para el establecimiento de los cultivos actuales, trayendo consecuencias como el deterioro de la granulometría, infiltración y capacidad de campo, esto se da porque al haber un exceso de lluvia estos suelos entran rápidamente en estado de saturación lo que ocasiona escorrentías y por consiguiente todos los tipos de erosión hídrica, y afectaciones en la fertilidad de los suelos.

### 9.1.2 Profundidad de suelo

Se define como la profundidad efectiva al grosor de las capas del suelo y subsuelo en las cuales las raíces pueden penetrar sin dificultad, en busca de agua, nutrimentos y sostén (Fernández, 1996)

Tabla N° 4. Profundidad de suelos.

Nombre del productor	Profundidad de suelo encontrada (cm)	Profundidad de suelo recomendado por cultivo (cm)		
		Frijol	Maíz	Sorgo
Sidar Sánchez López	16	20 a 50	20 a 50	20 a 50
Reymundo Astacio	32	20 a 50	20 a 50	20 a 50
Pedro Pablo Rodríguez	33	20 a 50	20 a 50	20 a 50
Laureano Pérez Pérez	22	20 a 50	20 a 50	20 a 50
Armando Orozco	27	20 a 50	20 a 50	20 a 50
Antonia Méndez	34	20 a 50	20 a 50	20 a 50
Nubia Barrera Cortédano	25	20 a 50	20 a 50	20 a 50
Rosa Sánchez Hernández	27	20 a 50	20 a 50	20 a 50

Fuente: Resultados de investigación.

Todos los cultivos pueden tener un desarrollo radicular óptimo por la profundidad de suelo encontradas en las parcelas que les permite el anclaje y la absorción de nutrientes a excepción de frijol en la parcela de Sidar Sánchez, que se encuentra por debajo de lo recomendado para este cultivo, es decir, 20 a 50 centímetros.

Si bien es cierto que la mayoría de los cultivos establecidos se encuentran dentro de los rangos de profundidad, en algunas parcelas se está cerca del límite inferior. Si esto ocurre, se dará inicio a afectación por erosión, ya que el sistema radicular de las plantas buscará como profundizarse, pero estas quedaran superficialmente. A esto se le suma los altos porcentajes de pendientes, agravando más los problemas de profundidad de suelos por causa de la erosión hídrica y degradando también las propiedades químicas y biológicas del suelo.

### **9.1.3 Velocidad de infiltración**

La velocidad de infiltración se refiere a la relación entre una lámina de agua que se filtra y el tiempo que tarda en hacerlo y se expresa en centímetros por hora (cm/h) o en milímetros por hora (mm/h). El agua se acumula en los poros del suelo y así pasa hacer utilizada por las plantas, es afectada por la evaporación o es desplazada en otros lugares por efectos del drenaje o percolación. Este movimiento está condicionado a la textura, humedad y estructura de los suelos, por lo que presenta amplias variaciones en el espacio y en el tiempo (Valverde, 2007).

La velocidad de infiltración depende sobre todo, de las características del suelo. Generalmente, los suelos de texturas gruesas, como arenosos y franco arenosos tienen velocidades de infiltración más elevadas que los suelos arcillosos, debido al mayor tamaño de los espacios entre las partículas del suelo. La capacidad de infiltración puede variar entre los 200 mm/h (20 cm/hr) para los arenosos y menos de 5 mm/h (0.5 cm/h) para los arcillosos compactados (Morgan, 1996).

En la tabla siguiente (Tabla 5), se muestran los diferentes rangos de infiltración (cm/h) según pruebas realizadas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA, 2005).

Tabla 5. Velocidades de infiltración en base a texturas de suelos.

<b>Velocidad de infiltración según textura de suelo</b>	
<b>Textura de suelo</b>	<b>V infiltración (cm/hr)</b>
Arenoso	3.8 a 5
Franco arenoso	2.5 a 3.8
Franco	2.1 a 2.5
Franco arcillo arenoso	1.7 a 2.1
Franco arcilloso	1.3 a 1.7
Franco arcillo limoso	0.8 a 1.3
Arcillo arenoso	0.5 a 0.8
Arcillo limoso	0.025 a 0.05
Arcilloso	< 0.025

Fuente: Recomendaciones para la disposición de residuos (EPA, 2005).

Tabla 6. Velocidad de infiltración por textura de suelo encontrada en cada parcela.

<b>Nombre del productor</b>	<b>Textura de suelo (Cassanova)</b>	<b>Velocidad de infiltración cm/hr</b>
<b>Sidar Sánchez López</b>	Franco	2.1 a 2.5
<b>Reymundo Astacio</b>	Arcillo Arenoso	0.5 a 0.8
<b>Pedro Pablo Rodríguez</b>	Arcillo Arenoso	0.5 a 0.8
<b>Laureano Pérez Pérez</b>	Franco Arcillo Arenoso	1.7 a 2.1
<b>Armando Orozco</b>	Arcillo Limoso	0.025 a 0.5
<b>Antonia Méndez</b>	Arcilloso	< 0.025
<b>Nubia Barrera Cortedano</b>	Arcillo Arenoso	0.5 a 0.8
<b>Rosa Sánchez Hernández</b>	Arcillo Arenoso	0.5 a 0.8

Fuente: Resultados de investigación.

La velocidad de infiltración indica la capacidad que tiene el suelo para drenar el exceso de agua en un tiempo determinado, si la cantidad de agua aplicada al suelo no es drenada en el tiempo estipulado, esto indica un excedente que por consecuencia surge la saturación del suelo y problemas en el cultivo establecido, así como el daño por procesos erosivos hídricos.

Las velocidades de infiltración resultantes de las parcelas son variables y de gran beneficio para el drenaje de exceso de agua que es suministrado ya sea en forma de lluvia o sistema de riego, la única parcela que puede presentar afectaciones de anegamiento es la de Antonia Méndez por la textura de los suelos (arcilloso) y por consiguiente su baja infiltración, lo que se resuelve con el porcentaje de pendiente que se encontró en la parcela que es de 37.36 %.

#### **9.1.4 Capacidad de campo**

Un suelo se encuentra a capacidad de campo cuando, tras una lluvia o riego abundante, drena el exceso de agua y el movimiento descendente se reduce sustancialmente (Pons, 2001).

Ecuación de Silva para determinar la capacidad de campo (Silva, Ponce, García, & Durán, 1988).

$$CC = (0.48 * \% \text{ de arcilla}) + (0.162 * \% \text{ de limo}) + 0.23 * \% \text{ de arena} + 2.62$$

Para lo que las capacidades de campo en cada una de las fincas son las encontradas en la tabla 7.

Tabla 7. Capacidad de campo del suelo por cada parcela.

<b>Productor</b>	<b>CC (%)</b>
<b>Sidar Sánchez López</b>	19.62
<b>Reymundo Astacio</b>	24.59
<b>Pedro Pablo Rodríguez</b>	23.03
<b>Laureano Pérez Pérez</b>	20.02
<b>Armando Orozco</b>	31.74
<b>Antonia Méndez</b>	42.87
<b>Nubia Barrera Cortedano</b>	24.59
<b>Rosa Sánchez Hernández</b>	24.59

Fuente: Tabla realizada según ecuación de Silva tomando en cuenta texturas de suelo.

La tabla 7, muestra por ejemplo cuando el suelo a alcanzado un 19.62 % (menor CC) ya está a capacidad de campo máxima, esto indicaría que si pasa de esta cantidad se encuentra en punto de saturación. Por lo tanto se presentaría escorrentía superficial, con sus consecuentes daños a la textura y fertilidad de suelos así como a la profundidad que se vería reducida.

Como se observa el que posee una Capacidad de Campo mayor es el suelo de la parcela que pertenece Antonia Méndez con un 42.87 % lo que simboliza que este tiene la mayor retención de agua y demora más en llegar a su punto de saturación o anegamiento al estar expuesto a lluvia o riego.

Entre menor % de Capacidad de Campo más rápido se evacuará el agua que sobre el suelo haya sido depositado, lo que evitará que el mismo exceda la cantidad necesaria para el desarrollo de los cultivos, en consecuencia se puede originar un estado de stress hídrico.

### **9.1.5 Punto de marchitez permanente**

Puede ser definido como el contenido de humedad del suelo en porcentaje; del cual las plantas no pueden tomar suficiente agua como para cumplir con las exigencias impuestas por la transpiración (Leytón, 1985).

La ecuación utilizada para la determinación del PMP (Punto de Marchitez Permanente) es la siguiente (Silva, Ponce, García, & Durán, 1988):

$$\text{PMP} = \text{CC} * 0.595$$

Utilizando esta ecuación se encontraron los valores para el punto de marchitez permanente de cada parcela que es:

Tabla 8. Punto de Marchitez Permanente de las parcelas.

<b>Productor</b>	<b>PMP</b>
<b>Sidar Sánchez López</b>	11.67
<b>Reymundo Astacio</b>	14.63
<b>Pedro Pablo Rodríguez</b>	13.7
<b>Laureano Pérez Pérez</b>	11.91
<b>Armando Orozco</b>	18.88
<b>Antonia Méndez</b>	25.5
<b>Nubia Barrera Cortédano</b>	14.63
<b>Rosa Sánchez Hernández</b>	14.63

Fuente: Resultado de investigación

El Punto de Marchitez Permanente se refiere al porcentaje mínimo de agua que el suelo debe contener antes que la planta sufra stress hídrico y llegue a un punto irreversible de marchitez por estar expuesto debajo de este rango por un periodo de 12 horas.

La parcela con menor PMP es la de Sidar Sánchez 11.67, esto simboliza que es la que posee un mejor aprovechamiento del recurso agua, mientras que la parcela del productor Antonia Méndez tiene el mayor PMP lo que da a entender que tiene el menor aprovechamiento del agua mostrado en la tabla N° 8.

La diferencia entre los valores de capacidad de campo y punto de marchitez permanente representa la cantidad de agua aprovechable por las plantas y el valor del punto de marchitez permanente, la cantidad no aprovechable (Intituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1964).

El PMP está relacionado con la textura de suelos, ya que a más porcentaje de arcilla podrá retener mayor cantidad de agua, opuesto a lo arenoso. De acuerdo a esto las parcelas tienen una mayor cantidad de retención de agua, porque poseen buen porcentaje de arcillas, esto origina que el PMP sea más bajo y propicio para los cultivos.

## 9.2 Propiedades Químicas

### 9.2.1 pH

El pH del suelo es una medida de la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ) en la disolución del suelo (expresa por tanto, su grado de acidez o alcalinidad). Según los valores del pH (Parra, Fernández, Navarro, & Arquero, 2002).

Tabla 9. pH de suelos.

Productor	Cultivo	pH (encontrado)	pH óptimo
<b>Sidar Sánchez López</b>	Frijol	6.09	5.5 a 6.8
<b>Reymundo Astacio</b>	Frijol	5.75	5.5 a 6.8
<b>Pedro Pablo Rodríguez</b>	Frijol	5.8	5.5 a 6.8
<b>Laureano Pérez Pérez</b>	Sorgo	5.88	5.5 a 7.5
<b>Armando Orozco</b>	Maíz	6.01	5 a 7
<b>Antonia Méndez</b>	Maíz	5.73	5 a 7
<b>Nubia Barrera Cortédano</b>	Maíz	5.95	5 a 7
<b>Rosa Sánchez Hernández</b>	Frijol	5.58	5.5 a 6.8

Fuente: Análisis de suelo. LABSA Universidad Nacional Agraria.

#### Leyenda

-  pH moderadamente ácido
-  pH fuertemente ácido

El nivel de pH en el suelo indica que los cultivos se encuentran dentro del rango mínimo de requerimientos óptimos. De continuarse con las labores de uso de agroquímicos, y

establecimiento de monocultivos (maíz, frijol y sorgo), dentro de unos años el pH cambiará ocasionando problemas de acidez o alcalinidad.

### **9.2.3 Materia orgánica**

La materia orgánica está definida por la totalidad de las sustancias orgánicas presentes en el suelo, esto incluye desde tejidos vegetales y animales poco alterados y productos efímeros presentes en la descomposición, también los organismos edáficos, hasta un material de color pardo o negro, bastante estable, que no presenta semejanza alguna con las estructuras anatómicas de las que procede; a este se le conoce como “humus” (Russell & Wild, 1989).

La mayoría de los suelos contienen entre el 1 % al 6 % de materia orgánica, lo que representa unos 20,000 a 120,000 kg de materia orgánica en una hectárea gleba media (unos 2 millones de kg de suelo). Aunque se han encontrado suelos que pueden llegar hasta un 12 % de materia orgánica (Thompson & Troeh, 1998)

Los contenidos de materia orgánica en las parcelas están en buenas condiciones (Tabla 10), ya que un suelo que posea un 5 % indica una excelente cantidad de materia orgánica, permitiendo almacenar una buena cantidad de nutrientes. En las parcelas, las labores que han beneficiado el aumento de materia orgánica son el uso de rastrojos de cosechas y uso de cultivos de cobertura. Si estas medidas no se llevaran a cabo los suelos estarían desprotegidos y con las altas pendientes se presentarían considerables daños por erosión hídrica mermando el nivel de materia orgánica y nutriente.

### **9.2.4 Disponibilidad de nutrientes**

Es muy importante identificar la presencia de problemas nutricionales en los suelos como el primer paso en la estrategia de la formulación de sistemas de manejo de suelos. Si el crecimiento de los cultivos está limitado por un factor nutricional no es posible mantener los cultivos ni los suelos en buenas condiciones (FAO, 2000).

Tabla 10. Análisis de nutrientes de suelos (pH, MO, N, P, K) por parcela

Productor	Cultivo	Nutrientes				
		pH	MO	N	P-Disponible	K-Disponible
Sidar Sánchez López	Frijol	6.09	6.82	0.34	0.00	1.61
Reymundo Astacio	Frijol	5.75	3.2	0.15752	4.82	0.82
Pedro Pablo Rodríguez	Frijol	5.80	7.57	0.37829	0.19	0.6
Laureano Pérez Pérez	Sorgo	5.88	2.90	0.14511	0.96	1.2
Armando Orozco	Maíz	6.01	5.33	0.26666	0.00	2.18
Antonia Méndez	Maíz	5.73	3.1	0.15504	2.50	0.42
Nubia Barrera Cortédano	Maíz	5.95	4.14	0.20713	17.98	1.63
Rosa Sánchez Hernández	Frijol	5.58	4.09	0.20465	0.00	1.33

Fuente: Análisis de suelo. LABSA Universidad Nacional Agraria.

#### Leyenda

	pH moderadamente ácido
	pH ácido Fuerte
	Nivel Alto de nutrientes
	Nivel Medio de nutrientes
	Niveles Bajo de nutrientes

La tabla 10, refleja la disponibilidad de nutrientes y pH de las parcelas resultantes de los análisis de laboratorio, los de color verde se encuentran en buena cantidad del nutriente analizado, el color amarillo indica que los nutrientes están en una disponibilidad media, pero aun así pueden ser aprovechados por el cultivo existente y el color rojo que hay un déficit de nutrientes en la parcela por lo que se debe evitar el establecimiento del cultivo hasta haber recuperado los niveles óptimos de fertilidad para evitar pérdidas en rendimientos y no seguir deteriorando más las propiedades químicas del suelo. Otra medida a tomar, es investigar cultivos que se adapten a las condiciones de cada parcela, así establecer, por ejemplo, cultivos que tengan menos necesidades de los nutrientes que están en déficit para mientras se hacen los labores de reposición.

### **9.3 Erosión**

Proceso físico que consiste en el desprendimiento, transporte y deposición de las partículas individuales de suelo. Cuando es producida por el agua se le conoce como erosión hídrica y erosión eólica si es generada por el viento (Espino & Cáceres, 1999).

#### **9.3.1 Laminar**

Remoción uniforme del suelo, en capas delgadas de los terrenos en pendiente, que resulta de la saturación del suelo y su deslizamiento superficial por la pendiente (Espino & Cáceres, 1999).

#### **9.3.2 En surcos**

Este proceso de erosión se debe al escurrimiento o flujo del agua incluso en terrenos ligeramente ondulados, con 3 a 8 % de pendiente. El agua que escurre por la superficie de los terrenos es el mecanismo de transporte de las partículas de suelo, que fluyen mezclados heterogéneamente y concentran su flujo a lo largo de pequeñas depresiones del terreno (Núñez, 2001).

#### **9.3.3 Cárcavas**

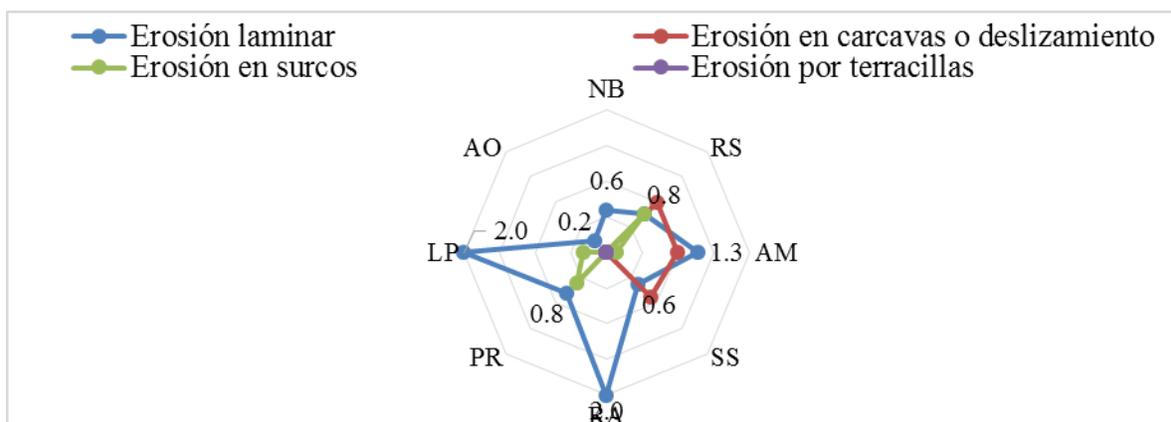
Las cárcavas se desarrollan en un proceso erosivo regresivo o remontante. En el proceso, la concentración de agua que escurre por la parte superior de la entrada de la cárcava, debido a su amplitud y altura de caída del agua de escurrimiento hasta la base de la cárcava, erosiona sus flancos internos. Esta hace retroceder el cauce (actividad dinámica), con la que aumenta el tamaño y longitud hacia la cima de laderas, o hacia la parte superior de entrada de agua a la cárcava.

Después de que el proceso alcanza la cima de las laderas, reinicia en la base de la ladera su actividad erosiva, constituyendo ciclos repetitivos que van ampliando la cárcava en su tamaño y longitud (Núñez, 2001).

### 9.3.4 Terrazas

Es causada por el ganado vacuno que camina entre los terrenos de ladera. Cuando el ganado es apacentado en estos terrenos camina en forma intuitiva, siguiendo curvas a nivel. El paso continuo del ganado sumado a su peso ejercido en el área de desplazamiento por las pezuñas, produce una compactación de aproximadamente 0.4 kg/cm<sup>2</sup> y genera un modelo erosivo en forma de trapezoidal invertida, de diversos tamaños, con ámbitos de 7 a 15 metros cuadrados (Núñez, 2001).

Gráfico 2. Tipos de erosión encontrados en las parcelas.



Fuente: Resultados de investigación

El índice de severidad es evaluado de 0 a 5, donde 0 es donde no hay incidencia de ningún tipo de erosión y 5 son afectaciones muy severas de estos.

En el gráfico 2, se refleja que la erosión con mayor incidencia es Laminar presente en todas las parcelas, pero con mayor afectación en las parcela de los productores Reymundo Astacio y Laureano Pérez, seguido de la erosión en cárcavas presente en las parcelas de los productores Sidar Sánchez, Antonia Méndez y Rosa Sánchez. En este último caso, se presentan los tres tipos de procesos erosivos laminar, cárcavas y en surcos, por lo que se

considera a esta unidad de producción como la más degradada y por consiguiente deben diseñarse y ejecutarse una serie de prácticas para lograr su conservación y recuperación.

La erosión en sus diferentes tipos traen consecuencias como el arrastre de suelos, nutrientes y materia orgánica, disminución de la profundidad de suelos, alteraciones en la textura. Todo ello debido a la falta de cobertura de suelos por el uso continuo de cultivos limpios que no otorgan una buena cobertura al suelo, a esto se le agrega el porcentaje de pendiente.

#### 9.4 Obras de conservación de suelos

El manejo y conservación de suelos se realiza con el propósito de que estos no sufran el deterioro que posteriormente pueda resultar mucho más difícil de restaurar. El propósito final es único, que el suelo siga produciendo y proveyendo de alimentos a las familias productoras (Tacúri, Carvajal, & Ramírez, 2002).

Las Obras de Conservación de Suelo y Agua (OCSAS) de mayor uso en las parcelas son las siguientes: barreras vivas (Bv), barreras muertas (Bm), curvas a nivel (Cn), barreras rompe vientos (Brv), acequias, diques y cultivos de cobertura de las cuales a continuación se presenta el porcentaje de uso en las parcelas.

Gráfico 3. Uso de barreras vivas.



Fuente: Resultados de estudio.

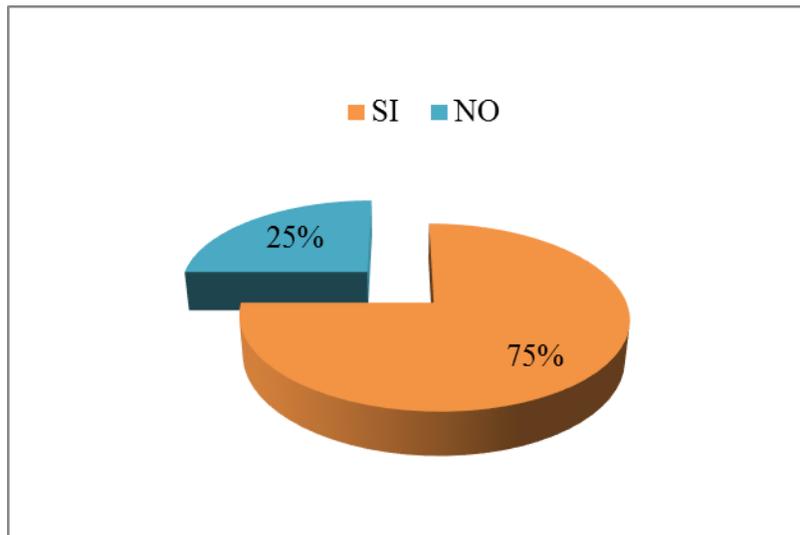
El gráfico 3, muestra que un 62 % de los productores implementan barreras vivas, aunque no están establecidas en algunas parcelas, ellos aseguran hacer uso de estas obras; en el único lugar que fueron encontradas es en la parcelas de Antonia Méndez en muy buenas condiciones, la especie utilizada es Valeriana (*Valeriana officinalis*) y un 38 % de los productores no utilizan.

Fotografía N° 1. Parcela Antonia Méndez (Barreras vivas de Valeriana)



Fuente: Resultados de investigación

Gráfico 4. Uso de barreras muertas



Fuente: Resultados de estudio.

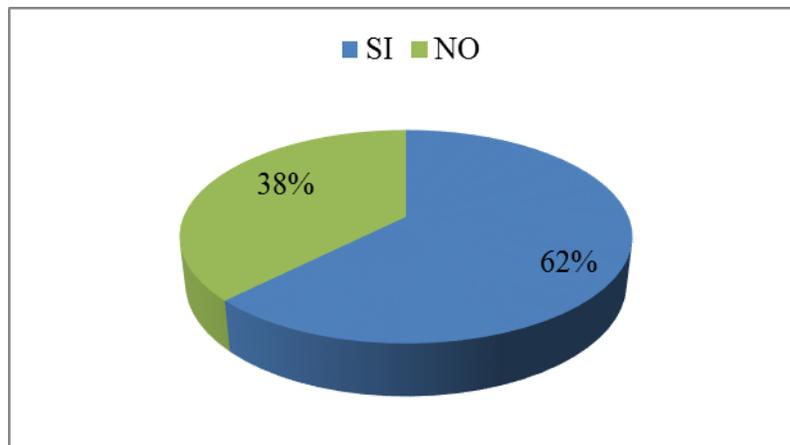
El grafico 4, indica que un 75 % de los productores hacen uso de barreras muertas en sus parcelas y que un 25 % de los productores no implementan; Donde sobresale Sidar Sánchez con 112.35 m. de barrera, pero estas ya están en su punto límite debido a que fueron establecidas hace diez años, cumplieron su función de retener los suelos, pero a estas no se les da mantenimiento y como consecuencias habrá más arrastres de suelo (Ver fotografía 2).

Fotografía 2. Parcela Sidar Sánchez (Barreras Muertas de piedras)



Fuente: Resultados de investigación.

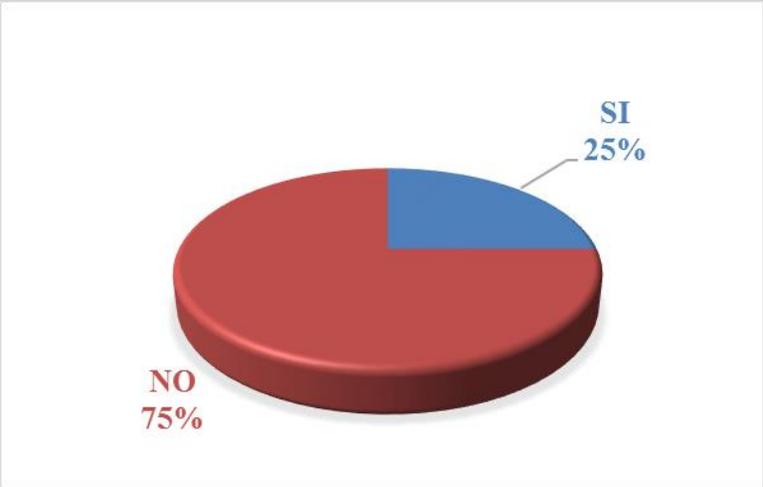
Gráfico 5. Uso de curvas a nivel



Fuente: Resultados de estudio.

El gráfico 5 muestra que el 62 % de los productores utilizan curvas a nivel en sus parcelas, mientras que un 38 % no implementan.

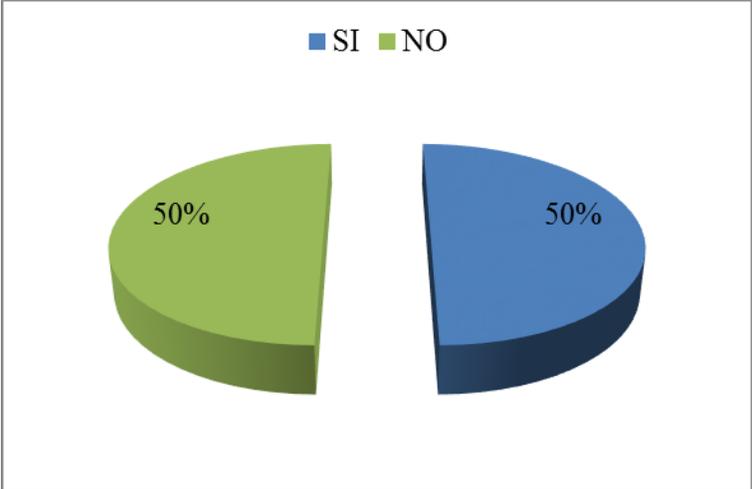
Gráfico 6. Uso de acequias.



Fuente: Resultados de estudio.

Un 25 % de los productores utilizan acequias, mientras que un 75 % no, mostrado en la gráfica 6.

Gráfico 7. Uso de diques.



Fuente: Resultados de estudio.

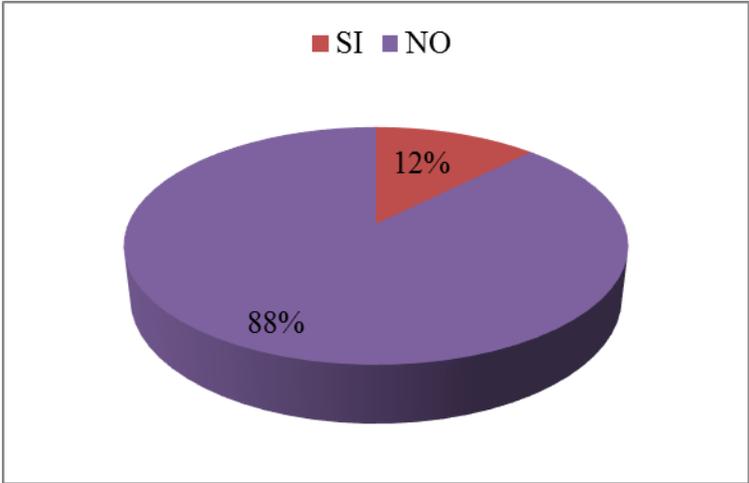
El gráfico 7 refleja que solamente un 50 % de los productores implementan diques en sus parcelas los que han elaborado en sus parcelas con muy buenos resultados son Sidar Sánchez, Nubia Barrera.

Fotografía 3 Parcela de Nubia Barrera (Dique de piedra)



Fuente: Resultados de investigación.

Gráfico 8. Uso de cultivos de cobertura



Fuente: Resultados de estudio.

En el gráfico 8, se observa que un 12 % de los productores utilizan esta medida de conservación de suelo donde se destaca Reymundo Astacio donde establece canavalia.

Fotografía 4 Parcela de Reymundo Astacio (Cultivo de cobertura Canavalia)



Fuente: Resultados de investigación.

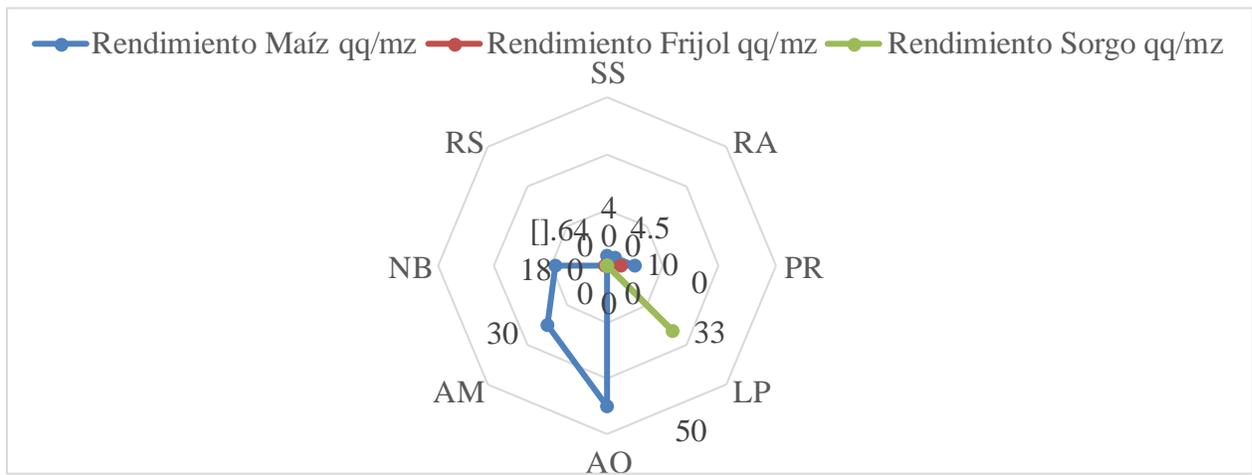
Se han venido implementando en las parcelas obras de conservación de suelos lo que permite disminuir la incidencia de los diferentes tipos de erosión a como se refleja en el gráfico 2, que los daños ocasionados no son severos pero aun así han erosionado los suelos siendo las más utilizadas barreras vivas, muertas y diques ya que son las más fáciles de implementar por la disponibilidad de materia prima.

### **9.5 Uso actual de suelos (Agricultores)**

Los principales rubros a los que se dedican los/as socios/as, son los cultivos tradicionales (granos básicos); la mayoría mencionaron sembrar maíz y frijol (89 y 84 % respectivamente), el área promedio sigue siendo de 1.5 mz/socios/a; para el 2004, la mayoría de los/as socios/as dijeron que estos mismos rubros eran los más importantes. Ahora se encontró que más de la mitad de los/as socios/as tienen el cultivo de sorgo dentro de sus sistemas productivos. Los rendimientos de los cultivos tradicionales son bajos; en el

caso del rubro maíz el rendimiento 15.57 qq/mz; en tanto el rubro frijol tiene un 7.55 qq/mz y el rubro sorgo tiene 14 qq/mz. A pesa de los bajos rendimientos y las pérdidas que aseguran experimentar en cada ciclo productivo, un 84 % de los/as socios/as aseguran que os granos básicos son lo más importante dentro de sus sistemas productivos (UCOSD, 2004).

Gráfico 9. Rendimientos productivos encontrados por cultivo



Fuente: Resultado de investigación

Tabla N° 11 Comparación de rendimientos históricos.

<b>Productor</b>	<b>Cultivos</b>	<b>Rendimiento 5 años atrás</b>	<b>Rendimiento actual</b>	<b>Rendimiento recomendado</b>
<b>Sidar Sánchez López</b>	Frijol	30	4	30 a 35
<b>Reymundo Astacio</b>	Frijol	20	4.5	30 a 35
<b>Pedro Pablo Rodríguez</b>	Frijol	30	10	30 a 35
<b>Laureano Pérez Pérez</b>	Sorgo	50	33	65 a 75
<b>Armando Orozco</b>	Maíz	40	50	40 a 45
<b>Antonia Méndez</b>	Maíz	40	30	40 a 45
<b>Nubia Barrera Cortédano</b>	Maíz	-	18	40 a 45
<b>Rosa Sánchez Hernández</b>	Frijol	-	0.64	30 a 35

Fuente: Resultado de investigación, Morralito cultivo de frijol (INTA, 2008)

Los rendimientos por cultivos que obtienen los productores en el caso de Maíz los mejores rendimientos son de Armando Orozco con 50 qq/mz, seguido de Antonia Méndez con 30 qq/mz; Por su parte en el cultivo de sorgo solo se encuentra establecido en la parcela de Laureano Pérez con un rendimiento de 33 qq/mz y en el frijol según los productores se obtuvo el rendimiento más bajo con 4 qq/mz para Sidar Sánchez López y 0.64 qq/mz para Rosa Sánchez.

Si se realiza una comparación con los datos de rendimientos obtenidos por los productores en su informe (UCOSD, 2004) claramente se puede observar que estos van en disminución.

Los rendimientos productivos actuales en comparación con los de hace 5 años y los recomendados por el INTA se han reducido enormemente, esto se debe a la diferencia de fertilidad que tenía la tierra para ese tiempo, la extracción y no incorporación de nutrientes de las parcelas, el constante uso de las tierras sin descanso (barbechos), fertilizaciones inadecuadas ya que los productores no realizan análisis de suelos, solo utilizan fertilizaciones recomendadas por las casas comerciales (ventas de agroquímicos) sin ningún tipo de análisis previos.

## 9.6 Tenencia de tierras

La tenencia de tierras se refiere a que si los productores cuentan con títulos de propiedad de sus parcelas o si alquilan.

Tabla 12. Tenencia de tierras

Nombre del productor	Tenencia de tierras		
	Propias		Alquiladas
	Con título	Sin título	Costo de alquiler
Sidar Sánchez López	X		
Reymundo Astacio	X		
Pedro Pablo Rodríguez	X		
Laureano Pérez Pérez	X		
Armando Orozco	X		
Antonia Méndez	X		
Nubia Barrera Cortedano	X		
Rosa Sánchez Hernández	X		

Fuente: Resultados de investigación.

Según la tabla 12 con respecto a tenencia de tierras todos los productores cuentan con títulos de propiedad a su nombre de las parcelas incluso hay productores que alquilan sus parcelas para potreros y siembra.

## 9.7 Condiciones agroecológicas

### 9.7.1 Precipitación

La precipitación es la fuente principal del ciclo hidrológico y se puede definir como el agua en forma líquida sólida que alcanza la superficie terrestre, viene siempre precedida de condensación sublimación o una combinación de ambas, y generalmente está asociada con movimientos verticales del aire (Castillo & Castelvi, 2001).

Tabla 13. Precipitaciones San Dionisio

Nombre del productor	Precipitación encontrada (mm/año)	Precipitación recomendada (mm/año)		
		Frijol	Maíz	Sorgo
<b>Sidar Sánchez López</b>	1,387	500-1500	1000-1700	500-1000
<b>Reymundo Astacio</b>	1,387	500-1500	1000-1700	500-1000
<b>Pedro Pablo Rodríguez</b>	1,387	500-1500	1000-1700	500-1000
<b>Laureano Pérez Pérez</b>	1,387	500-1500	1000-1700	500-1000
<b>Armando Orozco</b>	1,387	500-1500	1000-1700	500-1000
<b>Antonia Méndez</b>	1,387	500-1500	1000-1700	500-1000
<b>Nubia Barrera Cortédano</b>	1,387	500-1500	1000-1700	500-1000
<b>Rosa Sánchez Hernández</b>	1,387	500-1500	1000-1700	500-1000

Fuente: (New Loc\_CLim, 2005)

Las precipitaciones encontradas en San Dionisio al realizar una comparación con las necesidades de agua de los cultivos establecidos son aptas para la siembra, ya que estos están dentro de los rangos de lluvia en mm/año Tabla 13.

La lluvia es la única fuente de riego utilizada por los productores en sus cultivos, ya que el establecimiento de un sistema de riego no es rentable y la topografía del terreno no lo permite, además no tienen acceso a aguas superficiales para riego (ríos, pozos, u ojos de agua). Esto implica que no pueden establecer otros tipos de cultivos más exigentes, dejando a los productores con opciones limitadas forzados a continuar con el monocultivo que ha venido degradando las partes químicas y físicas de los suelos estando sujetos a los regímenes de lluvia (invierno).

### 9.7.2 Pendiente

La pendiente se describe normalmente por su inclinación con respecto al plano horizontal, la inclinación se registra en grados o como un porcentaje (Hodgson, 1987).

Tabla 14. Pendiente de las parcelas

Nombre del productor	Pendiente encontrada	Pendiente recomendada por cultivo		
		Frijol	Maíz	Sorgo
<b>Sidar Sánchez López</b>	24.69	menor a 50 %	menor a 50 %	menor a 50 %
<b>Reymundo Astacio</b>	24.88	menor a 50 %	menor a 50 %	menor a 50 %
<b>Pedro Pablo Rodríguez</b>	6.99	menor a 50 %	menor a 50 %	menor a 50 %
<b>Laureano Pérez Pérez</b>	19.54	menor a 50 %	menor a 50 %	menor a 50 %
<b>Armando Orozco</b>	10.40	menor a 50 %	menor a 50 %	menor a 50 %
<b>Antonia Méndez</b>	37.37	menor a 50 %	menor a 50 %	menor a 50 %
<b>Nubia Barrera Cortedano</b>	40.08	menor a 50 %	menor a 50 %	menor a 50 %
<b>Rosa Sánchez Hernández</b>	33.03	menor a 50 %	menor a 50 %	menor a 50 %

Fuente: GPS y Google Earth.

La Tabla 14, refleja que todos los cultivos están dentro de los rangos de pendientes encontrados en las parcelas estudiadas, ofreciendo así las condiciones óptimas para el establecimiento, pero si no se hace uso de obras de conservación de suelo los tipos de erosión encontradas pueden aumentar por la irregularidad del terreno y sus texturas que predominan principalmente el porcentaje de arcilla que entra más rápidamente en la saturación de su capacidad de campo, incidiendo la erosión hídrica como consecuencia afectando la profundidad, infiltración y las propiedades químicas.

### 9.7.3 Altura sobre el nivel de mar

La altitud o altura geográfica es la distancia vertical de un punto de la tierra con respecto al nivel del mar. Si el nivel del mar es la altura geográfica "cero", entonces, a partir de esta cota se puede considerar toda medida como altura geográfica (Soto, 2010).

Tabla 15. Altura sobre el nivel del mar San Dionisio

Nombre del productor	Altura sobre el nivel del mar (msnm)	Altura recomendada (msnm)		
		Frijol	Maíz	Sorgo
<b>Sidar Sánchez López</b>	650	900 a 2400	0 a 3000	0 a 1200
<b>Reymundo Astacio</b>	541	900 a 2400	0 a 3000	0 a 1200
<b>Pedro Pablo Rodríguez</b>	755	900 a 2400	0 a 3000	0 a 1200
<b>Laureano Pérez Pérez</b>	740	900 a 2400	0 a 3000	0 a 1200
<b>Armando Orozco</b>	700	900 a 2400	0 a 3000	0 a 1200
<b>Antonia Méndez</b>	652	900 a 2400	0 a 3000	0 a 1200
<b>Nubia Barrera Cortedano</b>	740	900 a 2400	0 a 3000	0 a 1200
<b>Rosa Sánchez Hernández</b>	740	900 a 2400	0 a 3000	0 a 1200

Fuente: GPS

La tabla 15, indica que los cultivos maíz y sorgo se adaptan a las alturas encontradas en las parcelas, pero de frijol no, esto podría estar afectando los rendimientos productivos de frijol antes mencionados.

#### 9.7.4 Temperatura

La temperatura es se refiere a la intensidad de la energía en la totalidad del mismo y con independencia de su tamaño (Roller & Blum, 1986).

Tabla 16. Temperatura San Dionisio.

Nombre del productor	Temperatura promedio encontrada (°C)	Temperatura recomendada (°C)		
		Frijol	Maíz	Sorgo
<b>Sidar Sánchez López</b>	24.19	16 a 27	18 a 30	24 a 35
<b>Reymundo Astacio</b>	24.19	16 a 27	18 a 30	24 a 35
<b>Pedro Pablo Rodríguez</b>	24.19	16 a 27	18 a 30	24 a 35
<b>Laureano Pérez Pérez</b>	24.19	16 a 27	18 a 30	24 a 35
<b>Armando Orozco</b>	24.19	16 a 27	18 a 30	24 a 35
<b>Antonia Méndez</b>	24.19	16 a 27	18 a 30	24 a 35
<b>Nubia Barrera Cortedano</b>	24.19	16 a 27	18 a 30	24 a 35
<b>Rosa Sánchez Hernández</b>	24.19	16 a 27	18 a 30	24 a 35

Fuente: (New Loc\_CLim, 2005)

Las temperaturas existentes son las propicias para el establecimiento y desarrollo de los cultivos maíz, frijol y sorgo según la Tabla 16.

### 9.7.5 Horas luz

La duración de la luz es de gran importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas. El efecto foto periódico, es decir, la duración relativa de los periodos de luz y oscuridad sobre la vegetación y los estadios reproductivos del desarrollo existen plantas que se clasifican en tres tipos plantas de días largos (más de 14 horas); plantas de días cortos (menos de 10 horas) y plantas neutrales o indiferentes (que requieren de 12 a 14 horas) (Arnon, 1980).

Tabla 17. Horas luz San Dionisio.

Nombre del productor	Horas Luz encontradas	Horas luz recomendada		
		Frijol	Maíz	Sorgo
Sidar Sánchez López	9.47	8 a 10	8 a 12	10 a 12
Reymundo Astacio	9.47	8 a 10	8 a 12	10 a 12
Pedro Pablo Rodríguez	9.47	8 a 10	8 a 12	10 a 12
Laureano Pérez Pérez	9.47	8 a 10	8 a 12	10 a 12
Armando Orozco	9.47	8 a 10	8 a 12	10 a 12
Antonia Méndez	9.47	8 a 10	8 a 12	10 a 12
Nubia Barrera Cortédano	9.47	8 a 10	8 a 12	10 a 12
Rosa Sánchez Hernández	9.47	8 a 10	8 a 12	10 a 12

Fuente: (New Loc\_CLim, 2005)

Las horas luz encontradas en las parcelas son las adecuadas para el establecimiento de los cultivos maíz, frijol y sorgo según Tabla 17.

Unos de los factores ambientales que no se toma en cuenta por los pequeños productores es el de horas luz porque no saben qué impacto llegarían a tener si hay una exposición solar menor o mayor, pero como se puede apreciar, todos los cultivos están en un nivel adecuado

de exposición al sol permitiendo la realización de la fotosíntesis que es fundamental para el crecimiento y productividad de los mismos.

## **X. CONCLUSIONES**

Algunos parámetros químicos y físicos de los suelos, se encuentran deteriorados, por lo que se acepta de forma parcial la Hipótesis planteada con respecto a las propiedades físico-químicas de los suelos, como efecto del funcionamiento de los sistemas productivos.

Las parcelas se encuentran en buenas condiciones en base a conservación de suelos, pero al mismo tiempo estos son suelos desgastados por el establecimiento continuo de sistema de producción monocultivista con las especies maíz, frijol y sorgo, evitando que el sistema sea sostenible en cuanto a rendimientos productivos, aceptando así la hipótesis 2.

## **XI. RECOMENDACIONES**

- Realizar encalamiento de suelos previo a los respectivos cálculos de dosificación.
- Los dueños de las parcelas logren la diversificación con especies que se adecuen a las condiciones agroecológicas de las parcelas para aprovechar todo el potencial de nutrientes y materia orgánica con el que cuentan.
- Diseñar y establecer obras de conservación de suelo y agua según las condiciones de las parcelas y propósito de los productores.
- Dar mantenimiento periódicamente a las obras de conservación establecidas ya que muchas de las encontradas ya agotaron su máxima vida útil.
- Realizar convenios productores-universidades para realización de prácticas de establecimiento de Obras de Conservación de suelos y así tener un doble beneficio.

## **XII. BIBLIOGRAFÍA**

- Alonso, J. L. (2010). La degradación de los suelos por erosión hídrica. Métodos de estimación. EDIT.UM.
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2001). Sistemas Agroecológicos rápidos de evaluación de cantidad de suelos y salud en cultivos en agroecosistema de café.
- Alvarado, A. (1985). El origen de los suelos. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Apaza, W. (2008). Manejo y conservación de suelo.
- Arias, A. (2007). Suelos tropicales. San José, Costa Rica: EUNED.
- Arnon, I. (1980). Factores agrícolas en la planificación y desarrollo regional . San José, Costa Rica: IICA.
- Avila, J. (1998). El suelo como elemento ambiental, perspectiva territorial y urbanística. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Baltodano, E., & Mendoza, B. (2001). Valoración de la sociedad de la conservación de suelos, San Dionisio, Matagalpa. San Dionisio, Matagalpa: CIAT.
- Casanova, E. (2005). Introducción a la ciencia del suelo. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Castillo, F., & Castelvi, F. (2001). Agrometeorología. México: MundiPrensa.
- Castro, A., & García, M. (2008). Caracterización del uso actual y potencial del suelo en la microcuenca el carrizal Municipio de San Dionisio, Departamento de Matagalpa que permite plantear pagos por servicios ambientales. Matagalpa: UNAN FAREM Matagalpa.
- CATIE. (1982). Agorambiente. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Chavarría, F. (2011). Edafología I. Caldas: Universidad de Caldas.
- Cotler, H., & Domínguez, A. (2006). Atlas de la cuenca Lerma-Chapala Construyendo una visión conjunta.
- Delgadillo, W., & Rugama, N. (2011). Desarrollo y Validación de metodología práctica para estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica en los cultivos de frijol de

apante y café en el municipio de El Cuá, Jinotega 2011-2012 . Matagalpa: UNAN FAREM Matagalpa.

- EPA. (2005). Recomendaciones para la disposición de residuos. Estados Unidos: EPA.
- Espino, G., & Cáceres, M. A. (1999). Diccionario de Hidrología y Ciencias Afines . Plaza y Valdez.
- Estado de México. (2009). Manual de conservación de suelo y agua. México: Gobierno del Estado de México.
- FAO. (1999). Base referencial mundial del recurso suelo. Roma.
- FAO. (2000). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Informe de aguas y tierras. Ibadan, Nigeria.
- FAO. (2000). Manual de prácticas integradas de manejo y de conservación de suelos. Roma, Italia.
- FAO. (2011). Informe de escases y degradación de las tierras y el agua: Creciente amenaza para la seguridad Alimentaria.
- Fernández, D. (1996). Manual de conservación de suelos y aguas. San José, Costa Rica: EUNED.
- FHIA. (2004). Guía sobre prácticas de conservación de suelos . Lima, Cortés, Honduras: Fundación Hondureña de investigación agrícola.
- Gleissman, S. (2002). Agroecología: Procesos Ecológicos en agricultura sostenible. Costa Rica: LITOCAT.
- González, P., Lazzarini, A., Parra, P. V., & Villanova, I. (2004). Disusión conceptual acerca de la amortización del suelo. En I. Argentina.
- Guzmán, F., & Martínez, F. (2006). Evaluación del impacto de la Organización para el Desarrollo Económico y Social para el área urbana y rural (ODESAR) en condiciones de vida en cinco comunidades del municipio de San Dionsio, Matagalpa, Nicaragua, en el periodo 2000-2006. La Calera.
- Hodgson, J. (1987). Muestreo y descripción de suelos. Barcelona: Reverte.
- ICAFE. (2004). Boletín informativo número I Instituto del Café de Costa Rica.
- INETER. (2005). Erosión hídrica, mapas de amenaza recomendaciones técnicas para su elaboración. Managua, Nicaragua.
- INTA-MAGFOR. (2004). Manual de trazado de curvas a nivel.

- Intituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. (1964). Manual de laboratorio de fisiología vegetal. Turrialba, Costa Rica: O.E.A.
- Leytón, J. (1985). Riego y drenaje. San José, Costa Rica: EUNED.
- MAGFOR. (2003). Estudio de cuencas hidrograficas de la region del norte (Matagalpa-Jinotega). Matagalpa-Jinotega.
- MAGFOR/INAFOR. (2009). Uso potencial del suelo.
- Morgan, R. (1996). Erosión y conservación de suelos. España: Mundi Prensa libros S.A.
- Murillo, K., & D, O. (1998). Caracterización de los recursos edáficos de la subcuenca del río Cálido. UNA-CIAT.
- Navarro, G. (2003). Química agrícola. Madrid.
- New Loc\_CLim, V. 1. (2005). Roma, Italia: FAO.
- Núñez, J. (2000). Fundamentos de edafología. San José: EUNED.
- Núñez, J. (2001). Manejo y conservación de suelos . San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- OMM. (2006). Clima y degradación de las tierras. Organización Meteorológica Mundial.
- Ovalles, F. (1999). Evaluación de tierras en zonas tropicales: Generación y análisis de la información. Centro Tecnológico forestal de la Universidad de Leida Cataluña.
- Parra, M., Fernández, R., Navarro, C., & Arquero, O. (2002). Los suelos y la fertilización de olivar cultivado en zonas Calcáreas. Madrid, España: Mudi prensa .
- PASOLAC. (2005). Manual de método sencillo para estimar la erosión hídrica. Managua, Nicaragua.
- Pons, V. (2001). Practicas de edafología y climatología. Valencia, España: Universidad Politecnica de Valencia.
- Quiroja, A., & Bono, A. (2012). Manual de fertilidad y evaluación de suelos . Argentina: INTA Argentina.
- Rivera. (2011). La web de la bioingeniería y la restauración ecológica. Obtenido de <http://ecoambientes.tripod.com/id7.html>
- Rivera, O., & Sang, W. (2011). Eficiencia de uso de diferentes sectores de pastura bajo dierentes condiciones de pendientes por el ganado vacuno. Waslala, Matagalpa: CATIE, UNAN FAREM Matagalpa.

- Rodríguez, R., & Hernández, R. (1994). Agricultura sostenible.
- Roller, D., & Blum, R. (1986). Física mecánica, ondas y termodinámica . Barcelona, España: Reverté.
- Russell, E., & Wild, A. (1989). Condiciones de suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Madrid España: Ediciones Mundi Prensa.
- Scalone, M. (2008). El enfoque de sistemas de producción agropecuaria. Sistemas agrarios regionales. Capítulo 4.
- SD, A. (2014). alcaldiasandionisio.gob.ni. Obtenido de <http://alcaldiasandionisio.gob.ni/>
- Silva, A., Ponce, J., García, F., & Durán, A. (1988). Aspectos Metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua en los suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay: Facultad de Agronomía Boletín de investigación.
- Soto, E. (2010). Riesgos y peligros, exploraciones geológicas para minería en gran altura geográfica . Estados Unidos.
- Stocking, M., & Murnaghan, N. (2003). Evaluación de campo de la degradación de la tierra. Mundi prensa edición Española.
- Suárez, F. (1979). Conservación de suelo. IICA.
- Tacuri, V., Carvajal, M., & Ramirez, M. (2002). Conocimiento campesino en la conservación de suelos: Aullus de Quorqa, Qapaqhanaqa y Aranzaya. La Paz, Bolivia: Fundación PIEB.
- Thompson, L. (1988). Los suelos y su fertilidad. Reverté.
- Thompson, L., & Troeh, F. (1998). Los suelos y su fertilidad. España: Editorial Reverte S.A.
- UCOSD. (2004). Informe final de la situación socioeconómica de los socios de la UCOSD en San Dionisio en el año 2003-2004. San Dionisio: UCOSD.
- USDA. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo.
- Valverde, J. (2007). Riego y Drenaje. San José, Costa Rica.
- Viglizzo, E., & Jobbagy, E. (2010). Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto Ecológico-Ambiental. Argentina.
- Young. (1992). Soil erosion. San Diego, California, USA: Kidd.

### **XIII GLOSARIO**

**Biósfera:** Es el ecosistema global es decir la suma de todos los ecosistemas del planeta.

**Calicata:** son una de las técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno. Son excavaciones de profundidad pequeña a media, realizadas normalmente con pala retroexcavadora.

**Diatomeas:** Clase de algas unicelulares de caparazón silíceo formado por dos valvas de tamaño desigual, de modo que la valva más pequeña encaja en la mayor; pueden vivir en el mar, en agua dulce o en la tierra húmeda.

**Espeque:** La siembra directa es una práctica común en muchos lugares tropicales del mundo, si bien esa terminología no se usa con frecuencia.

**Estratósfera:** Capa de la atmósfera terrestre que se extiende entre los 10 y los 50 km de altitud aproximadamente; en ella reina un perfecto equilibrio dinámico y una temperatura casi constante.

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

**Geomorfología:** Parte de la geodesia que estudia la figura del globo terráqueo y la formación de los mapas.

**Hectárea-gleba:** Se utiliza como unidad de referencia para calcular el número de kilogramos de enmiendas de fertilizantes o de otros productos químicos necesarios para un cultivo.

**Iluvial:** Es el proceso de acumulación en un horizonte del suelo de elementos procedentes de otro.

**Loes:** es un material geológico sedimentario eólico.

**MAGFOR:** Ministerio Agropecuario Forestal.

**Meteorización:** Conjunto de procesos externos que provocan la alteración y disgregación de las rocas en contacto con la atmósfera.

**Monocultivo:** se refiere a las plantaciones de gran extensión con el cultivo de una sola especie, con los mismos patrones, resultando en una similitud genética.

**ODESAR:** Organización para el Desarrollo Económico y Social para el área urbana y rural.

**Pauperizada:** Es un adjetivo superlativo absoluto que indica el grado máximo de pobreza.

**Pedosfera:** La Pedosfera es la capa más exterior de la Tierra, que está compuesta de suelo y está sujeta a los procesos de formación del suelo.

**Piroclástico:** Es una mezcla de gases volcánicos calientes, materiales sólidos calientes y aire atrapado, que se mueve a nivel del suelo y resulta de ciertos tipos de erupciones volcánicas.

**Secano:** Terreno de cultivo que no tiene riego y solamente se beneficia del agua de la lluvia.

**Sub-cuenca:** la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago o una confluencia de ríos).

**Troposfera:** Capa de la atmósfera terrestre que está en contacto con la superficie de la Tierra y se extiende hasta una altitud de unos 10 km aproximadamente; en ella se desarrolla todos los procesos meteorológicos y climáticos.

## XIV ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de suelos

**Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua (LABSA) Universidad Nacional Agraria (UNA)**

<b>Contacto:</b>			<b>Guillermo Martín Salmerón Ch.</b>						<b>Comunidad : San Dionisio</b>									
<b>Entidad:</b>			<b>Privado</b>						<b>Departament Matagalpa</b>									
Cod LAB	Descripción	RUTINA							BASES					MICROS				
		pH	MO	N	P-disp	CE	K-disp	Al	K	Ca	Mg	Na	CIC	SB	Fe	Cu	Zn	Mn
		H2O	%		ppm	μS/cm	me/100 g suelo					%		ppm				
801	Prod.: Armando Orozco (El Carrizal)	6.01	5.33	0.267			2.18											
802	Prod.: Nubia Barrera C. (Samulali)	5.95	4.14	0.207	17.98		1.63											
803	Prod.: Antonia Mendez (Samulali)	5.73	3.1	0.155			0.42											
804	Prod.: Reymundo Astacio (San Dionisio)	5.75	3.2	0.158			0.82											
805	Prod.: Laureano Pérez Pérez (El Carrizal)	5.88	2.90	0.145			1.20											
806	Prod.: Pedro Pablo Rodríguez (El Carrizal)	5.80	7.57	0.378			0.60											
807	Prod.: Rosa Sánchez Hernández (Samulali)	5.58	4.09	0.205			1.33											
808	Prod.: Sidar Sánchez (San Dionisio)	6.09	6.82	0.34			1.61											

## Anexo 2 Formato para evaluar la degradación de los suelos por cultivos.

Finca \_\_\_\_\_

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

Fecha de la evaluación \_\_\_\_\_

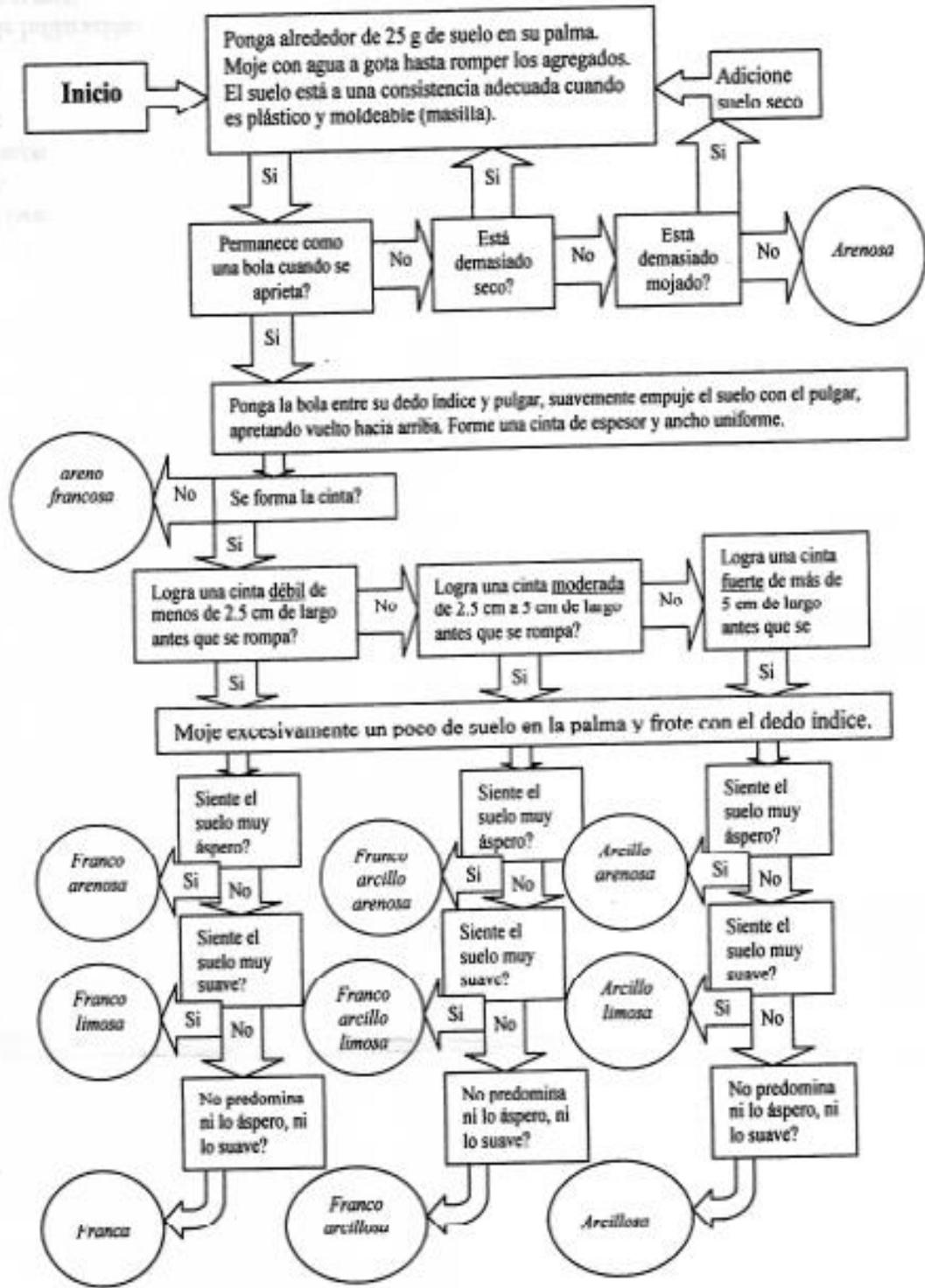
Cultivo \_\_\_\_\_ Tamaño de la parcela \_\_\_\_\_

Porcentaje de pendiente \_\_\_\_\_ Textura de suelo \_\_\_\_\_

### Cuadro #1 evaluación de suelos por cultivos

<b>Indicadores a evaluar</b>	<b>Puntajes</b>
Erosión Laminar	
Erosión en cárcavas y deslizamientos	
Cobertura de plantas forrajeras	
Cobertura de malezas	
Cobertura de suelos desnudos	
Vigor del cultivo	
Porcentajes de leguminosas	
<b>Puntaje total del cultivo</b>	
<b>Estado del cultivo</b>	

### Anexo 3 Guía de Cassanova.





## Anexo 5 Presupuesto

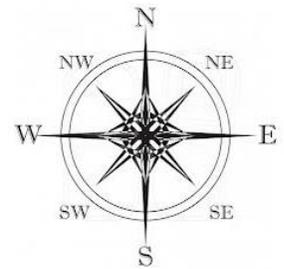
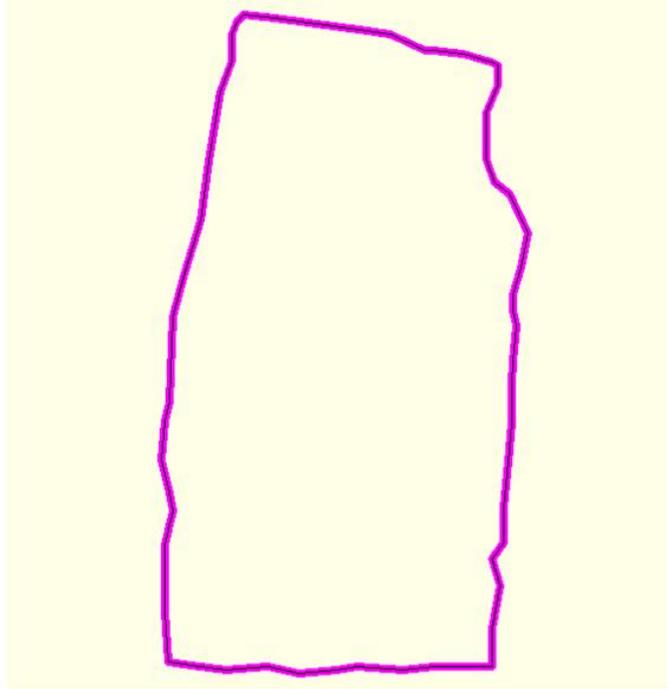
<b>1. EQUIPOS PREPARACION DE MUESTRAS</b>				
<b>DESCRIPCION DE MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UM</b>	<b>COSTO UNITARIO U\$D</b>	<b>COSTO TOTAL U\$D</b>
Cinta métrica de 30 metros	1	Unidad	10	10
Cinta métrica de 5 metros	1	Unidad	2.88	2.88
Reglas 30 cm	2	Unidad	0.44	0.88
Palín mediano	1	Unidad	6.32	6.32
Etiquetas	2	Paquete	0.6	1.2
Capotes	2	Unidad	15.6	31.2
Botas	2	Pares	6.2	12.4
Pines metálicos	1	Unidad	0.6	0.6
Machete	1	Unidad	3.5	3.5
Martillo	1	Unidad	3	3
Bolsas plásticas 2 libras	2	Paquete (100)	0.8	1.6
Bolsas plásticas de 5 libras	2	Paquete (100)	1	2
Análisis de suelo (N,P,K)	8	Unidad	12	96
Transporte	25	Boleto	3.92	98
<b>SUB TOTAL</b>				<b>U\$D 269.58</b>
<b>Papelería</b>				
Lapicero	4	Unidad	0.2	0.8
Tablas para escribir	2	Unidad	2.33	4.66
Cuadernos	2	Unidad	0.64	1.28
<b>SUB TOTAL</b>				<b>U\$D 6.74</b>
<b>Servicios</b>				
Internet	8 horas * 30 días	Hora	0.5	120
Fotocopias	72 copias	Unidad	0.02	1.44
Impresiones Color	90 * 12 repeticiones	Unidad	0.24	42.02

Impresiones Negro	780	Unidad	0.04	31.2
Encuadernado	9 documentos	Unidad	0.7	6.3
Empastado	3 documentos	Unidad	20	60
<b>SUB TOTAL</b>				<b>USD 260</b>
<b>GRAN TOTAL</b>				<b>USD 536.32</b>

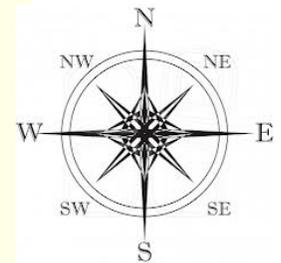
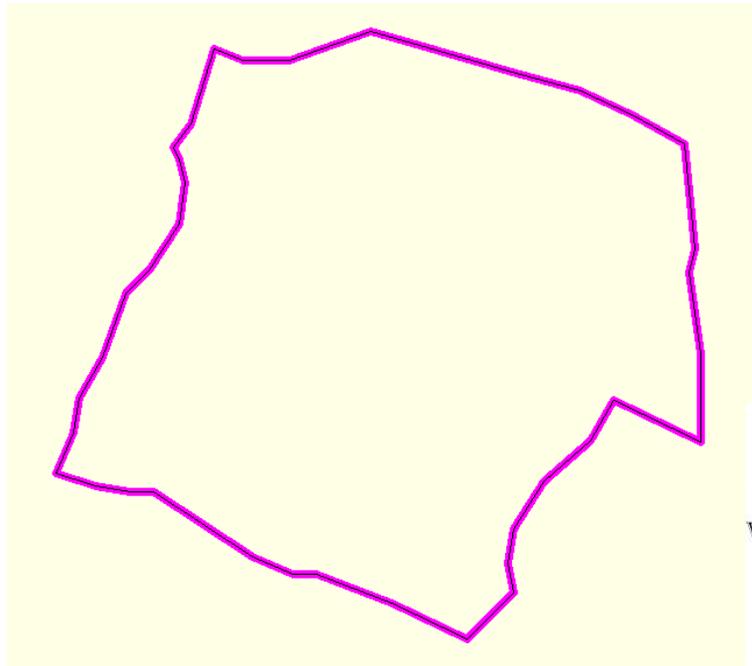
**Cambio oficial del dólar: C\$ 25.7**

## Anexo 6 Mapas de las parcelas estudiadas.

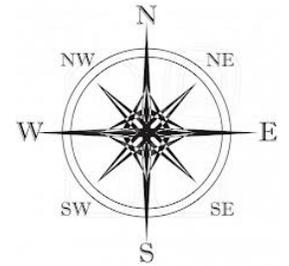
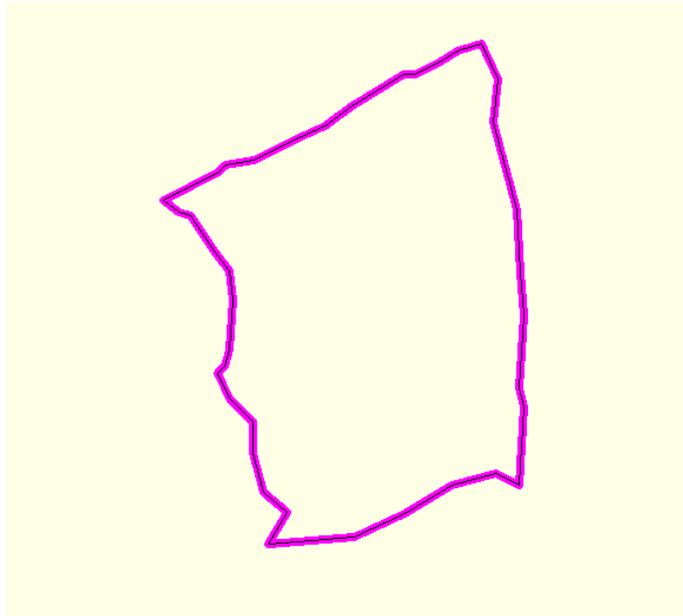
**Productor:** Sidar Sánchez  
**Comunidad:** Zapote  
**Área:** 13640m<sup>2</sup>  
**Perímetro:** 487m



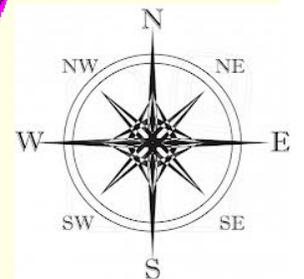
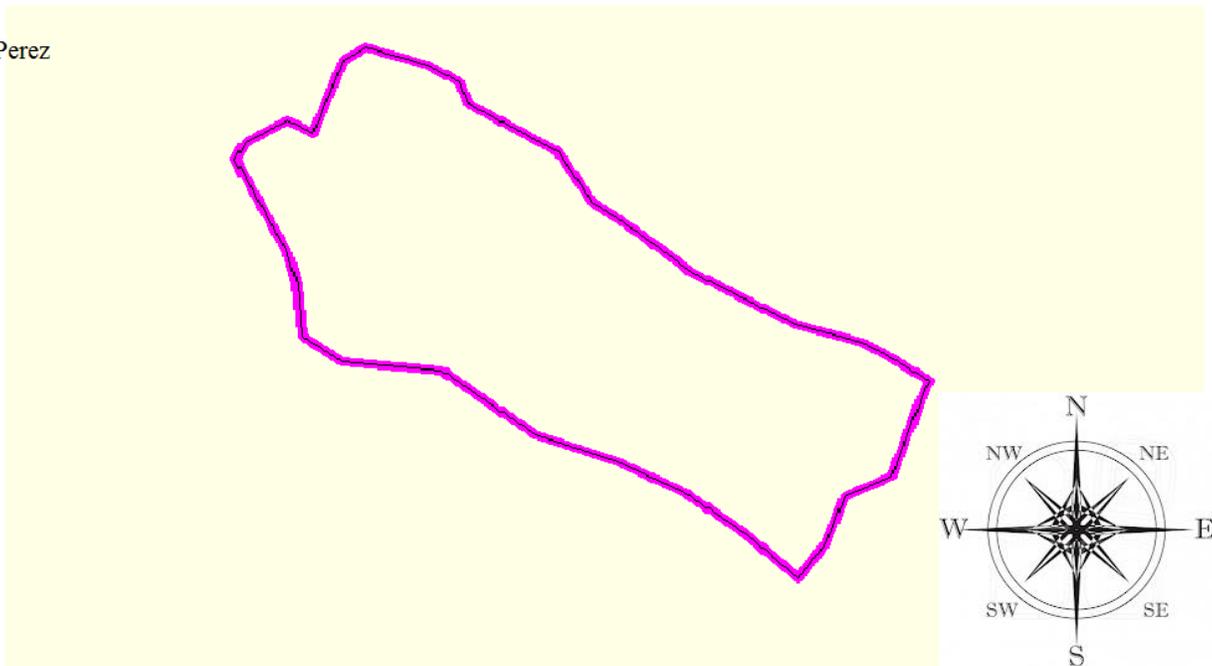
**Productor:** Reymundo Astacio  
**Comunidad:** zapote  
**Área:** 7629m<sup>2</sup>  
**Perímetro:** 364m



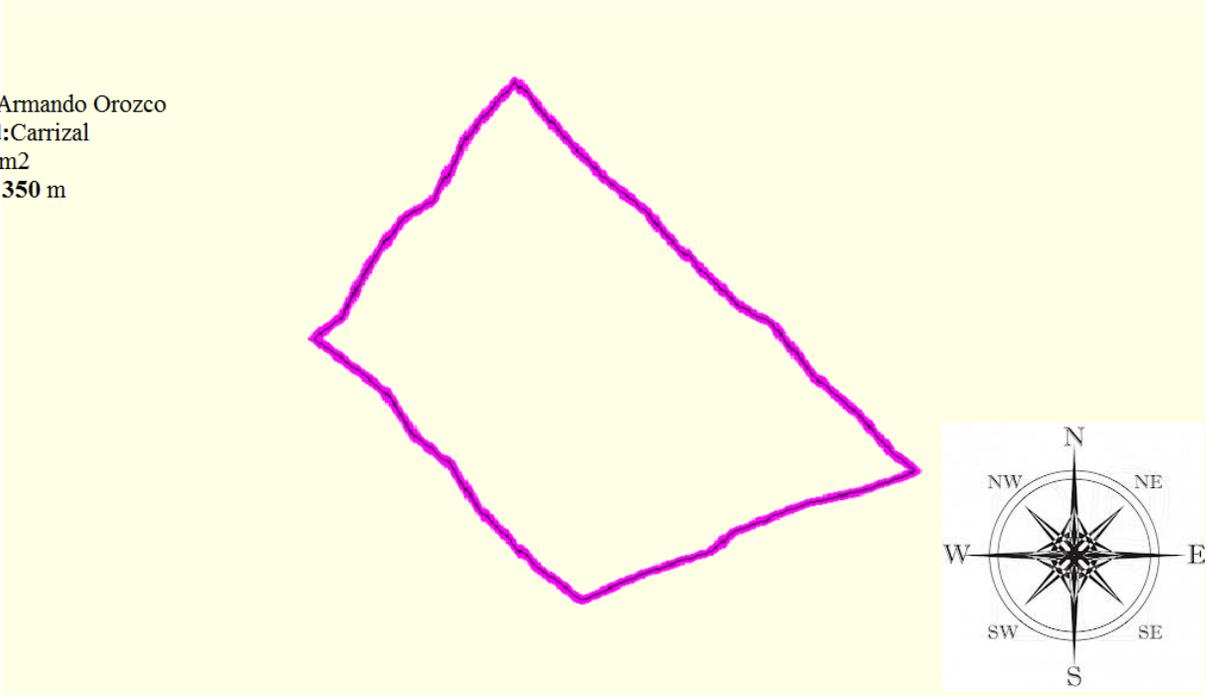
**Productor:** Pedro Pablo Rodríguez  
**Comunidad:** Carrizal  
**Área:** 7626 m<sup>2</sup>  
**Perímetro:** 380 m



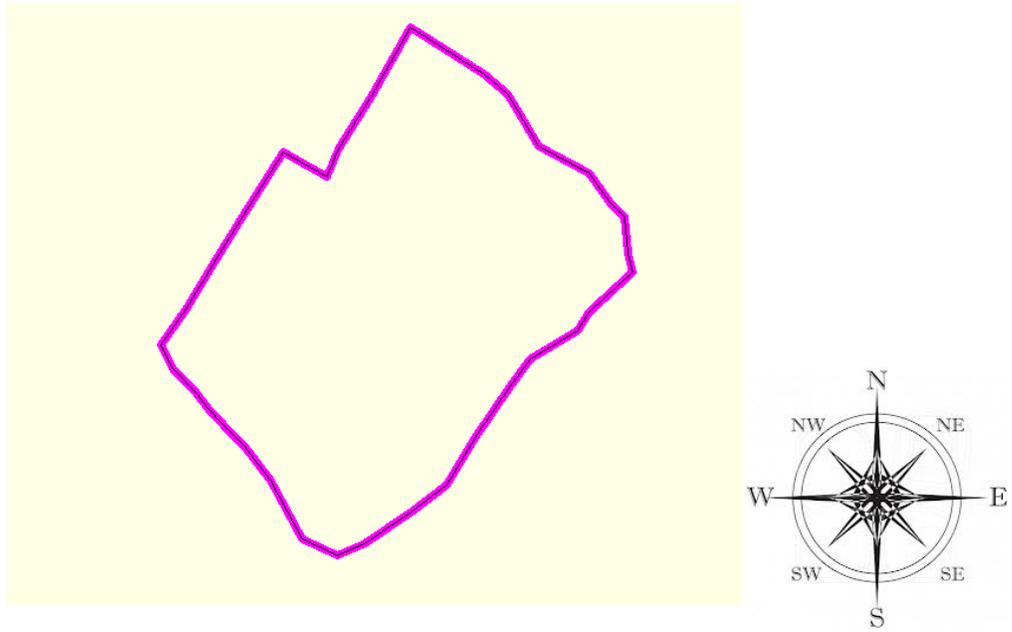
**Productor:** Laureano Perez  
**Comunidad:** Carrizal  
**Área:** 7073 m<sup>2</sup>  
**Perímetro:** 394 m



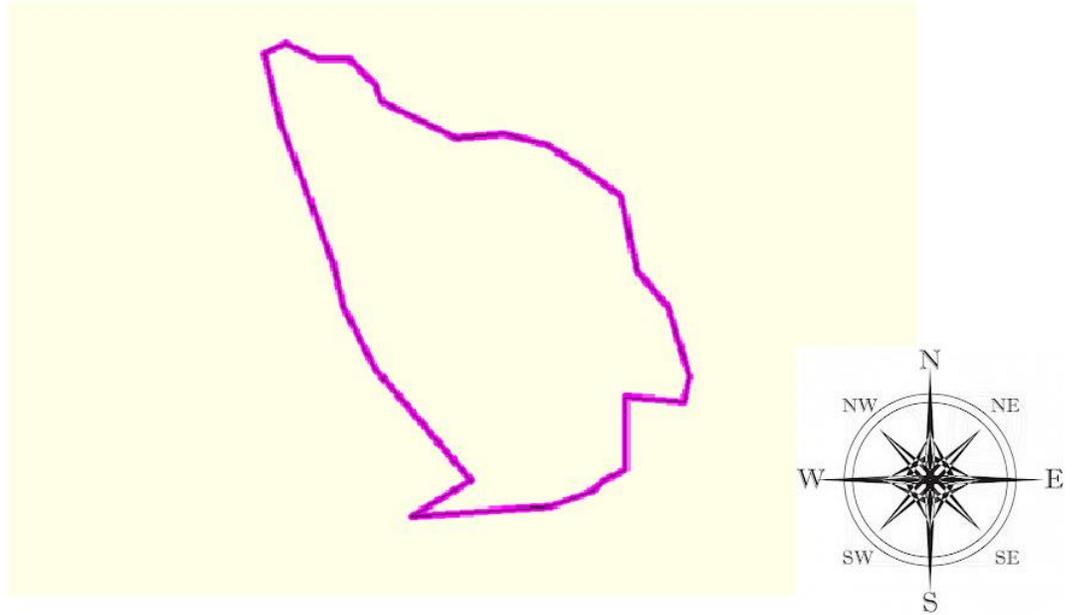
**Productor:** Armando Orozco  
**Comunidad:** Carrizal  
**Área:** 6799 m<sup>2</sup>  
**Perímetro:** 350 m



**Productor:** Antonia Mendez  
**Comunidad:** samulali  
**Área:** 8675 m<sup>2</sup>  
**Perímetro:** 382m



**Productor:** Nubia Barrera  
**Comunidad:** Samulali  
**Área:** 3904m<sup>2</sup>  
**Perímetro:**297m



**Productor:** Rosa Sanchez  
**Comunidad:** Samulali  
**Área:** 9716m<sup>2</sup>  
**Perímetro:**439m



**Anexo 7 Fotografías**  
**Parcela Sidar Sánchez**



**Parcela de Reymundo Astacio**



Parcela Pedro Pablo Rodríguez



Parcela Laureano Pérez



Parcela Armando Orozco



Parcela Antonia Méndez



Parcela Nubia Barrera



Parcela Rosa Sánchez





## Anexo 8

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

FAREM Matagalpa.



**Objetivo de la encuesta:** Determinar el uso, historial y manejo agronómico de la parcela de la parcela también la descripción y datos generales de la misma para su posterior procesamiento para evaluar el impacto que tiene los sistemas productivos actuales sobre los suelos en la parte alta, media y baja de la Subcuenca del Río Cálido.

### ENCUESTA

#### I.- Datos generales

1.1) Nombre del productor: \_\_\_\_\_

1.2) Comunidad: \_\_\_\_\_ 1.3) Parte de la cuenca: \_\_\_\_\_

1.4) Finca: \_\_\_\_\_ 1.5) Altura sobre el nivel del mar: \_\_\_\_\_

1.6) Tenencia de tierras: Propias \_\_\_\_\_ Alquiler \_\_\_\_\_ Préstamo \_\_\_\_\_

1.6.1) En caso de propias: Con título \_\_\_\_\_ Sin título \_\_\_\_\_

1.6.2) En caso de alquiler: Costo C\$ \_\_\_\_\_

1.7) Extensión de la finca: Total en mz: \_\_\_\_\_

1.8) Tamaño de la parcela de estudio: \_\_\_\_\_mz

1.9) Uso actual del suelo: Maíz \_\_\_\_\_ Bueno \_\_\_\_\_ Malo \_\_\_\_\_

Frijol \_\_\_\_\_ Bueno \_\_\_\_\_ Malo \_\_\_\_\_

Pasto de pastoreo \_\_\_\_\_ Bueno \_\_\_\_\_ Malo \_\_\_\_\_

Hortalizas \_\_\_\_\_ Bueno \_\_\_\_\_ Malo \_\_\_\_\_

Café \_\_\_\_\_ Bueno \_\_\_\_\_ Malo \_\_\_\_\_

## II.- Manejo de suelos

2.1) Método para manejo de las malezas en la parcela

2.1.1) Cultural \_\_\_\_\_ Describir \_\_\_\_\_

2.1.2) Mecánico \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_

2.1.3) Químico \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_ Dosis/mz \_\_\_\_\_  
Frecuencia \_\_\_\_\_

2.1.4) Biológico \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_ Dosis/mz \_\_\_\_\_  
Frecuencia \_\_\_\_\_

2.1.5) MIM \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_ Frecuencia \_\_\_\_\_

2.2) Preparación de suelos

2.2.3) Mecanizado \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_ Frecuencia \_\_\_\_\_

No de pases \_\_\_\_\_

2.2.4) Semitecnificado \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_ Frecuencia \_\_\_\_\_

No de pases \_\_\_\_\_

2.2.5) Manual \_\_\_\_\_ Frecuencia \_\_\_\_\_

b.d) No realiza preparación \_\_\_\_\_ Describir \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.3) Tipo de siembra

2.3.1) Directa \_\_\_\_\_: Al boleó \_\_\_\_\_ Por golpe \_\_\_\_\_ Al chorrillo \_\_\_\_\_

2.3.2) Indirecta \_\_\_\_\_: Bolsa (café) \_\_\_\_\_ Banco \_\_\_\_\_ Bandejas \_\_\_\_\_

2.4) Distancia de siembra según cultivo: \_\_\_\_\_ cm

2.5) Fertilización

2.5.1) Química \_\_\_\_\_ Describir \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

2.5.2) Orgánica \_\_\_\_\_ Describir \_\_\_\_\_

---

2.6) Control fitosanitario

2.6.1) Cultural \_\_\_\_\_ Describir \_\_\_\_\_

2.6.2) Mecánico \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_ Frecuencia \_\_\_\_\_

2.6.3) Químico \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_ Dosis/mz \_\_\_\_\_

Frecuencia \_\_\_\_\_

2.6.4) Biológico \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_ Dosis \_\_\_\_\_

Frecuencia \_\_\_\_\_

2.7) Control de plagas

2.7.1) Cultural \_\_\_\_\_ Describir \_\_\_\_\_

2.7.2) Mecánico \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_ Frecuencia \_\_\_\_\_

2.7.3) Químico \_\_\_\_\_ Producto \_\_\_\_\_ Dosis \_\_\_\_\_

Frecuencia \_\_\_\_\_

2.7.4) Biológico \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_ Dosis \_\_\_\_\_

Frecuencia \_\_\_\_\_

2.7.5) MIP \_\_\_\_\_ Describa \_\_\_\_\_

2.8) Riego

2.8.1) ¿Usa riego? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Explique \_\_\_\_\_

---

---

---

2.9) Obras de Conservación de Suelo

Implementa Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

En caso de implementar ¿Cuáles?

2.9.1) Barreras vivas \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.9.1.1) ¿Qué especies

utiliza? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.9.2) Barreras muertas

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.9.2.1) Materiales que utiliza \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.9.3) Curvas a nivel \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.9.4) Barreras rompe viento \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.9.4.1) Especies que utiliza \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.9.4) Sistemas agroforestales (doses) \_\_\_\_\_

---

---

2.9.5) Acequias

---

---

---

2.9.6) Diques

---

---

---

2.9.7) Cultivos de cobertura

---

---

---

2.10) ¿Dispone de insumos internos o algún tipo de presupuesto para realizar dichas obras de conservación de suelos?

---

---

---

---

---

---

2.11) ¿Dispone de insumos internos o algún tipo de presupuesto para mantener dichas obras de conservación de suelos?

---

---

---

---

---

---

2.12) ¿Posee mano de obra para la realización de obras de conservación de suelos? ¿Qué tipo? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Familiar \_\_\_\_\_ describa \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Contratada \_\_\_\_\_ Describa \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **III.- Cosecha**

3.1) ¿Que hace después de la cosecha en su área agrícola?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **IV.- Historial de la parcela**

4.1) Dar una breve descripción de historial de la parcela en los últimos 5 años en cuanto a cultivos establecidos, fertilizaciones (cantidad), rendimientos productivos (cantidad), plagas, enfermedades, métodos de control, obras de conservación de suelo.

-----

-----

-----

-----

-----

-----