



“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

## Evaluación de la Erosión hídrica en Suelos de Ladera en Sistemas Agroforestales, en el Valle la Danta, Somotillo, 2016 - 2017

**Autor(es)**

**Br. Ronny Bryan López Torrez**

**Asesor(es)**

**Ing. MSc. Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales**

**Ing. MSc. Esteban Antonio Avilés Silva**

**Managua, Nicaragua**

**Abril, 2021**



“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

## Evaluación de la Erosión hídrica en Suelos de Ladera en Sistemas Agroforestales, en el Valle la Danta, Somotillo, 2016 - 2017

**Autor(es)**

**Br. Ronny Bryan López Torrez**

**Asesor(es)**

**Ing. MSc. Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales**

**Ing. MSc. Esteban Antonio Avilés Silva**

Presentado a la consideración del honorable tribunal  
examinador como requisito final para optar al grado  
de Ingeniero Agrónomo

**Managua, Nicaragua**

**Abril, 2021**

Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

***Ingeniero Agrónomo***

---

Miembros del Tribunal Examinador

---

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

A Dios nuestro padre eterno por darme perseverancia, sabiduría a lo largo de mi carrera y por permitirme finalizarla.

A mi abuela Mazie Ann Putchie Bello (q.e.p.d), mi madre Cándida Rosa Torrez Herrera, mi padre José Luis López Putchie, a mis hermanos, a mis compañeros de clase quienes me apoyaron y animaron a superarme y a seguir adelante para concluir con mis estudios.

Muy especialmente a mi tía Jean Snayder y a mi tío Ernesto Putchie por alentarme, brindarme su apoyo y soporte económico para estudiar mi carrera.

*Ronny Bryan López Torrez*

## **AGRADECIMIENTO**

Al Fondo de Cooperación de Austria Proyecto Quesungual Forrajes ejecutado por el Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT)-Nicaragua, la Universidad Nacional Agraria (UNA) y el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA).

A la Universidad Nacional Agraria por apoyar y aprobar el soporte económico de los cursos de tesis de pregrado, al personal de laboratorio de suelo y agua (LABSA) por su apoyo en los análisis de laboratorio.

Mis asesores Ing. MSc. Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales e Ing. MSc Esteban Antonio Avilés Silva que con sus conocimientos y experiencia me brindaron sugerencias valiosas durante el desarrollo de la tesis.

Al colectivo de trabajo; Jerónimo Aguilera, Isidro Zúñiga por facilitar y apoyar incondicionalmente en el estudio, a los conductores: Máximo, Ronaldo, por ocupar parte de su tiempo en llevarnos al sitio de estudio para el respectivo monitoreo de campo.

De manera muy especial a Ing. Carmen y Ing. Gerardo Murillo por su gran apoyo,

A mis amigos y compañeros de clase, por su apoyo en la finalización de mi estudio y tesis

***Ronny Bryan López Torrez***

## INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>ii</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>3</b>
3.1. Generalidades de los sistemas	3
3.1.1. Validación tecnológica	3
3.1.2. Sistemas Agroforestales	4
3.1.3. Generalidades de los Sistemas Agroforestales	4
3.2. Caracterización Física del Suelo	5
3.3. Degradación de los suelos	5
3.3.1 Calidad del suelo	6
3.4. Algunos Conceptos básicos metodológicos	7
3.4.1. Densidad aparente (Da) ( $\text{g/cm}^3$ )	7
3.4.2. Infiltración del agua en el suelo	8
3.4.3. Retención de humedad	8
3.4.4. Espesor orgánico	9
3.4.5. Pendiente	9
3.4.6. Erosión del suelo	9
3.4.7. Parcela de varillas modificadas	10
3.5. Caracterización química del suelo	10
3.5.1 Materia Orgánica (MO)	10
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>12</b>

4.1. Ubicación del área estudio	12
4.2. Caracterización biofísica del área de estudio	12
4.2.1 Clima	12
4.2.2 Suelo	13
4.2.3 Relieve	13
4.3. Estructura Experimental	13
4.3.1. Manejo de los ensayos	15
4.3.2. Instalación de Pluviómetro	15
4.4. Monitoreo de campo	16
4.4.1. Metodología de parcela de varilla e indicadores de calidad de suelos	16
4.4.2. Densidad aparente (Da)	19
4.4.3. Infiltración del agua en el suelo	20
4.4.4. Textura	22
4.4.5. Materia orgánica en el suelo (MOS)	22
4.4.6. Pendiente	23
4.4.7. Erosión	23
4.5. Análisis estadístico de datos	24
4.5.1. Equipos utilizados en campo	25
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>27</b>
5.1 Precipitaciones	27
5.2 Comportamiento de la erosión neta por sistemas de uso en La Danta 2016	28
5.3 Análisis de la erosión por fracción de la erosión neta por sistemas de uso en la Danta 2016	29
5.4 Análisis del comportamiento de la erosión vs pendiente (%)	31
5.5 Análisis de indicadores de calidad de suelos	32
5.5.1 Relación de los indicadores de calidad de suelos en La Danta 2016	32
5.5. Análisis multivariados	35
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>37</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>38</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	<b>39</b>
<b>IX. ANEXOS</b>	<b>44</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Indicadores de calidad de suelos	7
2.	Clasificación de la densidad aparente en los suelos	8
3.	Rango de contenidos de materia orgánica en los suelos de Nicaragua	11
4.	Descripción de los tratamientos por sistemas de uso, Proyecto CIAT-Quesungual -Forraje 2011.	14
5.	Riesgos de erosión laminar de acuerdo con las pérdidas de suelo propuesta por la FAO, 1980.	18
6.	Clasificación de la densidad aparente en los suelos	20
7.	Clase y tasas de infiltración y su relación con el potencial de erosión de suelos, 2014	21
8.	Correlación múltiple entre sistemas de uso de la tierra y 7 indicadores de calidad de suelo. Finca alta y baja en el valle la Danta Somotillo. 2016	36



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Ubicación del área de estudio, Valle la Danta, municipio Somotillo departamento de Chinandega, Nicaragua.	12
2.	Diseño y ubicación de las fincas, tratamientos y posiciones en las parcelas de muestreo permanente, en El Valle la Danta Somotillo, 2016	14
3.	Mapa de orden de suelos y ubicación de las fincas donde se realizaron los ensayos del estudio, microcuenca Somotillo	15
4.	Registro diario de lluvias con pluviómetro entre las fincas.	16
5.	Instalación de parcelas de varillas, monitoreo de erosión de suelos	17
6.	Comparaciones de precipitaciones entre INETER – Chinandega y los productores de la Danta 2016.	27
7.	Análisis de la tasa de erosión neta laminar en las parcelas ( $t\ ha^{-1}\ a^{-1}$ ) a nivel de sistema de uso microcuenca Tecomapa	29
8.	Análisis de la dinámica de la erosión laminar, expresando en tasa de suelo depositadas o transporte de sedimento fuera de las parcelas ( $ton\ ha^{-1}a^{-1}$ ) a nivel de sistemas por microcuenca Tecomapa.	30
9.	Asociar erosión versos pendiente, por tratamientos de uso en la posición en la sub-parcela de la microcuenca Tecomapa.	32
10.	A), espesor y (B) materia orgánica, por posición en la sub-parcela de la microcuenca Tecomapa.	33

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Croquis de la finca de Gerónimo Aguilera, ubicada en la parte alta del Valle la Danta, 2011.	44
2.	Croquis de la finca de Isidro Zúñiga, ubicada en la parte alta del Valle La Danta, 2011.	45
3.	Georreferenciación y localización de fincas y parcelas de los productores del proyecto Quesungual – forraje, Municipio Somotillo – 2016	46
4.	Especies arbóreas en los bosques secundario de la micro la danta, Somotillo, 2005	47
5.	Datos de erosión y sedimentación en los suelos de la Flor y la Danta, Somotillo 2016	48
6.	Indicadores de calidad de suelos la Danta, Somotillo 2016.	50
7.	Datos de lluvias (mm) de las dos estaciones situadas en la finca alta y baja de la toposecuencia de la micro cuenca Tecomapa, 2016.	51
8.	Chinandega Tabla climática de Temperatura y precipitaciones	52
9.	Análisis de Varianzas de depósitos y erosión de suelos en los usos de tierra agrícola, 2016.	53

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los efectos de los sistemas agroforestales sobre la erosión laminar y la calidad de suelo, en dos fincas del Valle La Danta, municipio de Somotillo-Nicaragua; fueron establecidas 20 parcelas con 10 varillas para medir erosión laminar, y el monitoreo de seis indicadores de calidad de suelo en el año 2016. Los sistemas de uso de la tierra evaluados fueron: cultivo tradicional (Ct); sistema agroforestal Quesungual (SAQ); bosque secundario (Bs); pastos mejorados con *Brachiaria sp- Marandú*, (Pm); y pasto tradicional Jaragua (Pt). Como resultado, la tasa de erosión dentro de las parcelas fue moderada en los sistemas de Pt, Bs y Pm, y ligeras en los sistemas Ct y SAQ con valores de; 13, 28, 33, 4 y 7 ton ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> respectivamente, (FAO, 1980). La tasa de erosión fuera de las parcelas fue moderada en los sistemas Pt, Bs y Pm, con valores de 11, 13 y 10 ton ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> respectivamente. Procesos que ocurrieron mayormente en pendientes que oscilan entre 19 % a 36 %, donde se ubica las pasturas tradicionalmente. La calidad de los suelos fue influenciada por altos contenidos de materia orgánica del suelo (MOS) en sistemas Quesungual (4%) y un tiempo de infiltración, moderada. Datos sugieren, proteger los suelos con problemas de compactación y pérdidas de materia orgánicas, localizadas en las partes bajas del relieve de cada parcela, donde el suelo sufre mayor presión por uso.

**Palabras claves:** Bosque secundario, Quesungual, Pasto mejorado, Cultivo tradicional, pasto tradicional, erosión dentro, erosión fuera, relieve, posición alta y baja, infiltración y contenido de materia orgánica.

## ABSTRACT

In order to evaluate the effects of agroforestry systems on sheet erosion and soil quality, in two farms in Valle La Danta, municipality of Somotillo-Nicaragua; 20 plots with 10 rods were established to measure sheet erosion, and the monitoring of six soil quality indicators in 2016. The land use systems evaluated were: traditional cultivation (Ct); Quesugual agroforestry system (SAQ); secondary forest (Bs); pastures improved with *Brachiaria* sp- Marandú, (Pm); and traditional Jaragua grass (Pt). As a result, the inside plots soil erosion rate was moderate in Pt, Bs and Pm systems, and light in the Ct and SAQ systems with values of; 13, 28, 33, 4 and 7 ton ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> respectively, (FAO, 1980). The erosion rate offside plots was moderate in the Pt, Bs and Pm systems, with values of 11, 13 and 10 ton ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> respectively. Processes that occurred mostly on slopes ranging from 19% to 36%, where pastures are traditionally located. Soil quality was influenced by high soil organic matter (SOM) contents in Quesungual systems (4%) and a moderate soil time infiltration. Data suggest, protect the soils with compaction problems and organic matter losses, located in the lower parts of the relief of each plot, where the soil suffers the greatest pressure from land use

**Keywords:** Secondary forest, Quesungual, Improved pasture, Traditional cultivation, traditional pasture, inside erosion, off erosion, relief, high and low position, soil time infiltration and soil organic matter content.

## I. INTRODUCCIÓN

La erosión del suelo es una grave amenaza a nivel mundial para la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas y la productividad de la tierra afecta aproximadamente el 65% de los recursos edáficos del planeta. Como resultado, los rendimientos y los ingresos son bajos y la calidad del suelo continúa disminuyendo (OIEA, 1998-2020).

En Nicaragua el municipio de Somotillo en el departamento de Chinandega, la seguridad alimentaria depende de la producción de maíz y frijol. Esta producción es afectada por la baja fertilidad del suelo y la erosión. Lo que se refleja en una crisis familiar campesina y deterioro progresivo de los recursos naturales, específicamente del suelo. Las prácticas incorrectas más frecuentes que realizan los pequeños productores de Somotillo son: monocultivo, limpias intensivas para mantener el suelo libre de hierbas, disminuyen la capacidad amortiguadora del suelo y se reflejan en la economía productiva del país (INTA, 2005).

La erosión hídrica, es un proceso que se inicia cuando las gotas de lluvia impactan en el suelo y disgregan las partículas de éste, asimismo la magnitud con que ocurre la erosión del suelo que depende del tamaño y la velocidad de las gotas de lluvia. Según (Amezquita, 2004), “define la erosión como la pérdida del potencial productivo del suelo, por deterioro de sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas, afectando la calidad de los suelos o degradando los mismos”.

Esta investigación pretende evaluar los procesos dinámicos de la erosión a través del método de varillas modificado (Mendoza M. T., 1994), en campos abiertos, y su relación con la calidad de suelo. Con el propósito de identificar tanto las tasas de erosión y su dinámica. Para dicho ensayo se seleccionaron dos fincas con cuatro sistemas y cinco tratamientos, donde se instalaron varillas en un área de observación de 10 m<sup>2</sup> para evaluar la pérdida (erosión) y ganancia (sedimentos) de suelos en la parte alta y baja de cada ladera en estudio (parcela).

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la erosión hídrica en los sistemas agroforestales: Bosque (Bs), Sistema agroforestal Quesungual (SAQ), Pasto mejorado (Pm), Pasto tradicional (Pt), Cultivo tradicional (Ct), sobre el control de la erosión lamina y la calidad de los suelos.

### 2.2. Objetivos específicos

- ❖ Cuantificar la erosión hídrica en suelos de ladera utilizando el método de varillas mejorado en el municipio de Somotillo departamento de Chinandega, bajo sistema agroforestales, en el Valle la Danta, Somotillo.
  
- ❖ Identificar el tipo de erosión hídrica relacionando los indicadores de calidad de suelo (erosión y depósito de sedimentos, infiltración, densidad aparente, materia orgánica en el suelo (MOS) y gradiente de la pendiente), bajo sistema agroforestales de Bosque secundario (Bs), Sistema agroforestal Quesungual (SAQ), Pasto mejorado (Pm), Pasto tradicional (Pt), Cultivo tradicional (Ct).

### **III. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1. Generalidades de los sistemas**

Se encontraban establecidos los cultivos de maíz y frijol en los sistemas de uso tradicional quema (Q) y en los sistemas agroforestal (SAQ). Se implementó una rotación de cultivos en dos épocas de siembra primera maíz y frijol en postrera, de los años 2011 al 2016. “La preparación en terrenos pendientes debe ser mínima y en franjas a curvas de nivel, distancia entre franjas dependiendo del grado de la pendiente y del potencial de erosión del suelo y sembrándose con labranza mínima” (Ayarza & Spain, 1991).

Los suelos de la micro cuenca son de origen volcánico, bien drenado, originados de rocas volcánicas del Terciario Mioceno sobre un relieve escarpado. En su mayoría son suelos arcillosos friables, moderadamente profundos pertenecientes al orden Molisol y los subgrupos taxonómicos: Udic Argiustols (98%), y Lithic Haplustols y Paralithic Entic Haplustols, (2%).

##### **3.1.1. Validación tecnológica**

La validación tecnológica se define como una prueba en campo que se realizó en un área o entidad biofísica, bajo las condiciones de la unidad de producción (U.P.), en la que se verificó una alternativa tecnológica que la experimentación ha demostrado, que supera en rendimiento, beneficio económico o aspectos sociales, a la tecnología que utilizan los productores. “La validación es el método de investigación que se encuentra más cerca de la transferencia. Tiene una posición intermedia entre el planteamiento hipotético y la transferencia al productor” (Radulovich & Karremans, 1993)

### **3.1.2. Sistemas Agroforestales**

En Nicaragua, los sistemas agroforestales son implementados por representar gran importancia por la adecuación de la tierra en áreas pequeñas, gracias a la implementación de estos sistemas es posible diversificar la producción, mejorar la dieta alimenticia y tener ingresos adicionales.

El uso del suelo con Sistema Agroforestal tiene como ventaja la interacción de árboles (árboles, arbustos, etc.), con cultivos agrícolas o especies de animales, obedeciendo a un arreglo espacial. Los sistemas agroforestales se dividen en Sistemas Agrosilviculturales (árboles con cultivos) y Sistemas Silvopastoriles (árboles con animales) y los más complejos Agrosilvopastoriles, los cuales incluyen árboles, cultivos agrícolas y animales, estos sistemas son comunes en Centro América e implementados en Nicaragua en el año 2014.

### **3.1.3. Generalidades de los Sistemas Agroforestales**

Los Sistemas Agroforestales se adaptan a cada situación y sus beneficios son reconocidos ampliamente, en relación:

- a. La protección y mejoramiento del suelo
- b. Diversidad en la cosecha de productos para los dueños de pequeñas fincas
- c. Le asegura ingresos adicionales
- d. Mayor estabilidad y mejores retornos económicos a mediano y largo plazo.

Se caracterizan por aprovechar al máximo la unidad de área, diversificar e intensificar la producción, y optimizar la producción en todos los espacios de terreno.

Los árboles pueden proveer muchos productos tales como: madera, alimento, forraje, leña, postes, materia orgánica, medicina, cosméticos, aceites y resinas entre otras. Por otra parte, los árboles son proveedores importantes de servicios sociales y ambientales como seguridad alimenticia, conservación de suelos, aumento de la fertilidad del suelo, mejoramiento del microclima, cercos vivos para los cultivos y árboles frutales, demarcación de límites, captura de carbono,



estabilización de cuencas, protección de la biodiversidad, recuperación de tierras degradadas y control de maleza (ICRAF, 1998).

### **3.2. Caracterización Física del Suelo**

Las propiedades físicas que generalmente se estudian en la caracterización del suelo son:

- ❖ Densidad Aparente
- ❖ Infiltración de agua en el suelo
- ❖ Retención de humedad
- ❖ Espesor agrícola
- ❖ Erosión de suelo
- ❖ Pendiente
- ❖ Textura
- ❖ Materia orgánica

### **3.3. Degradación de los suelos**

La degradación a causa de erosión hídrica es un proceso, que generalmente pasa desapercibido, la segregación, trasportes y sedimentación de las partículas del suelo son ocasionadas por las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial y que en determinado momento muestran sus efectos negativos en la sostenibilidad agrícola. Según (Amezquita, 2004), erosión laminar es la pérdida de suelo por exceso de lluvia, arrastre de partículas superficiales, elementos nutritivos, debido al uso inapropiado de las prácticas agrícolas implementadas por la mano del hombre a través del tiempo.

En Nicaragua especialmente en áreas de laderas las principales causas del deterioro físico del suelo son: Implementación de monocultivos, altos porcentajes de pendientes, alta intensidad de lluvias y periodo prolongado de la estación lluviosa, falta de cobertura y el establecimiento de cultivos no recomendados para áreas de laderas.

En el municipio de Somotillo, es afectada negativamente por la pérdida de la fertilidad debido al proceso de erosión ocasionado por los productores con prácticas como la tala y quema para la siembra de maíz y el frijol.

### **3.3.1 Calidad del suelo**

La calidad de suelo describe la habilidad del suelo para realizar las funciones como: medio de crecimiento de los cultivos, proporcionar a la planta nutriente, (Mantener) conservar la productividad de los cultivos, conservar la calidad del medio ambiente, además favorece la salud de las plantas, animales y humanos. La calidad del suelo es la capacidad inherente del suelo de comportarse en un rango de funciones. La calidad debe de interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter, Webster, & Cairns, 1997).

### **3.3.2 Indicadores de calidad del suelo**

Los indicadores de calidad de suelos son aplicados exitosamente en proceso de diagnósticos extensión e investigación participativa, a escala de parcela, finca y paisaje. Esto con el propósito de fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje entre la comunidad técnica y los agricultores. Así como, mejorar el proceso de empoderamiento al introducir o rescatar buenas prácticas agrícolas y agropecuarias. El uso de métodos sencillos para valorar el estado de los suelos en campo es una información que se correlaciona con las obtenidas en el laboratorio.

Los principales atributos de los indicadores de calidad de suelos son la utilidad para una variedad de usuarios y tomadores de decisiones, por ser fáciles de usarlos en campo, fácil de interpretar, económicos y por integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, entre otros. (Doran J. a., 1997).

Investigadores y agricultores por igual han tratado de establecer lo que ahora ampliamente es llamado conjuntos de datos mínimos de Física, Química, y Biológicos que pueden ser utilizados como indicadores cuantitativos de evaluación de la calidad y salud del suelo. Estos conjuntos de propiedades del suelo son frecuentemente identificados y se enumeran en cuadro 1.

Cuadro 1. Indicadores de calidad de suelos.

<b>Físico</b>	<b>Químico</b>
Densidad aparente	Materia orgánica
Infiltración de agua en el suelo	
Espesor orgánico	
Pendiente	
Erosión del suelo	
Retención de humedad	

**Fuente:** (Doran J. a., 1997).

### **3.4. Algunos Conceptos básicos metodológicos**

El conocimiento de las propiedades físicas del suelo permite conocer mejor el funcionamiento del suelo, su efecto es determinante en la producción, este se puede determinar a partir de la proporción relativa en la que se encuentra cada una de las partículas de arena, limo y arcilla, asociadas por su tamaño y acomodo, según predomine una u otra fracción.

Los suelos francos presentan textura mejor balanceada (arcilla entre 10 y 25%, limo entre 28 y 50% y arena entre 50 y 65%), en este tipo de suelo se presenta una tendencia uniforme a la retención de agua y de oxígeno, en la difusión de los gases, de tal forma que las plantas no son afectadas en sus funciones fisiológicas (Márquez, G .1983).

#### **3.4.1. Densidad aparente (Da) (g/cm<sup>3</sup>)**

Los valores de la Densidad aparente según (Cairo, 1995) varían, de acuerdo al tipo de suelo, en suelos arcillosos 1.3-1.7 g/cm<sup>3</sup> y en orgánicos hasta valores de 0.3 g/cm<sup>3</sup>. El incremento de los valores de la Da se asocia con la disminución del espacio poroso, el incremento de la conductividad térmica, el grado de compactación o adensamiento natural del suelo. La reducción del espacio poroso es responsable del drenaje rápido del exceso de agua y por ende de la aireación (Pla, 1983).

Según (Doran J. &, 1994), la densidad aparente está incluida dentro de un grupo de parámetros cuya medida es necesaria para evaluar la calidad de un suelo; sus valores dependen de muchos

factores incluyendo la estructura y materia orgánica, la resistencia mecánica al enraizamiento y la cohesión de este (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de la densidad aparente en los suelos

Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Clasificación
<1.0	Muy bajo
1.0 – 1.2	Bajo
1.2 – 1.4	Medio
1.4 – 1.6	Alto
>1.6	Muy alto

**Fuente:** (Cairo, 1995)

### 3.4.2. Infiltración del agua en el suelo

La infiltración de agua depende de muchos factores; Espesor del suelo, humedad del suelo, cubierta vegetal, tipo vegetal y pendiente, por lo que su estimación confiable es difícil y requiere de una comparación entre varios parámetros.

La infiltración es el proceso de penetración del agua en el suelo; por tanto, es inverso al proceso de escorrentía del agua de lluvia, la velocidad de la misma depende de los tipos de suelo, la estructura o grado de agregación y del contenido de agua en el mismo. La velocidad de infiltración puede reducir o aumentar la escorrentía superficial y con ello el peligro de erosión hídrica. (Mendoza C. , 2014)

### 3.4.3. Retención de humedad

Es la relación entre la masa de agua y la masa de suelo seco. Este método se considera estándar o de referencia. Lo anterior significa que si se toma una muestra de suelo que contiene alguna humedad, ese contenido se puede expresar con base a masa si se le logra extraer el agua y luego se relacionan la masa de ésta con la masa del suelo seco al horno. (Tafur, 2006).

#### **3.4.4. Espesor orgánico**

El horizonte superior “A” puede presentar espesores algo mayores a los 20 cm y contener hasta 2 a 3% de materia orgánica, aún en aquellos suelos muy pedregosos, especialmente a los suelos de tipos de Molisoles y Entisoles. De acuerdo con el sistema de clasificación de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2006).

#### **3.4.5. Pendiente**

La posición de un suelo en el relieve es un criterio que ha sido relacionado a la formación de suelo y expresado en la ecuación  $S = f(c, l, o, r, p, t)$  de (Jenny H. , 1941). También, es reportado como un principio de la geología y su vínculo al desarrollo de suelo en el paisaje: “El suelo es un fenómeno asociado con la parte que establece el ciclo de la erosión” (J.A. Mason, 2005).

Según (Avilés, 2016), cuando la inclinación de la ladera supera los 26 hasta 57%, en esta pendiente la pérdida de suelos es extremas, siendo éstas de 43 y 147.20 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

#### **3.4.6. Erosión del suelo**

La erosión hídrica del suelo es un proceso que se inicia cuando las gotas de lluvias impactan en el suelo y desintegran las partículas de ésta; así mismo, la magnitud con que ocurre el fenómeno, depende del tamaño y la velocidad de las gotas de lluvia. De esta forma (Amezquita, 2004), define la erosión como la pérdida del potencial productivo del suelo, por deterioro de sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas, afectando la calidad de los suelos o degradando los mismos.

Los recursos naturales en Nicaragua han sido sobre explotados. Estos están generando un proceso acelerado de desertificación y de poca disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas para consumo. Los procesos de erosión y sedimentación también se han acelerado a pesar que Nicaragua es uno de los pocos países en Centro que aún mantiene una considerable extensión de bosques (MARENA, 2000).

### **3.4.7. Parcela de varillas modificadas**

El método de clavos y arandelas puede considerarse uno de los más sencillos y fáciles de aplicarse para cuantificar las pérdidas de suelo ocasionadas por la erosión hídrica (PASOLAC, 2005). El método fue originado en el Colegio Posgrado de Chapingo 1982, y modificado para adaptarlo a diferentes topografías de Nicaragua por (Mendoza M. T., 1994).

Según (Somarriba, 1989)(1998) y (Mendoza M. T., 1994), se cuantificaron pérdidas de suelo en ocho parcelas con pendientes diferentes y cultivos diversos. La pérdida de suelo, se valora el riesgo de erosión laminar o pérdida de suelos (Cuadro 4), propuesta por la (FAO, 1980).

## **3.5. Caracterización química del suelo**

Son numerosos los parámetros que hay que considerar para caracterizar las propiedades de un suelo, y evaluar su repercusión sobre la fijación o movilización de especies química contaminantes presentes en los mismos.

### **3.5.1 Materia Orgánica (MO)**

La MO es uno de los componentes del suelo que interactúa dinámicamente, tiene propiedades especiales tanto de carácter físico como químico e interviene en la parte nutricional de los cultivos, dentro de las funciones que desempeña en el suelo es que: mejora la textura, aumenta la capacidad de retención de agua, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, es fuente de nutrientes y facilita la asimilación de fósforo, es fuente de gas carbónico.

En la Biología del suelo, los contenidos de MO dependen de muchos factores como clima, relieve, vegetación, organismos del suelo, composición mineralógica del suelo, y el uso del suelo.

Según (FitzPatrick, 1978), la materia orgánica del suelo está formada por sustancias húmicas, animales y plantas muertas. En su composición contiene carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), y además varios elementos inorgánicos como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

Cuadro 3. Rango de contenidos de materia orgánica en los suelos de Nicaragua.

Nutrientes	Unidad	Rangos		
		Pobre	Medio	Alto
Materia Orgánica (MO)	(%)	<2	2 – 4	>4

**Fuente:** (Quintana & Blandón, 1983)

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del área estudio

La comunidad La Danta, pertenece administrativamente al municipio de Somotillo, del Departamento de Chinandega. Se encuentra ubicada a 18 Km. del casco urbano municipal y 87 Km. de la cabecera departamental. Está situada en las coordenadas 13° 04' 45" LN, 85° 47' 25" LO y 13°08'39"LN ,86°49'59"LO, con una extensión territorial de 10 km<sup>2</sup>, (INTA, 2005). (Ver figura 1).

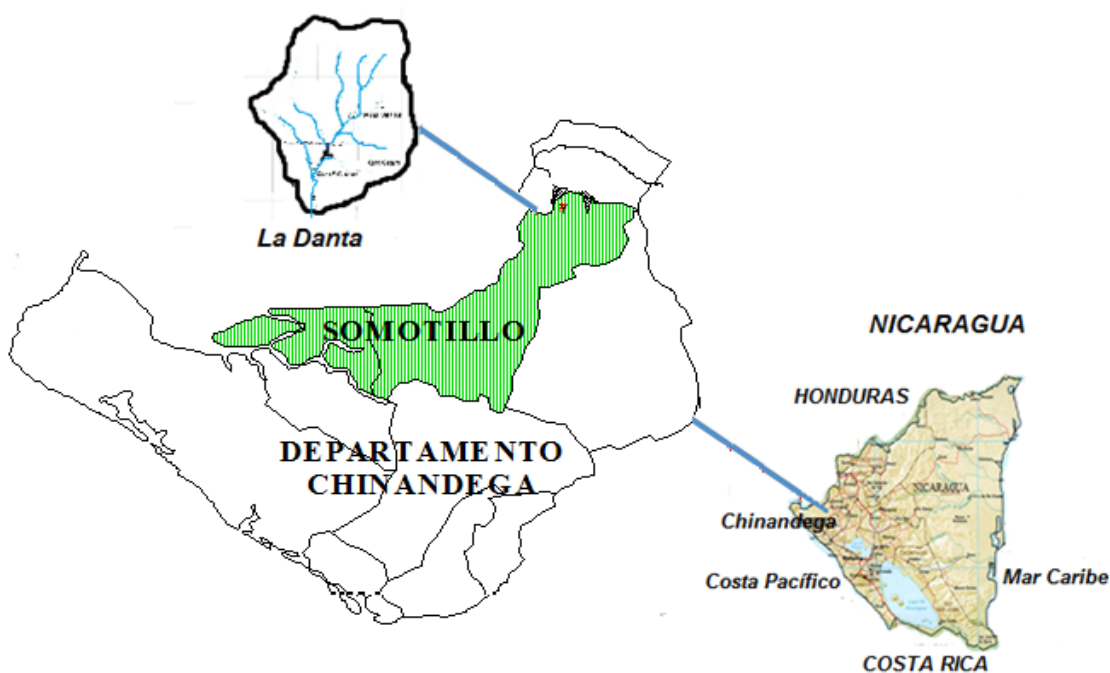


Figura 1. Ubicación del área de estudio, Valle la Danta, municipio Somotillo departamento de Chinandega, Nicaragua.

### 4.2. Caracterización biofísica del área de estudio

#### 4.2.1 Clima

El clima es sabana tropical según (Köppen, 1948) con temperatura promedio anual de 25 °C, temperaturas máximas de 34 °C, las precipitaciones promedio anual oscilan entre 1,400 a 1,600 mm/año, con 6 meses secos (diciembre a mayo). Según (Holdrige). La zona de vida es bosque seco



tropical, son áreas definidas por parámetros de precipitación (isoyetas), elevación (curvas de nivel) y temperatura (isotermas).

#### **4.2.2 Suelo**

Los suelos de la microcuenca son de origen volcánico, bien drenado, originados de rocas volcánicas del Terciario Mioceno sobre un relieve escarpado. En su mayoría son suelos arcillosos friables, moderadamente profundos pertenecientes al orden Molisol y los subgrupos taxonómicos: Udic Argiustols (98%), y Lithic Haplustols y Paralithic Entic Haplustols, (2%).

#### **4.2.3 Relieve**

Las condiciones topográficas dentro del bosque se consideran irregulares en su mayoría. Sin embargo, existen puntos medios ondulados dentro del bosque y accidentado de 100 m a 200 msnm. La microcuenca en estudio se caracteriza por tener suelos franco arenoso apto para la siembra de granos básicos, predominando las pendientes con inclinación entre 50 y 80 % y alturas entre los 200 y 500 msnm (INTA, 2005).

### **4.3. Estructura Experimental**

Para la selección del área de estudio se tomaron varios criterios como:

1. Propietario de la tierra
2. Colaboración del productor en las actividades y demandas del proyecto.
3. Poseer un bosque secundario de al menos 0.35 has.
4. saber leer y escribir y disponibilidad de mano de obra.

Las fincas seleccionadas por su posición en el transecto de la microcuenca Tecomapa fueron: Isidro Zúñiga (parte alta) y Gerónimo Aguilera (en la parte baja); donde se establecieron los sistemas de varillas para evaluar la erosión (Anexos 1, 2 y 3). Adicionalmente, dentro de cada

finca se establecieron cuatro sistemas y cinco tratamientos (Cuadro 4), donde se establecieron parcelas por cada tratamiento de forma heterogénea en la parte alta y baja, ubicándose set de varillas para estimar la erosión superficial (Figura 2). El diseño fue bloque completamente al azar (BCA), surge por la necesidad de ejercer un control local de la variación dado la existencia de un material experimental heterogéneo (Montgomery, 2015).

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos por sistemas de uso, Proyecto CIAT- Quesungual - Forraje 2011.

Sistema	Códigos	Descripción de Tratamientos	Área Has
Forestal	Bs	Bosque secundario, con diez años mínimo de establecido	0.53
Agrosilvícola	SAQ	Sistema Quesungual con árboles dispersos y regulación de sombra. Donde se siembra maíz de primera y frijol de postrera.	0.11
Silvopastoril	Pm	Pastura mejoradas en potreros con escasa cobertura de árboles.	0,53
	Pt	Pasto tradicional de la zona	0,53
Agrícola	Ct	Sistema tradicional de tala y quema (testigo extremo). Donde se siembra maíz de primera y frijol de postrera.	0.11
Total			1.81

Fuente: (Avilés, 2016)

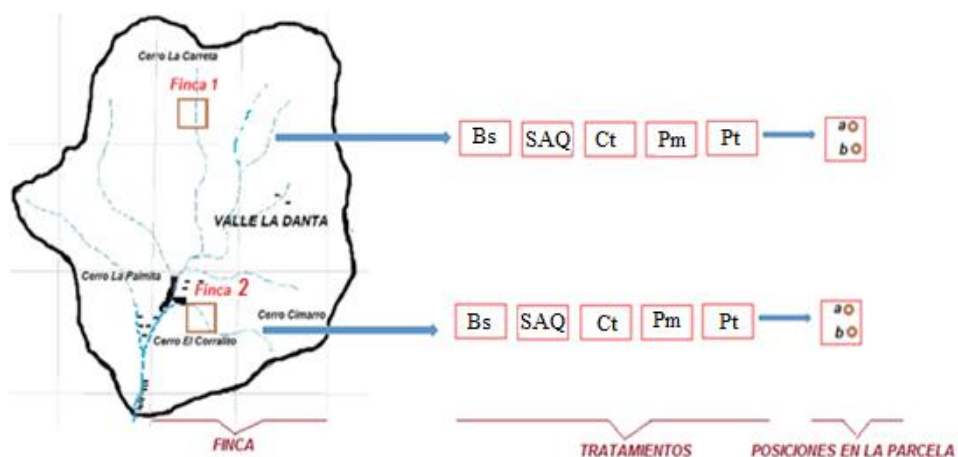


Figura 2. Diseño y ubicación de las fincas, tratamientos y posiciones en las parcelas de muestreo permanente, en El Valle la Danta Somotillo, 2016.

### 4.3.1. Manejo de los ensayos

Se procedió a geo-referenciar las parcelas en las fincas con sistemas y tratamientos de cada productor (Anexo 4); ubicadas a lo largo del transepto de la micro cuenca, así como la parte alta, media y baja, distribuida en órdenes de suelos Alfisol, Entisol y Vertisol respectivamente (Figura 3), según estudio no publicado de levantamiento de suelos en la micro cuenca la Danta Somotillo (Rodríguez, 2008).

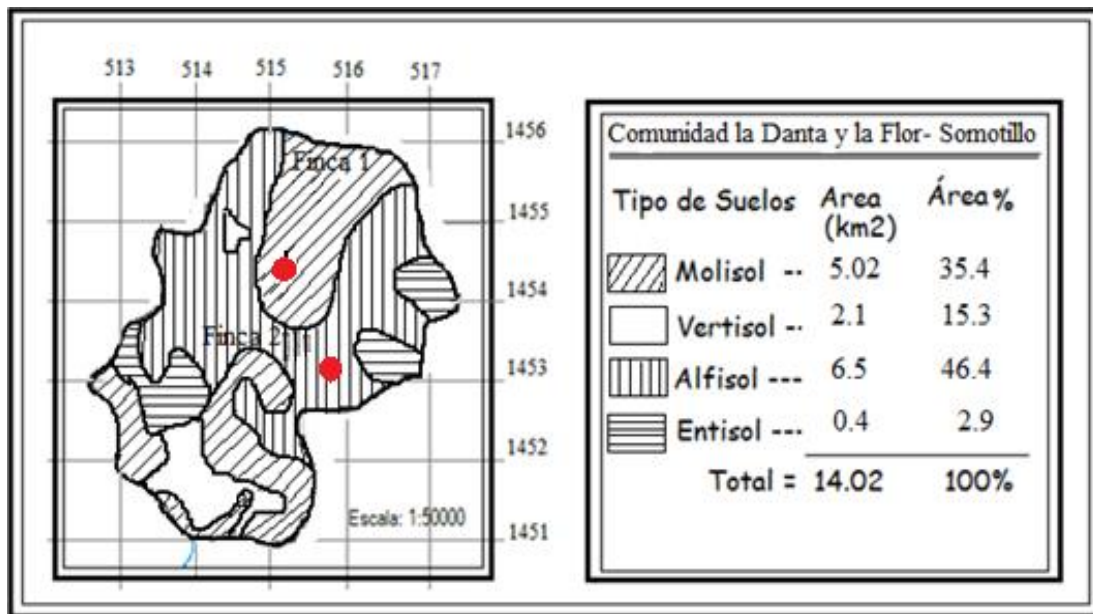


Figura 3. Mapa de orden de suelos y ubicación de las fincas donde se realizaron los ensayos del estudio, microcuenca Somotillo.

Los sistemas Agroforestal Quesungual (SAQ) y Silvopastoril (SSP), es una opción para incrementar los rendimientos, de los cultivos de maíz, frijol y pastura y reducir la erosión hídrica a través de mejora de la calidad de los suelos.

### 4.3.2. Instalación de Pluviómetro

Se instaló un pluviómetro en cada finca para la medición diario de lluvia o precipitación por el agricultor (Foto 1), los que fueron ubicados en diferentes posiciones del relieve a lo largo de la toposecuencia; parte alta Jerónimo Aguilera, parte media Isidro Zúñiga. Según, (Mendoza M. T.,

1994), se toman las lecturas y se anotan en una libreta de campo la cantidad de lluvia caída después de cada evento (Anexo 6).



Figura 4. Registro diarias de lluvias con pluviómetro en las fincas:  
a) finca de Gerónimo Aguilera,  
b) finca de Isidro Zúñiga Valle la Danta Somotillo, 2016.

#### 4.4. Monitoreo de campo

El monitoreo de lectura y levantamientos de datos se realizó en los meses; Mayo, los días 13 al 27, septiembre el día 01, diciembre el día 12 en el año 2016. En cada sistema de uso se realizó un muestreo de suelo para caracterizar los parámetros físicos y químicos más relevantes sobre el estado de la calidad de suelos, utilizando indicadores (infiltración del agua en el suelo, pendiente, espesor orgánico del suelo, retención de humedad, varillas de erosión de suelos) sencillos de campo. Se extrajeron muestras de suelos alterada (bolsas) y no alterada usando un cilindro de volumen conocido a una profundidad 0-10 cm. La densidad aparente ( $D_a$ ), porcentaje de humedad y textura del suelo se determinaron en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la UNA. Los indicadores pendiente, espesor de suelo e infiltración, se midieron en campo directamente en las posiciones altas y bajas de cada parcela. (Anexos 7 y 8).

##### 4.4.1. Metodología de parcela de varilla e indicadores de calidad de suelos

###### ❖ Parcela de varillas para monitoreo de erosión

Los datos de erosión se monitorearon una vez pasado el invierno o época de lluvia. Realizándose, una lectura por cada varilla con la cinta métrica. Si la lectura era mayor de 10 cm, el dato es erosión (pérdida), y si la lectura era menor de 10 cm es sedimentación (ganancia) de suelos

respectivamente (Figura 5). Después de la toma de datos, las varillas son removidas con tenaza y enterrado a una profundidad de 10 cm con la ayuda de martillo o mazo. (Anexo 9)

El método de varillas puede considerarse uno de los más sencillos y fáciles de aplicar para cuantificar las pérdidas de suelo ocasionadas por la erosión hídrica. (PASOLAC, 2005).

Se establecieron un total de 200 varillas de erosión anualmente en las dos fincas de estudio, distribuidas de la siguiente manera: 100 varillas por fincas, de las cuales 20 varillas se monitorearon en cada una de las cinco parcela o tratamiento, estas veinte varillas fueron divididas a la vez en un set o subparcela de 10 varillas ubicadas en la parte alta y baja de la misma parcela. Cada subparcela representó un área de 10 m<sup>2</sup>, es decir un metro cuadrado por varilla. Estas fueron enterradas 10 cm, y pintadas para facilitar su localización durante el monitoreo (Foto 2). El método fue originado en él (Colegio de posgraduados, 1982), y modificado para adaptarlo a diferentes topografías de Nicaragua por (Mendoza M. T., 1994).

(Somarriba, 1989), y (Mendoza M. T., 1994), cuantificaron pérdida de suelo en ocho parcelas con pendientes diferentes y cultivos diversos. La pérdida de suelo se valora el riegos de erosión laminar o pérdida de suelos (Cuadro 5), propuesta por la (FAO, Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos, 1980).



Figura 5. a) Instalación de parcelas de varillas, b) monitoreo de erosión de suelos y c) cálculos de erosión y sedimentación de suelos.

Cuadro 5. Riesgos de erosión laminar de acuerdo a las pérdidas de suelo.

GRADO DE EROSIÓN	PÉRDIDA DE SUELO	
	(t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	(mm año <sup>-1</sup> )
Ligero	< 10	< 0.6
Moderado	10 - 50	0.6 – 3.3
Alto	50 - 200	3.3 – 13.3
Muy alto	>200	>13.3

Fuente: (FAO, 1980)

Para cuantificar la lámina de suelo erosionada o sedimentada, se hace a través de las siguientes ecuaciones:

**Erosión fuera de la parcela (pérdida)  $S_f = D_a * H_e * A$  Ecu 4**

**Dónde:**

Sf: suelo erosionado fuera de la parcela (ton ha<sup>-1</sup>)

Da: densidad aparente (g cm<sup>-3</sup>, o ton m<sup>-3</sup>)

He: altura de suelo perdido (cm)

A: área de medida (m<sup>2</sup>)

**Erosión dentro de la parcela (ganancia)  $S_d = D_a * H_s * A$  Ecu 5**

**Dónde:**

Sd: suelo sedimentado dentro de la parcela (t ha<sup>-1</sup>)

Da: densidad aparente (g cm<sup>-3</sup>, o ton m<sup>-3</sup>)

Hs: altura de suelo sedimentada (cm)

A: área medida (m<sup>2</sup>)

**Erosión neta (balance entre ganancia y pérdida)  $E_n = S_e - S_s$  Ecu. 6**

**Dónde:**

En: Erosión neta (ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)

Se: Suelos erosionado (ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)

Ss: Suelo sedimentada (ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)

La pérdida de suelo es causada por diferentes agentes como lo es la lluvia, el viento y deslizamiento de placas. Estas pérdidas de suelos son más severas en zonas de laderas, haciéndose más fuerte en las primeras etapas de los cultivos cuando el suelo está descubierto y expuesto al golpe directo de las gotas de lluvia (erosión hídrica), y su vez destruyen las propiedades físicas del suelo (Narro, 1994).

La importancia de los suelos cultivados en las laderas no puede ignorarse, debido que un 79% del maíz se cultiva en estas áreas y el 100% de frijoles. Además de la producción de cultivos, las laderas se utilizan para la silvicultura, la producción animal y la gestión de los recursos hídricos (Mendoza C. C., 2002).

**4.4.2. Densidad aparente (Da)**

Este indicador se determinó por el método mencionado por (Forsythe, 1950), el cual consiste en tomar una muestra de suelo en un cilindro de volumen conocido, se seca a una temperatura de 105°C por 24 horas, y se calcula los datos mediante la siguiente ecuación:

$$Da = \frac{Pss}{Vc}$$

**Dónde:**

Da: densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)

Pss: peso de suelo seco (g)

Vc: Volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>)

El incremento de los valores de la  $D_a$  se asocia con la disminución del espacio poroso, el incremento de la conductividad térmica, el grado de compactación o adensamiento natural del suelo. La reducción del espacio poroso es responsable del drenaje rápido del exceso de agua y por ende de la aireación (Pla, 1983).

Según (Doran J. &, 1994), la densidad aparente está incluida dentro de un grupo de parámetros cuya medida es necesaria para evaluar la calidad de un suelo; sus valores dependen de muchos factores incluyendo la estructura y materia orgánica, la resistencia mecánica al enraizamiento y la cohesión de este (Cuadro 6).

Cuadro 6. Clasificación de la densidad aparente en los suelos

<b>Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Clasificación</b>
<1.0	Muy bajo
1.0 – 1.2	Bajo
1.2 – 1.4	Medio
1.4 – 1.6	Alto
>1.6	Muy alto

**Fuente:** (Cairo, 1995)

#### **4.4.3. Infiltración del agua en el suelo**

La infiltración de agua depende de muchos factores, tales como espesor del suelo, humedad del suelo, cubierta vegetal, tipo vegetal y pendiente, por lo que su estimación confiable es difícil y requiere de una comparación entre varios parámetros. La infiltración es el proceso de penetración del agua en el suelo; por tanto, es inverso al proceso de escorrentía del agua de lluvia, la velocidad de la misma depende de los tipos de suelo, la estructura o grado de agregación y del contenido de agua en el mismo. (Mendoza C. , 2014). La velocidad de infiltración puede reducir o aumentar la escorrentía superficial y con ello el peligro de erosión hídrica.



Esta prueba se realizó en los tratamientos de cada finca, situada a lo largo de la posición del relieve (parte alta y baja del transecto), utilizando anillo Infiltrómetro de 15 cm de diámetro y 15 cm de altura, enterrándose a 3.81 cm de profundidad con la ayuda de un mazo; se realizaron dos réplicas por posición. Este fue instalado a dos metros de distancia cada uno en forma horizontal. El volumen estimado para una lámina de 2.54 cm (1 pul) fue de 448.9 ml; usando una probeta volumétrica se graduó y marco con marcador permanente en una botella plástica para agilizar dicha prueba (Anexo 10). Para no disturbar la superficie de suelo al momento de verter el agua, se cubrió este con un plástico y se quita lentamente a la vez que se pone en marcha el cronómetro o reloj. Los datos se anotan en un formato de campo donde se registra el tiempo inicial y final de cada replica respectivamente. El volumen de agua a infiltrar se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$Vc = (\pi * r^2) * H \quad \text{Ecu. 7}$$

**Donde:**

Vc: Volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>)

$\pi$  : pi (3.1416)

r : radio

H: altura de la lámina de agua 1 pulgada

Cuadro 7. Clase y tasas de infiltración y su relación con el potencial de erosión de suelos.

Tasa de infiltración (min/pul)	Tasa de Infiltración (mm/h)	Clasificación infiltración
<3	<508	Muy rápido
3 – 10	152 – 508	Rápido
10 – 30	50 – 152	Moderadamente rápido
30 – 100	15 – 50	Moderada
100 – 300	5 – 15	Moderadamente lenta
300 – 1000	1.5 – 5	Lenta
1000 - 40000	0.03 – 1.5	Muy lenta
>40000	>0.04	Impermeable

**Fuente:** (FAO, 1984); modificado por (Mendoza C. , 2014).

Se admite que, tanto a escala de parcela como de cuenca, la permeabilidad y capacidad de infiltración presentan una gran variabilidad espacial y temporal. Esa variabilidad es particular de

cada suelo y depende de diferencias texturales y composicionales, así como de los usos al que sea destinado (Vieira, 1983).

La interpretación de los resultados de una prueba de infiltración de agua en el suelo está asociada a tipo de textura o material en el sub-superficie del suelo. (Mendoza C. , 2014). Cuadro 9.

#### **4.4.4. Textura**

Se realizó por el método del hidrómetro, consiste en determinar la cantidad de sólidos en suspensión de una muestra de suelo, disuelta en una probeta de 1000 ml de agua con dispersante Hexametáfosfato. Después de 40 segundos de agitación de la muestra, todas las partículas con 2 mm de diámetro se sedimentan, de tal manera que no influyan sobre la función del hidrómetro, ya que la flotación de éste, varía con la densidad de la suspensión y también con la textura. La lectura realizada dos horas después, corresponde a las partículas menores de 0.002 mm. En esta prueba se obtiene el porcentaje de arenas, limos y arcillas de una muestra de suelo, finalmente, con los valores obtenidos y por medio del triángulo textural, se determina el tipo de textura (Pavón, 2008).

#### **4.4.5. Materia orgánica en el suelo (MOS)**

La materia orgánica favorece la formación de agregados en el suelo lo que promueve un adecuado desarrollo de su estructura. Facilita la formación de mesoporos y macroporos que favorece una mayor aireación al suelo aumenta la capacidad de retención de agua, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, es fuente de nutrientes y facilita la asimilación de fósforo, es fuente de gas carbónico y aumenta la actividad biológica del suelo; además dependen de muchos factores como clima, relieve, vegetación, organismos del suelo, composición mineralógica del suelo, y el uso del suelo (FAO, Informe final. El sistema Agroforestal Quesungual, 2005).

Para la caracterización e identificación de los contenidos de MOS en el ensayo, se extrajeron muestras de suelo en la parte alta y baja de cada tratamiento, a profundidades de 0 a 10 cm. Para el muestreo se utilizó un barreno de cilindro de 6.5 pulgadas de alto y 3.25 pulgadas de diámetro; bien identificada la muestra, se llevó al laboratorio, donde se determinó materia orgánica por el método de Walter and Black; este se basa en la oxidación de la materia orgánica con dicromato de

potasio en medio ácido en una muestra de suelo tamizado a 0.5 mm, y se determina mediante la ecuación  $\%MOS = (C - D) * 1.34 * N_2$  (Walkley, 1946).

**Donde:**

C: ml de sulfato ferroso en la muestra del blanco

D: ml de sulfato ferroso en la muestra de suelo

1.34: Valor constante

N<sub>2</sub>: normalidad del sulfato ferroso

#### **4.4.6. Pendiente**

La posición de un suelo en el relieve es un criterio que ha sido relacionado a la formación de suelo y expresado en la ecuación  $S = f(c, l, o, r, p, t)$  de Hans 1947. También es reportado como un principio de la geología y su vínculo al desarrollo de suelo en el paisaje: “El suelo es un fenómeno asociado con la parte que establece el ciclo de la erosión” (J.A. Mason, 2005).

Según (Avilés, 2016), cuando la inclinación de la ladera supera pendiente de 26 y 57% la pérdida de suelos es extremas, siendo éstas de 43 y 147.20 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

#### **4.4.7. Erosión**

La erosión de suelos es un proceso causado por diferentes agentes como: lluvia, el viento y deslizamiento de placas. Estas pérdidas de suelos son más severas en zonas de laderas, haciéndose más fuerte en las primeras etapas de los cultivos cuando el suelo está descubierto y expuesto al impacto directo de las gotas de lluvia, y su vez destruyen las propiedades físicas del suelo (Narro, 1994).

Los recursos naturales en Nicaragua han sido sobre explotados. Estos están generando un proceso acelerado de desertificación y de poca disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas para consumo. Los procesos de erosión y sedimentación también se han acelerado a pesar que Nicaragua es uno de los pocos países en Centro que aún mantiene una considerable extensión de bosques (MARENA, 2000).

#### 4.5. Análisis estadístico de datos

Los cinco tratamientos sujetos de estudio fueron: bosque secundario (Bs), Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ), pasto mejorado (Pm), pasto tradicional (Pt) y cultivo tradicional (Ct). Cuadro 6.

**Datos de erosión:** Según el monitoreo de datos de erosión, realizadas por subparcelas (varillas), fueron 200, las cuales fueron realizadas en los meses de mayo, septiembre y diciembre, del año 2016.

Las variables clasificatorias fueron:

**Finca:** dos fincas en posición alta y media de la microcuenca (comparativa).

**Año:** 1 año.

**Posición:** 2 posiciones (alta y baja) en las subparcelas.

**Tratamiento:** 5 tratamientos

Datos de calidad de suelo: Fueron colectados 320 datos que registraron los indicadores: erosión (depósito y pérdida) ( $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ ), infiltración de agua en el suelo ( $min\ pul^{-1}$ ), contenido de arcilla (%), densidad aparente ( $g/cc$ ) y pendiente (%), los cuales fueron tomados utilizando métodos sencillos de campo, y laboratorio.

Para el análisis de los datos de erosión y calidad de suelo fue utilizado el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu_{ijkl} + \beta_i + \theta_j + \alpha_k + \tau_l + \mathcal{E}_{(ijk)}$$

**Donde:**

i: 2 finca (posiciones en el relieve de la microcuenca)

j: 5 tratamientos (descritos previamente)

k: 2 posición en las sub-parcelas (alta y baja)

l: 1 años

**Donde:**

$Y_{ijk}$ : Es el valor medio de las observaciones medidas en los distintos Tratamientos de cada finca.

$\mu_{ijk}$ : Efectos de las medidas muestral sobre el modelo

$\beta_i$ : El efecto de la i-ésimo (finca)

$\theta_j$ : El efecto de la j-ésimo (tratamientos)

$\alpha_k$ : El efecto del k-ésimo (Posición de las sub-parcelas)

$\tau_l$ : El efecto de los años

$\epsilon_{ijk}$ : Es el error de  $(\beta\theta\alpha)_{ijk}$

**Datos para los análisis multivariados:** Dos análisis multivariados fueron corridos para explicar primeramente la relación o grado de asociación entre indicadores de calidad de suelo y otro análisis para entender la relación entre indicadores de calidad de suelo. Ambos, análisis incluyeron los datos de erosión y depósito de suelo. Las técnicas estadísticas utilizadas fueron el análisis de Correlación Múltiple. El total de datos utilizados para identificar la relación entre indicadores de calidad de suelo fueron 90 datos por cada una de las 10 variables utilizadas por finca. Son 10 variables por agregar la erosión y el depósito expresados en  $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ .

**4.5.1. Equipos utilizados en campo**

- GPS
- Cinta métrica
- Clinómetro K+E
- Barreno con cilindro
- Cilindro Infiltrómetro ( $\text{min pul}^{-1}$ )
- Mazo
- Galón de plástico

- Cilindro volumen conocido
- Varilla de hierro (de 3/8, con una longitud de 20cm)
- Balanza de precisión
- Marcador permanente
- Navaja,
- Bolsa plástica de 5 libras
- Cronómetro
- Regla plástica graduada
- Lapicero, hule y libreta
- Palustre de jardín

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Precipitaciones

Los patrones de lluvia recolectados en el año 2016, fueron bimodales y similares a los reportados por (INETER, 2015); presentándose mayores promedios de lluvia en los meses de octubre y septiembre 2016 (Gráfica 1), con valores que van desde 420.23 a 359.33 mm en el periodo reportado.

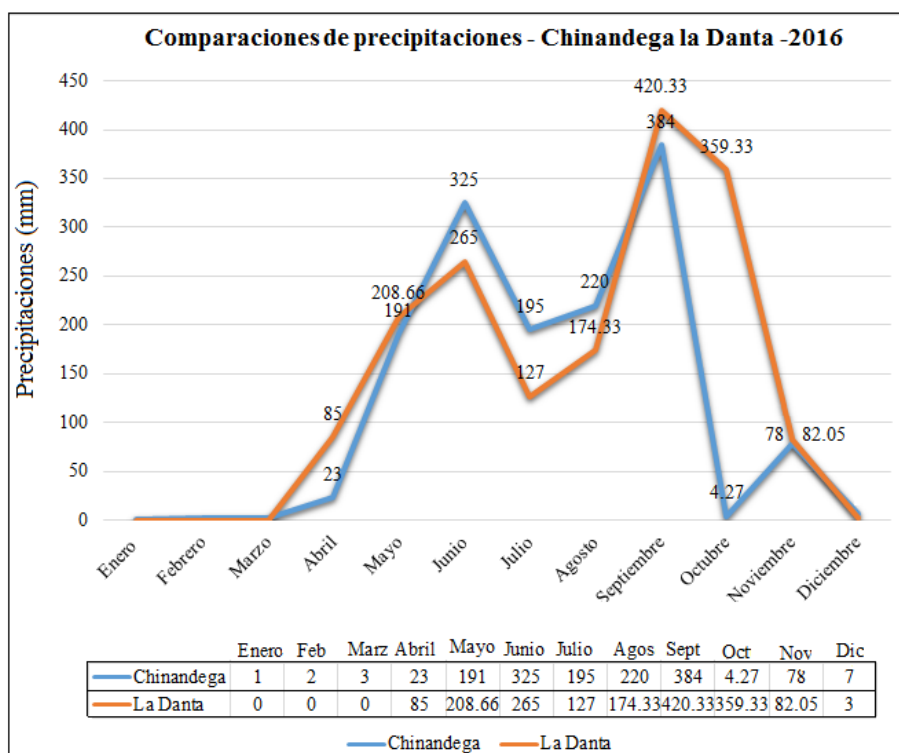


Figura 6. Comparaciones de precipitaciones entre INTER – Chinandega y los productores de la Danta 2016.

## 5.2 Comportamiento de la erosión neta por sistemas de uso en La Danta 2016

La erosión es considerada la forma más importante de degradación de los suelos en el país, aproximadamente 7.7 millones de hectáreas del territorio nacional presentan grados variables de erosión, 3.6 millones de hectáreas presentan un grado de erosión catalogada de fuerte a severo (PAA-NIC, 1994).

En este estudio, la erosión neta total expresada volumétricamente a nivel de los sistemas evaluados en este año muestra diferencias significativas ( $P > F = < 0.0790$ ), con un balance total de depósito de sedimentos de 13, 28, 33, 4 y 7 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> acumuladas, para los sistemas de Pt, Bs, Pm, Ct y SAQ respectivamente (Figura 2-A). Al analizar la tasa de erosión neta laminar en las parcelas se determinó que el tratamiento donde hay mayor ganancia de sedimento es el sistema de pasto tradicional, bosque y pasto mejorado, considerada moderada (FAO, 1980), y los sistemas de cultivo tradicional y SAQ con una tasa de sedimentación ligera. Según estudios realizados estos sitios por (Avilés, 2016), reporta tasa erosión neta positiva (ganancia) fue clasificada de moderada (10 a 50 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) en los sistemas de BS y Pm, y de alta (50 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) en los sistemas SAQ. No así en los resultados de mi estudio, ya que en el cultivo tradicional y SAQ, fue baja la tasa de sedimentación.

(Baltodano & Mendoza, 2007), reportan similar tasa de erosión en sistemas con quema, utilizando pequeñas parcelas de escorrentía, en Candelaria, Lempira Sur, Honduras en una evaluación de 2 años (2005 y 2006). Ellos reportan una tasa de erosión de 28 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> en quema, entre 2 y 4 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> en Quesungual y 1 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> en tierras en descanso con matorrales.

Por otro la baja tasa de sedimento que se dio en el sistema de cultivo tradicional (Ct), se debe al manejo tradicional como es: roza y quema, dejando al suelo desnudo, y en el sistema de agroforestal (SAQ), se debe que las gradientes son pronunciadas, y cada año se tienen que podar los árboles. Es conocido que el ganado ejerce un sobre peso en el suelo, desprendiendo así, las partículas de este, siendo vulnerable a las gotas de lluvias. Pero también me está indicando que los sistemas que están alrededor a éstos están siendo bien manejado. En Matagalpa, en 2005, entre los meses de Julio a diciembre en la comunidad de los Alpes municipio de San Ramón, con el



mismo método de clavos, en cultivos variados y distintos grados de pendientes, se obtuvieron tasa de erosión promedio de 102.34, 28.84, 46.48, 42.0 y 16.8 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, respectivamente, (Corrales, 2001). En comparación entre fincas donde no existen diferencias entre don Isidro Zúñiga (92 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) y don Gerónimo Aguilera con 94 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, considera con una tasa de erosión alta (Gráfica 2). Debemos de tomar en cuenta los diferentes micro-relieves existente en cada finca presentan, y que, de manera visible, no se aprecia, pero sí en los resultados.

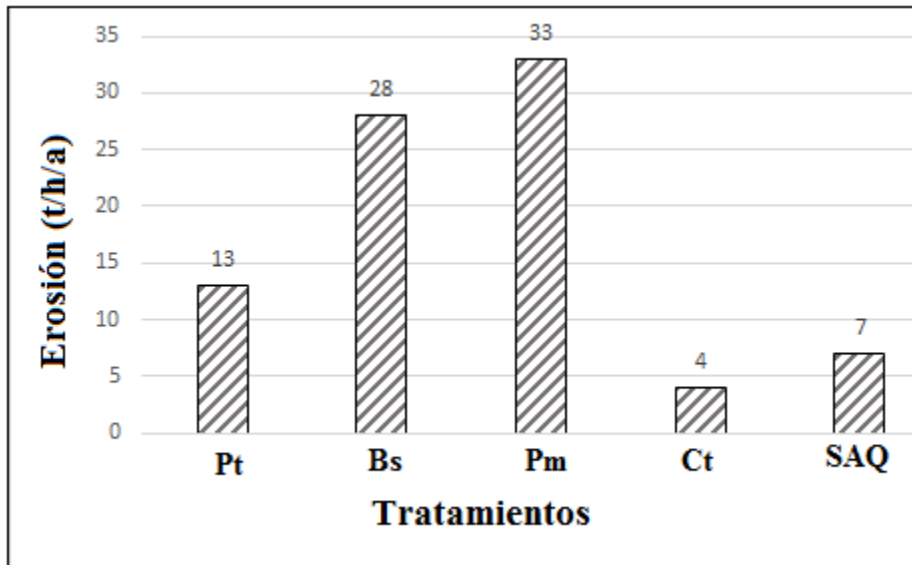


Figura 7. Análisis de la tasa de erosión neta laminar en las parcelas (t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) a nivel de sistema de uso microcuenca Tecomapa.

### 5.3 Análisis de la erosión por fracción de la erosión neta por sistemas de uso en la Danta 2016

El análisis multivariante es un conjunto de métodos estadísticos y matemáticos, destinados a describir e interpretar los datos que provienen de la observación de varias variables estadísticas, estudiadas conjuntamente.

El estudio permitió medir la erosión fraccionada que entra y sale de cada parcela monitoreada. La gráfica 4, muestran diferencias significativas a nivel de tratamientos ( $P > F = 0.0790$ ). Con valores

de 24, 41, 43, 10 y 10 ( $\text{ton ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) dentro de la parcela en los sistemas Pt, Bs, Pm, Ct, SAQ. Y -11, -13, -10, -6 y -3 ( $\text{t ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) expresadas como pérdidas, en los tratamientos Pt, Bs, Pm, Ct, SAQ respectivamente. Observándose mayor tasa de erosión (pérdida) en los tratamientos de Pt, Bs y Ct; considerado como una erosión moderada.

La tasa de erosión fraccionada en el tiempo muestra que el año 2016 reporta mayores tasas de erosión con diferencias significativas ( $P > F = 0.0790$ ) en la fracción de suelo erosionado dentro de la parcela (ganancia). La misma figura muestra tasas de erosión fuera de la parcela (pérdidas) menores comparadas con las tasas de erosión que entraron a las parcelas y con promedios similares estadísticamente entre fincas. Estadísticamente es no significativo, pero es importante poner atención al problema, tomando en cuenta la gradiente de estos suelos. Podemos decir que las pérdidas de suelos en las parcelas de los sistemas son menores que la ganancia, pero no podemos pasar por desapercibido con los tratamientos de cultivo tradicional (Ct) y en el sistema agroforestal (SAQ), donde las dinámicas de las partículas de suelos son más vulnerables.

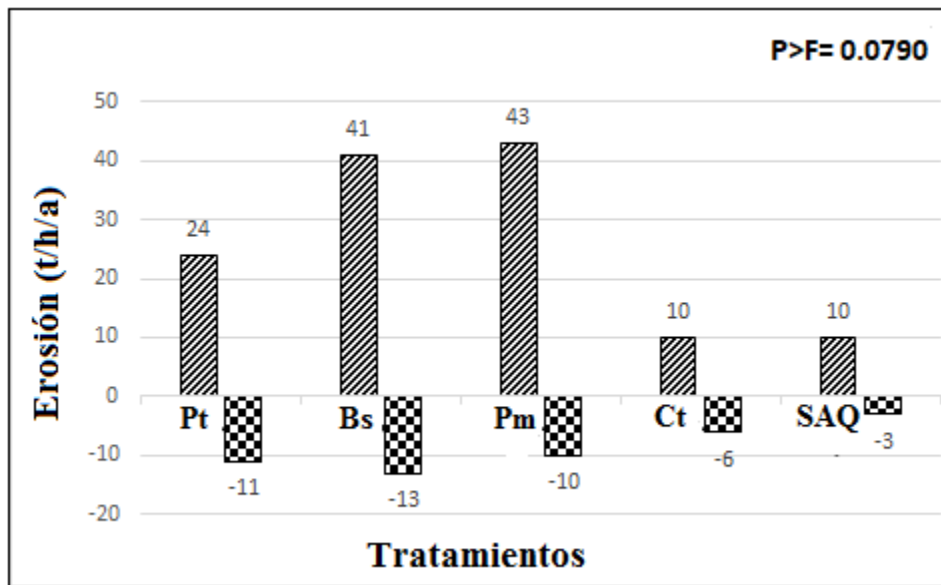


Figura 8. Análisis de la dinámica de la erosión laminar, expresando en tasa de suelo depositadas o transporte de sedimento fuera de las parcelas ( $\text{ton ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) a nivel de sistemas por microcuenca Tecomapa.

## 5.4 Análisis del comportamiento de la erosión vs pendiente (%)

El factor gradiente de la pendiente ha sido reportado por numerosos autores (Jenny, 1941), como un factor asociado lineal y positivamente al incremento del riesgo de los escurrimientos superficiales en un terreno determinado.

En este estudio las parcelas experimentales se localizaron en lugares donde predominan pendientes desde 19% hasta 36%. El análisis estadístico muestra diferencias altamente significativas ( $P > F = 0.00013$ ), al comparar la tasa de erosión sedimentada en la parcela (ganancia) en las distintas pendientes que oscilan entre los tratamientos (Grafica 6). Ésta ocurre en una variabilidad de pendiente entre 19 % y 36% ( $13 \text{ t ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  y  $7 \text{ t ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ ), siendo de ligera a moderado la erosión de suelos, pero con posible influencia de la variabilidad o forma del micro relieve por ocurrir en muchos altibajos. Según (Schmidt, 1982), cuando la inclinación de la ladera supera pendiente de 26 y 57 % la pérdida de suelos es extremas, fenómeno que aplica para entenderla erosión que entra a los sitios (ganancia).

Al comparar la pendiente con la pérdida de suelos por fincas, se puede apreciar que no existe diferencia significativa ( $P > F = 0.00013$ ), 38.6 %/145  $\text{t ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  y 20.6 %/142  $\text{t ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  suelos, sedimentados en las fincas de Isidro Zúñiga y don Gerónimo Aguilera.

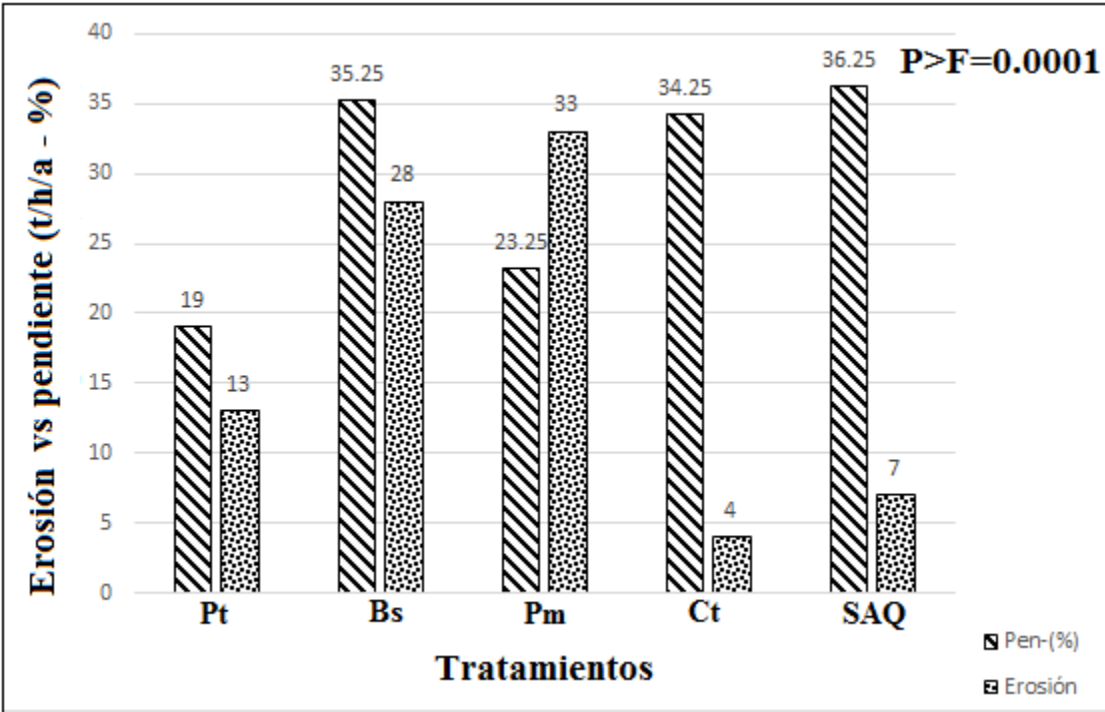


Figura 9. Asociar erosión versus pendiente, por tratamientos de uso en la posición en la sub-parcela del micro cuenca Tecomapa.

## 5.5 Análisis de indicadores de calidad de suelos

### 5.5.1 Relación de los indicadores de calidad de suelos en La Danta 2016

Un indicador de calidad de suelo, es una variable que resume o simplifica información relevante haciendo que un fenómeno o condición de interés se haga perceptible y que cuantifica, mide y comunica, en forma comprensible, información relevante. (Doran J. a., 1997).

En los tratamientos de parcelas de estudios (Grafica7-A), se aprecia que el espesor orgánico es NS ( $P>F=0.3490$ ), pero significativamente diferentes entre; 12.1 cm, 12.17 cm, 13 cm, 13.3 cm y 11.95 cm; en los sistemas de Pt, Bs, Pm, Ct y SAQ. Las taxonomías de suelos inciden, sobre los rasgos y propiedades que suelen ser más permanentes, y que son contempladas en los procesos de monitorización. Existen suelos que poseen ciertas capas u horizontes que, aunque no sean de diagnóstico, forman parte del perfil en un momento dado, los que luego se constituyen en los horizontes orgánicos, bajo ciertas condiciones, y contenido de la materia orgánica (MOS) que va

a ser incorporada al suelo y que sufre una serie de transformaciones previas antes de formar parte del horizonte orgánico mineral “A”. Los suelos orgánicos de mayor profundidad se dan en el cultivo tradicional (13.3 cm), seguido por la pastura mejora (13 cm). Según (USDA, 2006); El horizonte superior “A” puede presentar espesores algo mayores a los 20 cm y contener hasta 2%-3% de materia orgánica, aún en aquellos suelos muy pedregosos. De acuerdo al sistema de clasificación de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2006), estos corresponden principalmente a los tipos Molisoles y Entisoles. Según (Avilés, 2016), trabajos realizados los años 2011, 2012 y 2013, reporta datos de espesor orgánico de 5.21 cm, 8.50 cm y 8.67 cm, en los sistemas de Pm, SAQ y Bs. Podemos decir que los espesores orgánicos encontrado en este estudio es considerado de pobre a media (Grafica 7-B). Los mayores contenidos de MOS, se encontraron en los sistemas de SAQ = 4 %, Pm = 3 %, Bs y Pt = 2%, siendo éstos clasificados como medio y el sistema Ct = 1 %, considerado como pobre. Esto podría ser por el manejo agrícola que los productores realizan en dicha parcela. Igualmente, en trabajos realizados en La Danta-Somotillo por (Pavón, 2008)Pavón (2008), reportan datos por debajo a los datos encontrados en 2016. Estos contenidos de MOS fueron en Quema 2.93 %, en SAQ 3.21 % y en sistema de Bosque secundario (Bs) 3.67 % respectivamente.

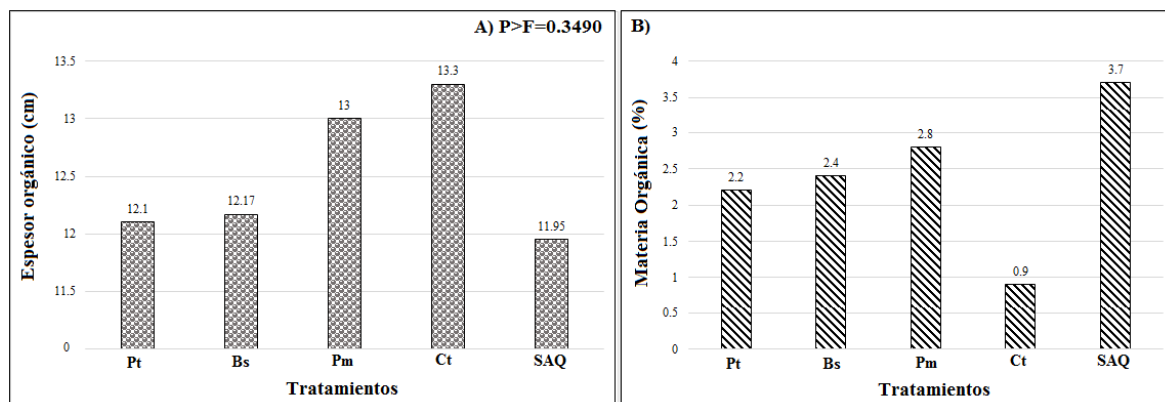


Figura 10. (A), espesor y (B) materia orgánica, por posición en la sub-parcela de la micro cuenca Tecomapa.

La infiltración muestra ser significativamente diferente entre tratamientos ( $P > F = 0.0001$ ), donde el agua de suelo dentro de los sub sistemas en estudios no existe correlación entre ellos, 7.99 min/pul,

1.72 min/pul, 21.52 min/pul, 13.45 min/pul y 6.54 min/pul, respectivamente; en los sistemas; Pt, Bs, Pm, Ct y SAQ. Las tasas de infiltración lentas fueron observadas en aquellos sistemas que presentan probablemente mayor computación por el pisoteo del ganado y mayores contenidos de arcilla por erosión de los horizontes superficiales, tal como se observa en los sistemas de Pm y Ct, con tasas de 21.52 y 13.45 min/pul (Grafica 8- B); considerada como una infiltración moderadamente rápida y, en los sistemas de Pt (7.99 min/pul), Bs (1.72 min/pul) y finalmente SAQ con 6.54 min/pul) respectivamente. Esto puede ser debido a factores que responden de forma compleja en la determinación de la efectividad del sistema como puede ser la gradiente de la pendiente, y el efecto de la materia orgánica no mineralizada en algunos sistemas en estudio.-En el contenido de arcilla en el suelo dentro de los sub sistemas en estudios no existe correlación entre ellos. Así mismo, se muestra un coeficiente de variación bajo (14.90%) en cada sub sistema, esto puede ser por los diferentes tipos de suelo presente en las fincas.

Finalmente, el contenido de arcilla según Fisher no existe diferencia significativa entre tratamientos, debido a los diferentes tipos de suelo existente entre las fincas; Pt (31.10 %), Bs (26.6 %), Pm (32.6 %), Ct (24.1 %) y SAQ (27.6 %), existe diferencia significativa con el pasto tradicional y pasto mejorado, debido al sistema radicular de gran importancia ecológica en el control de la erosión ocasionada tanto por causas naturales como humanas. Por otro lado, el sistema radicular de la pastura, son malla protectora que forman las raíces dentro de la tierra, el aire y el agua golpearían las partículas del suelo con mayor fuerza, desprendiéndolas y arrastrándolas hacia los ríos, donde los saturarían con una mayor cantidad de desechos, causando así graves problemas en las inundaciones. Sin el soporte que proporcionan las raíces a las plantas en las pendientes inclinadas, el suelo y las rocas que se hallan detenidas por ellas se desgajarían cuesta abajo, ocasionando peligrosos deslaves. Por último, las partículas que quedan atrapadas en las raíces y que no pueden circular se quedan como abono para la tierra, lo que la hace más productiva y fértil. Es por ello que debemos admirar y respetar la función que cumplen estas inigualables aliadas en nuestra lucha contra la erosión.

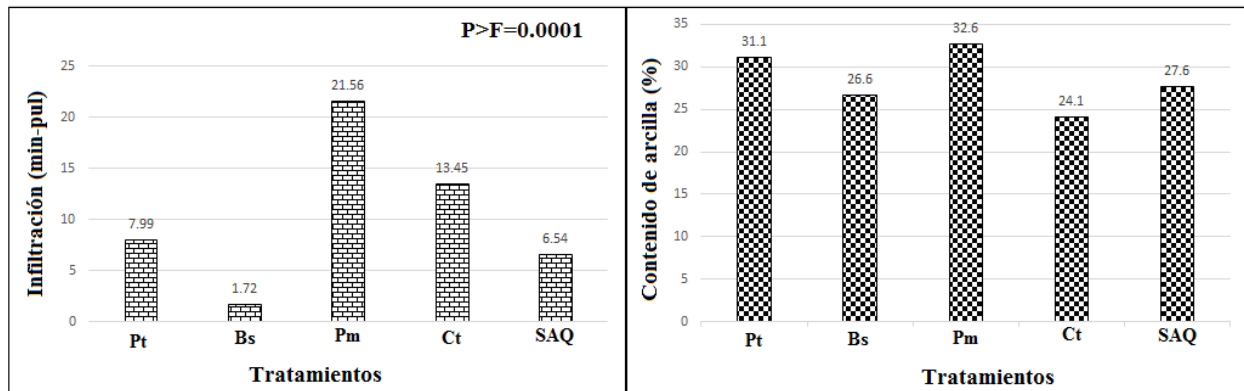


Figura 11. (A) Tiempo de Infiltración y (B) contenido de arcilla (%), por tratamientos en la posición en la sub-parcela de la micro cuenca Tecomapa.

### 5.5. Análisis multivariados

El análisis multivariado muestra que el incremento de la densidad aparente favorece significativamente la erosión dentro de la parcela, ( $r^2 = -0.655$ ,  $P > F = 0.040$ ). También se observa asociación inversa significativa entre pendiente y el tiempo de infiltración de agua en el suelo, en otras palabras, a medida que disminuye la pendiente, el tiempo de infiltración disminuye su velocidad. También, al incrementar el gradiente de la pendiente, se disminuye el tiempo de infiltración del agua en el suelo significativamente ( $r^2 = -0.606$ ;  $p > F = 0.064$ ). Sin embargo, el contenido de MOS, incrementa significativamente con el incremento del gradiente en las parcelas. ( $r^2 = 0.826$ ;  $P > F = 0.003$ ). Estos resultados probablemente signifiquen que, las áreas más compactas y con menor contenido de materia orgánica, se localicen en las partes bajas del relieve de cada parcela, donde el suelo sufre mayor presión de uso. También quiere decir que las partes altas de las parcelas cercanas a las áreas de bosque son influenciadas positivamente por la dinámica de movilidad de materia orgánica vía erosión de la parte alta moviéndose a la aguas debajo de cada parcela.

Cuadro 8. Correlación múltiple entre sistemas de uso de la tierra y 7 indicadores de calidad de suelo. Finca alta y baja en el valle la Danta Somotillo. 2016

<b>Indicadores</b>	<b>Da</b> (g/cm <sup>3</sup> )	<b>Pend</b> (%)	<b>E (-)</b> (t/ha/año)	<b>D (+)</b> (t/ha/año)	<b>Infiltra</b> (min/pul)	<b>MO</b> (%)	<b>Espesor</b> (cm)
<b>Da</b> (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1</b>						
<b>Pend</b> (%)	0.108 0.767	<b>1</b>					
<b>E (-)</b> (t/ha/año)	0.029 0.937	0.401 0.251	<b>1</b>				
<b>D (+)</b> (t/ha/año)	-0.655 0.040	0-.042 0.908	0.187 0.605	<b>1</b>			
<b>Infiltra</b> (min/pul)	-0.293 0.411	-0.606 0.064	-0.046 0.900	0.499 0.142	<b>1</b>		
<b>MO</b> (%)	-0.078 0.831	0.826 0.003	0.084 0.817	0.033 0.928	-0.367 0.296	<b>1</b>	
<b>Espesor</b> (cm)	-0.262 0.465	-0.214 0.553	-0.332 0.349	0.010 0.979	0.398 0.255	-0.041 0.912	<b>1</b>

\* Coeficiente de correlación - “r”

\*\* El valor de la probabilidad – P



## VI. CONCLUSIONES

La erosión neta total expresada volumétricamente en los sistemas evaluados a nivel de la Microcuenca, presenta una tasa de erosión moderada en Pt, Bs y Pm, y ligera en los sistemas de Ct y SAQ, entendida esta erosión neta como depósito de sedimentos dentro del balance de la parcela. Pero también la tasa de erosión neta de partículas de suelos se dio fuera de la parcela afectando los sistemas de Pt, Bs y Pm.

La erosión neta total a nivel de finca o productor los sistemas evaluados, presenta una tasa de erosión moderada en la finca de Gerónimo Aguilera en los sistemas de Pm, Bs y Pt, y ligera en los sistemas de Ct y SAQ, entendida esta erosión neta como una ganancia de sedimentos dentro del balance de la parcela. Y en la finca de Isidro Zúñiga los sistemas Pm, Bs y Pt moderado y los sistemas de Ct y SAQ ligeros. En relación a la pendiente, donde hubo mayor tasa de sedimento fueron en los sistemas de Bs y Pm, con pendientes que oscilan entre 35.25 % y 23.25 % y la tasa de erosión fuera de la parcela (pérdidas), ocurrió en pendiente de 19 y 36%, la cual es menor a la tasa de erosión dentro de la parcela (ganancia), por el hecho de presentarse en parcelas con menos picos o altibajos. Esto sugiere estudiar a futuro a mayor detalle, el efecto del micro relieve.

Incrementos significativos de la tasa de erosión dentro de la parcela en lugares donde la densidad aparente de suelo disminuye, así como un tiempo de infiltración de agua en el suelo más rápida a menor pendiente y un contenido de MOS que se ve favorecido a mayores gradientes de la pendientes, evidencian mayor degradación de suelos en las partes bajas del relieve de cada parcela, donde el suelo sufre mayor presión de uso, y supone, que las partes altas de las parcelas cercanas a las áreas de bosque son influenciadas positivamente por la dinámica de movilidad de materia orgánica vía escorrentía superficial que se mueven dentro de cada parcela.

## VII. RECOMENDACIONES

- ❖ Continuar el monitoreo de la erosión laminar de los suelos del Valle la Danta, Somotillo, siguiendo la implementación del método de las varillas, ya que es sencillo, fácil de instalar y la toma de datos que puede ser realizada por el mismo productor.
- ❖ Llevar estudios a mayor detalle en el uso de la tierra de las fincas de los productores de la Danta, tomando en cuenta la gradiente existente.
- ❖ Considera la erosión en sistemas por la carga animal, por el pisoteo del ganado que afecta el estado original de la varilla.
- ❖ Considerar estudios sobre los contenidos de MOS, conociendo que estos suelos están pobres, que es de gran importancia para el desarrollo de los cultivos en esa zona.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Amezquita, E. T. (2004). Use of deep rooted tropical pastures to build up and arable layer through improved soil properties of an Oxisol in the Eastern Plains. *Agriculture Ecosystems & Environment* , 130,269 -277.
- Avilés, E. (2016). *Efectos de los sistemas de cultivo-arboles-pastos sobre la erosión laminar y la calidad de suelo en la micro cuenca Tecomapa, municipio de Somotillo, Nicaragua.*
- Ayarza, M. A., & Spain, J. M. (1991). *Manejo del ambiente físico y químico en establecimiento de pasturas mejoramiento. En establecimiento y renovación de pastura: Concepts, experiencias y enfoque de la investigación en Lascano, C.E. y Spain J.M. Tropicales (RIETT), CIAT , Veracruz, Veracruz.*
- Baltodano, M., & Mendoza, R. (2007). *Evaluación y cuantificación de los efectos productivos y ambientales del sistema agroforestal Quesungual. (Inédito). CIAT. Managua.*
- Bates. (1983). Standardization of pH Measurements. *NBS spec*, 20-53.
- Baver, L. D. (1972). *Física de suelo.* Centro Regional de ayuda técnica, Managua.
- Buol, S. (1995). *Sustainability of soil use.* Review of Ecology and Systematic .
- Cairo, P. (1995). *La fertilidad física de suelo orgánica en el trópico.* Managua, Nicaragua: UNA.
- Carter, M., Webster, G., & Cairns, R. (1997). *Calcium deficiency in some Solonchic soils of Alberta. J. Soil Sci.*
- CIAT, C. I. (2014). *Diversidad de agricultura en Somotillo y sus alrededores.* 30. Managua, Nicaragua: No asido publicado.
- Corrales, P. (2001). *Evaluación de especies de barreras vivas sobre el control de erosión, ingresos económico y la producción de maíz (Zmays L.) y frijol (P. vulgaris).* UNA, Managua. Managua: UNA.
- Doran, J. &. (1994). *Defining and assessing soil quality.* Wisconsin : DF Bezdicek & BA Stewart.
- Doran, J. a. (1997). *Defining and assessing Soil Quality and Sustainable Productivity.* In "Biological Indicator od Soil Health". En C. D. Pankhurst. Wisconsin, USA.
- FAO. (1980). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos.* FAO, PNUMA, UNESCO. Francia: FAO.
- FAO. (1983). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación.* Managua: FAO.

- FAO. (1984). *Land evaluation for forestry forestry paper*. Rome: FAO.
- FAO. (1989). *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelo*. FAO, PNUMA, UNESCO, Managua. Managua: FAO.
- FAO. (2002). *GCP/HON/021/NET. Desarrollo Rural delsur de Lempira, fase II*. Lempira.
- FAO. (2005). *Informe final. El sistema Agroforestal Quesungual*. Lemoira: FAO.
- Forsythe, W. (1950). *Física de suelo*. San Jose: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- ICRAF. (1998) Home Page. [Http://www.cgiar.org/icraf](http://www.cgiar.org/icraf). Recuperado el 2016 de 09 de Cengicana.org: <http://www.cengicana.org>.descarga
- IICA. (1987). *Escologia basada en zonas de vida*. San Jose: Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura.
- INETER. (2014). *Resumen Meteorológico anual 1958 al 2014*. Managua: INETER.
- InfoStat. (02 de 06 de 2009). *Cengicana.org*. Recuperado el 2015 de 07 de 2015, de Cengicana.org: <http://www.cengicana.org>.descargas
- INIDE. (2007). Desafíos y oportunidades para la reducción de la pobreza. *I*, 96. Recuperado el 18 de 06 de 2014, de <http://www.inide.gob.ni/bibliovirtual/publicación/repobreza.pdf>
- INTA. (2005). *Diagnostico sub cuenca Tecomapa*. Oficial de extension Somotillo, INTA, Chinandega.
- Jenny, H. (22 de 05 de 1941). *Factors of Soil Formation*. Recuperado el 6 de 11 de 2015, de Factors of Soil Formation: <http://www.revistaseug.urr.es>
- Karlen, D. M. (1997). Soil quality. *61*, 4-10.
- Karlen, D. M. (1997). Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America*, *61*, 61.
- Kiernan, D. (2010). *Introductory Statistics for Environmental Sciencies*. Soil Science society.
- Kuehl. (2000). Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de la investigación. *Pacific Grove, CA: Duxbury*, 29-32.
- Larson, W. &. (1991). *Conservation and Enhancement of Soil Quality*. En proc. of the Int. Work - Shop on Evaluation for Sustainable Land Management un thr Developing Wold, Bangkok. Recuperado el 15 - 21 de 11 de 1991

- MÁRQUEZ, G .1983. Propiedades ingenieriles de los suelos. Medellín: universidad nacional.  
243 p
- MARENA, P. (2000). *Informe Nacional de la Republica de Nicaragua sobre la Implementación de la Conservación de lucha Contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD)*. Managua: MARENA-DGBRN-PNUD.
- Mármol, I. (2006). Introducción al manejo de Cuencas Hidrográficas y. En I. Mármol, *Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas* (pág. 50). Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Mármol, I. (2006). *Cátedra de Manejo de Cuenca Hidrográficas*. Introducción al manejo de Cuencas Hidrográficas y. En I. Mármol, *Cá* (pág. 55). Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Mendoza, C. (2014). *Guía para el uso de indicadores de calidad de suelo*. UNA , Managua .  
Managua: UNA .
- Mendoza, C. C. (2002). Hedgerows and their effects on Crop Productivity and Soil Loss Induced by Water and Tillage Erosión on small Runoff plots in the Pital Watershed. 37.
- Mendoza, M. T. (1994). *Evaluación de terraza de bordo y cultivos en curvas nivel por el metodo clavo y rondanas*. IRENA, SUWaR, PASOLAC, Managua. Managua: IRENA, SUWaR, PASOLAC.
- Miranda, Z. H. (25 de Abril de 2009). *Repositorio.una.edu.ni*. Obtenido de  
Repositorio.una.edu.ni: <http://repositorio.una.edu.ni/2084/1/tnf30m672a.pdf>
- Montgomery, D. (12 de 10 de 2015). *Experimentos montgomery*. Obtenido de [http://www, files.wordpress.com](http://www.files.wordpress.com)
- Narro, E. (1994). *Física de suelos con enfoque agrícola*. Puebla, Mexico: Mexico Trillas UAAAN.
- OECD. (1991). *Environmental indicators for agriculture, Methods and Results*. Organization for Economic Co-Operation and Development, Paris.
- OIEA, O. (1998-2020). *Control de la erosión del suelo*. Obtenido de <https://www.iaea.org/es/temas/control-de-la-erosion-del-suelo>
- Olse, S. a. (1982). Chemical and Microbiological proerties. En R. M. Keeney, *Methods of Soil Analysis* (Vol. 2, págs. 595 -624). Keeney.
- PAA-NIC. (1994). *Plan de Acción Ambiental de Nicaragua*. MEDE, MARENA, Managua, Managua.

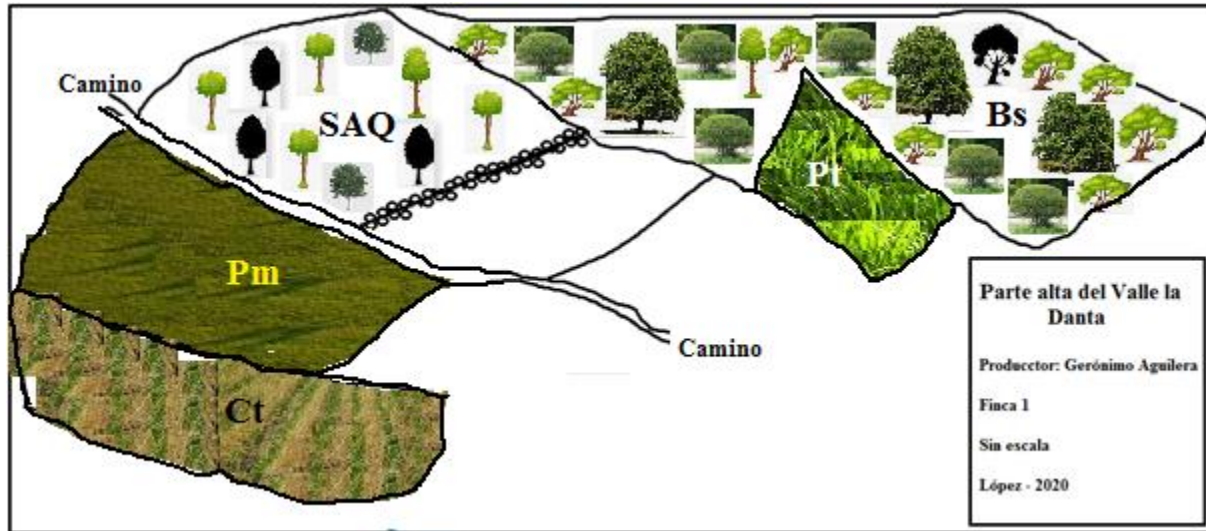
- Parr, J. P. (1992). *Soil quality*. Attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture.
- PASOLAC. (2005). *Manual de Metodos sencillos para estimar erosión hídrica*. PASOLAC, Managua. Managua: PASOLAC.
- Pavón, T. J. (2008). *Aplicación de los principios del sistema agroforestal Quesungual en Nicaragua, caracterización de la calidad física y química del suelo y susceptibilidad a la erosión en la Danta, Somotillo*.
- Pla, I. (1983). *Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservaciones tropical*. Facultad de Agronomía, UCV -Maracay, Venezuela, Maracay, Maracay.
- Quesada, R. (31 de 10 de 2009). *SIREFOR.org*. Recuperado el 18 de 06 de 2014, de SIREFOR.Org: <http://www.sirefor.go.cr>
- Radulovich, R., & Karremans, J. (1993). *validación de tecnologías en sistemas agrícolas*. turrialba, Costa Rica: CATIE, Ricardo Radulovich.
- Rodríguez, I. C. (2008). *Estudio detallado de suelos en áreas de laderas por toposecuencia de la microcuenca la Danta, Somotillo - Chinandega*. Managua: UNA.
- Schmidt, B. A. (1982). *Determinants of soil loss tolerance*. American Society of Agronomy - Soil Society of America.
- Somarriba, M. (1989). *Planificación conservacionista de la finca el plantel*. UNA, Managua. Managua: UNA.
- Tafur, H. (2006). *Conceptos básicos para el riego de los cultivos*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomías.
- Tally, L. L. (2006). *Estudio florístico de especies forestales y su uso potencial para el establecimiento de Sistema Quesungual en la Microcuenca hidrográfica la Danta Somotillo Chinandega*. Managua: UNA.
- USDA. (2006). *Claves para la Taxonomía de Suelo*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- Vieira, S. R. (1983). *Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties* (Vol. 51). Hilgardia, Berkeley.
- Walkley, A. y. (1946). A examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Col Sci*, 37(2), 29-38.

Welchez, A. (2002). LEISA. *Agroecologica*, 18(3). Recuperado el 22 de 01 de 2015, de <http://www.funprover.org/manualTomate/Propiedades física del suelo.pdf>

Willarh, H. H. (1974). Intrumentalnmethods of analysis. *Soil Sci*, 19.

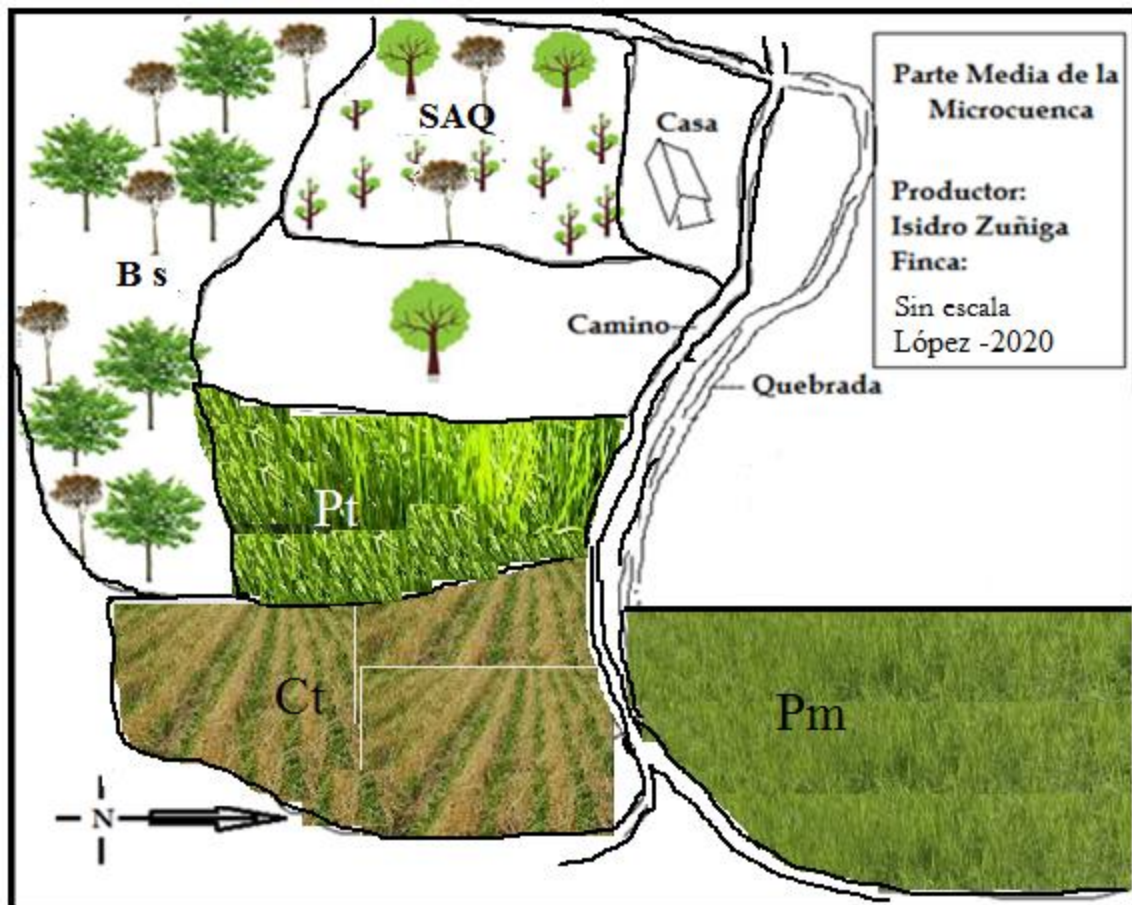
## IX. ANEXOS

### 1. Croquis de la finca de Gerónimo Aguilera, ubicada en la parte alta del Valle la Danta, 2011.





2. Croquis de la finca de Isidro Zúñiga, ubicada en la parte alta del Valle La Danta, 2011.



**3. Georreferenciación y localización de fincas y parcelas de los productores del proyecto Quesungual – forraje, Municipio Somotillo – 2016.**

<b>No</b>	<b>Nombres</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Punto</b>	<b>Elevación (msnm)</b>	<b>Latitud (Norte)</b>	<b>Longitud (Oeste)</b>
1	Isidro Zúñiga	La Danta	Casa	174	13°9.032	86°51.493
			Parcelas	187	13°9.351	86°51.083
2	Gerónimo Aguilera	La Danta	Casa	-	-	-
			Parcelas	189	13°9.407	86°51.064

#### 4. Especies arbóreas en los bosques secundario de la micro la danta, Somotillo, 2005

No.	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
1	<i>Spondias mombin</i> .L	Jobo	Anacardeaceae
2	<i>Sapranthus nicaraguaensis</i> Seen	Palanca	Annonaceae
3	<i>Annona glabra</i>	Anona	Annonaceae
4	<i>Stemmadenia donnell</i> Smithii	Cojón de burro	Apocynaceae
5	<i>Thebita ovata</i> (Cav)	Chilca	Apocynaceae
6	<i>Lasianthaea fruticosa</i> .L	Flor maría	Asteraceae
7	<i>Tabebuia crysanta</i> (Jacq)	Cortez	Bignonaceae
8	<i>Tabebuia rosea</i> (Jacq)	Macuelizo	Bignonaceae
9	<i>Crescentia cujete</i> L.	Jícara	Bignonaceae
10	<i>Bombacopsis quinata</i> (Jacq)	Pochote	Bombacaceae
11	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	Bombacaceae
12	<i>Cordia alliodora</i> . Oken	Laurel	Boraginaceae
13	<i>Cordia bicolor</i> A.	Muñeco	Boraginaceae
14	<i>Cordia dentata</i> Poir.	Tigüilote	Boraginaceae
15	<i>Bursera simarouba</i> (L)	Jiñocuabo	Burceraceae
16	<i>Hymenae courbaril</i> L.	Guapinol	Caesalpinaceae
17	<i>Schizolobium parahybum</i> (Vell).	Gavilán	Caesalpinaceae
18	<i>Caesalpinia eriostachys</i> Benth.	Pintadillo	Caesalpinaceae
19	<i>Senna skinneri</i> (Benth).	Ronrón	Caesalpinaceae
20	<i>Curatella americana</i> L.	Chaparro	Dilleniaceae
21	<i>Muntigia calabura</i> L.	Capulín	Elaeocarpaceae
22	<i>Diphysa robinoides</i> Benth.	Guachipilín	Fabaceae
23	<i>Platymiscium pleiostachium</i> J.D.Smith.	Coyote	Fabaceae
24	<i>Andira inermis</i> (W.Wright)	Almendro de río	Fabaceae
25	<i>Lonchocarpus phlebifolius</i> Standl	Cincho	Fabaceae
26	<i>Gyrocarpus americanus</i> Jacq	Talalate	Hernandiaceae
27	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L).	Nancite	Malpighiaceae
28	<i>Switenia humilis</i> Zucc.	Caoba	Meliaceae
29	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	Meliaceae
30	<i>Albizia adinocephala</i> (J;D:Smith)	Chaperno	Mimosaceae
31	<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq).	Quebracho	Mimosaceae
32	<i>Enterolobium ciclocarpum</i> (Jacq).	Guanacaste negro	Mimosaceae
33	<i>Albizia caribea</i> (Urb).	Guanacaste blanco	Mimosaceae
34	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb).	Espino de playa	Mimosaceae
35	<i>Acacia collinsii</i> Safford	Cornizuelo	Mimosaceae
36	<i>Ficus obtusifolia</i> H:B:K:	Matapalo	Moraceae
37	<i>Ficus insipida</i> Willd	Chilamate	Moraceae
38	<i>Chlorophora tinctoria</i> L.	Mora	Moraceae
39	<i>Eugenia salamensis</i> J:D:Smith.	Guacuco	Myrthaceae
40	<i>Coccoloba caracasana</i> Meissn	papalón	Poligonaceae
41	<i>Karwinskia calderonii</i> Standley.	Guiligiüste	Rhamnaceae
42	<i>Calycophyllum cadidissium</i>	Madroño	Rubiaceae
43	<i>Genipa caruto</i> H. B. K	Jagua	Rubiaceae
44	<i>Simarouba glauca</i> D:C:	Acetuno	Simaroubaceae
45	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guácimo de ternero	Sterculiaceae
46	<i>Luehea candida</i> Zucc	Guácimo de molenillo	Teliaceae
47	<i>Trema micrantha</i> (L).	Capulín negro	Ulmaceae

5. Datos de erosión y sedimentación en los suelos de la Flor y la Danta, Somotillo 2016.

Datos de erosión y sedimentación en los suelos de la danta, Somotillo 13/05/16							
AÑO	PRODUCTOR	CODIGO	POSICION (alta y baja)	PENDIENTE (%)	PROFUNDIDAD (cm)	E (-) mm	D (+) mm
2016	ISIDRO ZUÑIGA	BS	A	50	10	2,5	5,1
2016	ISIDRO ZUÑIGA	BS	B	42	10	1	6,7
2016	ISIDRO ZUÑIGA	SAQ	A	78	10	4,9	10,6
2016	ISIDRO ZUÑIGA	SAQ	B	30	10	4,2	8,4
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PM	A	40	10	0,7	9,6
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PM	B	42	10	1,3	2,8
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PT	A	20	10	3,8	1
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PT	B	15	10	2,9	11,2
2016	ISIDRO ZUÑIGA	CT	A	39	10	6,1	8
2016	ISIDRO ZUÑIGA	CT	B	30	10	2,9	12,3
2016	GERONIMO AGUILERA	BS	A	24	10	0,2	12
2016	GERONIMO AGUILERA	BS	B	25	10		15,8
2016	GERONIMO AGUILERA	SAQ	A	25	10	2	21,9
2016	GERONIMO AGUILERA	SAQ	B	12	10	2	7,6
2016	GERONIMO AGUILERA	PM	A	6	10	2,3	8,1
2016	GERONIMO AGUILERA	PM	B	5	10	0	23,5
2016	GERONIMO AGUILERA	PT	A	19	10	1,2	1,3
2016	GERONIMO AGUILERA	PT	B	22	10	1,5	7,5
2016	GERONIMO AGUILERA	CT	A	28	10	0	25,2
2016	GERONIMO AGUILERA	CT	B	40	10	7,6	11,2

Datos de erosión y sedimentación en los suelos de la Danta, Somotillo 01/09/16							
AÑO	PRODUCTOR	CODIGO	POSICION (alta y baja )	PENDIENTE (%)	PROFUNDIDAD (cm)	E(-) mm	D(+) (t ha-1 año -1)
2016	ISIDRO ZUÑIGA	BS	a	50	10	0	12,6
2016	ISIDRO ZUÑIGA	BS	b	42	10	0	13,3
2016	ISIDRO ZUÑIGA	SAQ	a	78	10	6,5	2,6
2016	ISIDRO ZUÑIGA	SAQ	b	30	10	2	10,7
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PM	a	40	10	2,5	5,6
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PM	b	42	10	0	7,6
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PT	a	20	10	1,5	8,6
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PT	b	15	10	0,5	5,8
2016	ISIDRO ZUÑIGA	CT	a	39	10	2,5	3,3
2016	ISIDRO ZUÑIGA	CT	b	30	10	2	5,5
2016	GERONIMO AGUILERA	BS	a	24	10	4,5	3
2016	GERONIMO AGUILERA	BS	b	25	10	6	5,5
2016	GERONIMO AGUILERA	SAQ	a	25	10	0,5	2,5
2016	GERONIMO AGUILERA	SAQ	b	12	10	1	5,5
2016	GERONIMO AGUILERA	PM	a	6	10	1	4,5
2016	GERONIMO AGUILERA	PM	b	5	10	0	7
2016	GERONIMO AGUILERA	PT	a	19	10	1,5	0,5
2016	GERONIMO AGUILERA	PT	b	22	10	3	1,5
2016	GERONIMO AGUILERA	CT	a	28	10	1	11
2016	GERONIMO AGUILERA	CT	b	40	10	5,5	2,7

Datos de erosión y sedimentación en los suelos de la Danta, Somotillo 12/12/16							
AÑO	PRODUCTOR	CODIGO	POSICION (alta y baja)	PENDIENTE (%)	PROFUNDIDAD (cm)	E (-) mm	D (+) mm
2016	ISIDRO ZUÑIGA	BS	a	50	10	4,9	1,2
2016	ISIDRO ZUÑIGA	BS	b	42	10	1,4	6,6
2016	ISIDRO ZUÑIGA	SAQ	a	78	10	1,7	11,3
2016	ISIDRO ZUÑIGA	SAQ	b	30	10	0,5	5,8
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PM	a	40	10	1,9	8,1
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PM	b	42	10	2	2,4
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PT	a	20	10	4,6	4,1
2016	ISIDRO ZUÑIGA	PT	b	15	10	1,9	5,6
2016	ISIDRO ZUÑIGA	CT	a	39	10	0	4,6
2016	ISIDRO ZUÑIGA	CT	b	30	10	2,6	10
2016	GERONIMO AGUILERA	BS	a	24	10	0,5	5,5
2016	GERONIMO AGUILERA	BS	b	25	10	0,5	6,1
2016	GERONIMO AGUILERA	SAQ	a	25	10	2,7	4,6
2016	GERONIMO AGUILERA	SAQ	b	12	10	2,5	10,3
2016	GERONIMO AGUILERA	PM	a	6	10	2,8	7,2
2016	GERONIMO AGUILERA	PM	b	5	10	0	12
2016	GERONIMO AGUILERA	PT	a	19	10	2,5	2
2016	GERONIMO AGUILERA	PT	b	22	10	1	4,2
2016	GERONIMO AGUILERA	CT	a	28	10	2	4,7
2016	GERONIMO AGUILERA	CT	b	40	10	13,2	1,6

6. Indicadores de calidad de suelos la Danta, Somotillo 2016.

Indicadores de calidad de suelos de la Danta de la micro cuenca Tecomapa Somotillo												
Fecha	Productor	Código	Posición (alta y baja)	Pend (%)	Prof (cm)	Da (g/c <sup>3</sup> )	E (-) mm	D (+) mm	Infiltración (min/pul)	M.O	Espesor (cm)	Tipo
												Suelo
Mayo	I.Z	Bs	a	50	10	0.96	2,50	5,10	3,46	25.6	10,50	Alf
Mayo	I.Z	Bs	b	42	10	1.06	1,00	6,70	0,75	31.6	15,00	Alf
Mayo	I.Z	SAQ	a	78	10	1.02	4,90	10,60	1,26	31.6	13,00	Alf
Mayo	I.Z	SAQ	b	30	10	1.13	4,20	8,40	1,00	31.6	9,70	Alf
Mayo	I.Z	Pm	a	40	10	1.15	0,70	9,60	2,48	25.6	11,99	Alf
Mayo	I.Z	Pm	b	42	10	1.21	1,30	2,80	21,66	27.6	14,00	Alf
Mayo	I.Z	Pt	a	20	10	1.14	3,80	1,00	2,95	33.6	12,50	Alf
Mayo	I.Z	Pt	b	15	10	1.14	2,90	11,20	19,33	27.6	10,40	Alf
Mayo	I.Z	Ct	a	39	10	1.12	6,10	8,00	3,16	21.6	10,20	Alf
Mayo	I.Z	Ct	b	30	10	1.35	2,90	12,30	12,50	25.6	10,00	Alf
Mayo	G.A	Bs	a	24	10	0.94	0,20	12,00	0,50	23.6	11,00	Mol
Mayo	G.A	Bs	b	25	10	1.02	0,00	15,80	2,16	25.6	12,16	Mol
Mayo	G.A	SAQ	a	25	10	1.12	2,00	21,90	2,63	25.6	13,50	Mol
Mayo	G.A	SAQ	b	12	10	1.29	2,00	7,60	21,28	21.6	11,60	Mol
Mayo	G.A	Pm	a	6	10	0.91	2,30	8,10	19,50	39.6	13,30	Mol
Mayo	G.A	Pm	b	5	10	0.95	0,00	23,50	42,58	37.6	12,70	Mol
Mayo	G.A	Pt	a	19	10	1.42	1,20	1,30	2,18	35.6	15,00	Mol
Mayo	G.A	Pt	b	22	10	1.06	1,50	7,50	7,50	27.6	10,50	Mol
Mayo	G.A	Ct	a	28	10	0.96	0,00	25,20	6,88	23.6	15,40	Mol
Mayo	G.A	Ct	b	40	10	1.11	7,60	11,20	31,25	25.6	17,60	Mol
Septiembre	I.Z	Bs	a	50	10	0.96	0,00	12,60	3,46	25.6	10,50	Alf
Septiembre	I.Z	Bs	b	42	10	1.06	0,00	13,30	0,75	31.6	15,00	Alf
Septiembre	I.Z	SAQ	a	78	10	1.02	6,50	2,60	1,26	31.6	13,00	Alf
Septiembre	I.Z	SAQ	b	30	10	1.13	2,00	10,70	1,00	31.6	9,70	Alf
Septiembre	I.Z	Pm	a	40	10	1.15	2,50	5,60	2,48	25.6	11,99	Alf
Septiembre	I.Z	Pm	b	42	10	1.21	0,00	7,60	21,66	27.6	14,00	Alf
Septiembre	I.Z	Pt	a	20	10	1.14	1,50	8,60	2,95	33.6	12,50	Alf
Septiembre	I.Z	Pt	b	15	10	1.14	0,50	5,80	19,33	27.6	10,40	Alf
Septiembre	I.Z	Ct	a	39	10	1.12	2,50	3,30	3,16	21.6	10,20	Alf
Septiembre	I.Z	Ct	b	30	10	1.35	2,00	5,50	12,50	25.6	10,00	Alf
Septiembre	G.A	Bs	a	24	10	0.94	4,50	3,00	0,50	23.6	11,00	Mol
Septiembre	G.A	Bs	b	25	10	1.02	6,00	5,50	2,16	25.6	12,16	Mol
Septiembre	G.A	SAQ	a	25	10	1.12	0,50	2,50	2,63	25.6	13,50	Mol
Septiembre	G.A	SAQ	b	12	10	1.29	1,00	5,50	21,28	21.6	11,60	Mol
Septiembre	G.A	Pm	a	6	10	0.91	1,00	4,50	19,50	39.6	13,30	Mol
Septiembre	G.A	Pm	b	5	10	0.95	0,00	7,00	42,58	37.6	12,70	Mol
Septiembre	G.A	Pt	a	19	10	1.42	1,50	0,50	2,18	35.6	15,00	Mol
Septiembre	G.A	Pt	b	22	10	1.06	3,00	1,50	7,50	27.6	10,50	Mol
Septiembre	G.A	Ct	a	28	10	0.96	1,00	11,00	6,88	23.6	15,40	Mol
Septiembre	G.A	Ct	b	40	10	1.11	5,50	2,70	31,25	25.6	17,60	Mol
Diciembre	I.Z	Bs	a	50	10	0.96	4,90	1,20	3,46	25.6	10,50	Alf
Diciembre	I.Z	Bs	b	42	10	1.06	1,40	6,60	0,75	31.6	15,00	Alf
Diciembre	I.Z	SAQ	a	78	10	1.02	1,70	11,30	1,26	31.6	13,00	Alf
Diciembre	I.Z	SAQ	b	30	10	1.13	0,50	5,80	1,00	31.6	9,70	Alf
Diciembre	I.Z	Pm	a	40	10	1.15	1,90	8,10	2,48	25.6	11,99	Alf
Diciembre	I.Z	Pm	b	42	10	1.21	2,00	2,40	21,66	27.6	14,00	Alf

Diciembre	I.Z	Pt	a	20	10	1.14	4,60	4,10	2,95	33.6	12,50	Alf	12/12/2016
Diciembre	I.Z	Pt	b	15	10	1.14	1,90	5,60	19,33	27.6	10,40	Alf	
Diciembre	I.Z	Ct	a	39	10	1.12	0,00	4,60	3,16	21.6	10,20	Alf	
Diciembre	I.Z	Ct	b	30	10	1.35	2,60	10,00	12,50	25.6	10,00	Alf	
Diciembre	G.A	Bs	a	24	10	0.94	0,50	5,50	0,50	23.6	11,00	Mol	
Diciembre	G.A	Bs	b	25	10	1.02	0,50	6,10	2,16	25.6	12,16	Mol	
Diciembre	G.A	SAQ	a	25	10	1.12	2,70	4,60	2,63	25.6	13,50	Mol	
Diciembre	G.A	SAQ	b	12	10	1.29	2,50	10,30	21,28	21.6	11,60	Mol	
Diciembre	G.A	Pm	a	6	10	0.91	2,80	7,20	19,50	39.6	13,30	Mol	
Diciembre	G.A	Pm	b	5	10	0.95	0,00	12,00	42,58	37.6	12,70	Mol	
Diciembre	G.A	Pt	a	19	10	1.42	2,50	2,00	2,18	35.6	15,00	Mol	
Diciembre	G.A	Pt	b	22	10	1.06	1,00	4,20	7,50	27.6	10,50	Mol	
Diciembre	G.A	Ct	a	28	10	0.96	2,00	4,70	6,88	23.6	15,40	Mol	
Diciembre	G.A	Ct	b	40	10	1.11	13,20	1,60	31,25	25.6	17,60	Mol	

7. Datos de lluvias (mm) de las dos estaciones situadas en la finca alta y baja de la toposecuencia de la micro cuenca Tecomapa, 2016.

MESES	AÑO 2016
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	85
Mayo	208.66
Junio	265
Julio	127
Agosto	174.33
Septiembre	420.33
Octubre	359.33
Noviembre	82.05
Diciembre	3
<b>TOTAL</b>	<b>1,724.7</b>

8. Chinandega Tabla climática de Temperatura y precipitaciones

<b>MESES</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>
Enero	25.8	1
Febrero	26.5	2
Marzo	27.6	3
Abril	28.6	23
Mayo	27.8	191
Junio	26.7	325
Julio	27.1	195
Agosto	26.9	220
Septiembre	26.2	384
Octubre	26.1	4.27
Noviembre	25.6	78
Diciembre	25.3	7



## 9. Análisis de Varianzas de depósitos y erosión de suelos en los usos de tierra agrícola, 2016.

### 9.1 ANDEVA de Erosión E (-) (t/ha/año)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	44.87	6	7.48	1.50	0.1998
Finca	0.07	1	0.07	0.01	0.9055
uso	44.78	4	11.20	2.25	0.0790
Posición	0.01	1	0.01	2.6E-03	0.9594
Error	219.00	44	4.98		
Total	263.87	50			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.25933

Error: 4.9773 gl: 44

Finca	Medias	n
Isidro Z	2.68	26 A
Gerónimo A	2.70	25 A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.00354

Error: 4.9773 gl: 44

uso	Medias	n
Pasto m	1.82	8 A
Pasto t	2.16	12 A
Bosque	2.39	9 A
SAQ	2.54	12 A
Cultivo t	4.54	10 B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.26030

Error: 4.9773 gl: 44

Posición	Medias	n
alto	2.67	27 A
bajo	2.71	24 A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

## 9.2 ANDEVA de Depósito D (+) (t/ha/año)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	161.07	6	26.85	1.00	0.4366
Finca	10.42	1	10.42	0.39	0.5365
uso	139.04	4	34.76	1.29	0.2850
Posición	11.62	1	11.62	0.43	0.5140
Error	1426.04	53	26.91		
Total	1587.11	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.68632

Error: 26.9064 gl: 53

Finca	Medias	n
Isidro Z	7.03	30 A
Gerónimo A	7.87	30 A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.24745

Error: 26.9064 gl: 53

uso	Medias	n
Pasto t	4.44	12 A
Bosque	7.78	12 A
Pasto m	8.20	12 A
Cultivo t	8.34	12 A
SAQ	8.48	12 A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.68632

Error: 26.9064 gl: 53

Posición	Medias	n
alto	7.01	30 A
bajo	7.89	30 A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

## 9.3 ANOVA de Infiltración de agua en el suelo (min pul<sup>-1</sup>).

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5432.07	6	905.34	18.39	<0.0001
Finca	691.77	1	691.77	14.05	0.0004
uso	2756.20	4	689.05	14.00	<0.0001
Posición	1984.10	1	1984.10	40.30	<0.0001
Error	2609.24	53	49.23		
Total	8041.31	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.63370

Error: 49.2310 gl: 53

Finca	Medias	n
Isidro Z	6.86	30 A
Gerónimo A	13.65	30 B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.74539

Error: 49.2310 gl: 53

uso	Medias	n	
Bosque	1.72	12	A
SAQ	6.54	12	A B
Pasto t	7.99	12	B C
Cultivo t	13.45	12	C
Pasto m	21.56	12	D

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.63370

Error: 49.2310 gl: 53

Posición	Medias	n	
alto	4.50	30	A
bajo	16.00	30	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

#### 9.4 ANOVA de Contenido de arcilla en el suelo (%)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	572.40	6	95.40	5.33	0.0002
Finca	2.40	1	2.40	0.13	0.7158
uso	567.60	4	141.90	7.92	<0.0001
Posición	2.40	1	2.40	0.13	0.7158
Error	949.20	53	17.91		
Total	1521.60	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.19165

Error: 17.9094 gl: 53

Finca	Medias	n	
Isidro Z	28.20	30	A
Gerónimo A	28.60	30	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.46530

Error: 17.9094 gl: 53

uso	Medias	n	
Cultivo t	24.10	12	A
Bosque	26.60	12	A B
SAQ	27.60	12	B
Pasto t	31.10	12	C
Pasto m	32.60	12	C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.19165

Error: 17.9094 gl: 53

Posición	Medias	n	
bajo	28.20	30	A
alto	28.60	30	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

## 9.5 ANOVA de Espesor orgánico de suelo (cm)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	54.56	6	9.09	2.36	0.0431
Finca	35.90	1	35.90	9.31	0.0036
uso	17.55	4	4.39	1.14	0.3490
Posición	1.12	1	1.12	0.29	0.5926
Error	204.41	53	3.86		
Total	258.98	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.01706

Error: 3.8569 gl: 53

Finca	Medias	n
Isidro Z	11.73	30 A
Gerónimo A	13.28	30 B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.60812

Error: 3.8569 gl: 53

uso	Medias	n
SAQ	11.95	12 A
Pasto t	12.10	12 A
Bosque	12.17	12 A
Pasto m	13.00	12 A
Cultivo t	13.30	12 A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.01706

Error: 3.8569 gl: 53

Posición	Medias	n
bajo	12.37	30 A
alto	12.64	30 A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

## 9.6 ANOVA de Da (g/cm<sup>3</sup>)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.38	6	0.06	4.70	0.0007
Finca	0.04	1	0.04	2.82	0.0989
uso	0.29	4	0.07	5.40	0.0010
Posición	0.05	1	0.05	3.80	0.0566
Error	0.70	53	0.01		
Total	1.08	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.05970

Error: 0.0133 gl: 53

Finca	Medias	n
Gerónimo A	1.08	30 A
Isidro Z	1.13	30 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.09440

Error: 0.0133 gl: 53

uso	Medias	n
Bosque	1.00	12 A
Pasto m	1.06	12 A B
Cultivo t	1.14	12 B C
SAQ	1.14	12 B C
Pasto t	1.19	12 C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.05970

Error: 0.0133 gl: 53

Posición	Medias	n
alto	1.07	30 A
bajo	1.13	30 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

## 9.7 ANOVA de Pendiente (%)

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8518.80	6	1419.80	9.82	<0.0001
Finca	4860.00	1	4860.00	33.60	<0.0001
uso	3005.40	4	751.35	5.19	0.0013
Posición	653.40	1	653.40	4.52	0.0382
Error	7665.60	53	144.63		
Total	16184.40	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.22824

Error: 144.6340 gl: 53

Finca	Medias	n
Gerónimo A	20.60	30 A
Isidro Z	38.60	30 B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=9.84771

Error: 144.6340 gl: 53

uso	Medias	n
Pasto t	19.00	12 A
Pasto m	23.25	12 A
Cultivo t	34.25	12 B
Bosque	35.25	12 B
SAQ	36.25	12 B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.22824

Error: 144.6340 gl: 53

Posición	Medias	n
bajo	26.30	30 A
alto	32.90	30 B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )