



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

**Evaluación del efecto de cuatro sistemas de uso
del suelo sobre propiedades hidrofísicas, en la
microcuenca Quebrada Arriba, Yalagüina, 2017**

AUTORES

Br. Gabriel Martin Llanes
Br. Darwin Omar Rizo

TUTOR

Ing. MSc. Reynaldo Bismark Mendoza

ASESORES

Ing. MSc. Henry Duarte Canales
Ing. MSc. Antonio Avilés Silva

Managua, Nicaragua
Abril, 2019



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

Evaluación del efecto de cuatro sistemas de uso del suelo sobre propiedades hidrofísicas, en la microcuenca Quebrada Arriba, Yalagüina, 2017

AUTORES

Br. Gabriel Martin Llanes

Br. Darwin Omar Rizo

TUTOR

Ing. MSc. Reynaldo Bismark Mendoza

ASESORES

Ing. MSc. Henry Duarte Canales

Ing. MSc. Antonio Avilés Silva

Managua, Nicaragua

Abril, 2019

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCION	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
INDICES DE CUADRO	v
INDICES DE FIGURA	vi
INDICES DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
III MATERIALES Y METODOS	4
3.1 Aérea de estudio	4
3.1.1 Ubicación	4
3.1.2 Clima	4
3.1.3 Características del suelo de la zona	5
3.1.4 Socio-economía de la zona	5
3.1.5 Descripción de los sistemas de usos de la tierra	6
3.1.6 Descripción del diseño y los tratamientos	6
3.1.7 Recolección de datos	7
3.2 Parcela de varillas para monitoreo de erosión (cm)	7
3.3 Biomasa (kg ha ⁻¹)	9
3.4 Densidad aparente	9
3.5 Capacidad de Campo (CC)	11
3.6 Infiltración del agua en el suelo	12
3.7 Materia orgánica en el suelo (MOS)	13
3.8 Pendiente	14
3.9 Humedad volumétrica	14
3.10 Acidez (pH)	15
3.11 Análisis estadísticos	16
IV RESULTADOS Y DISCUSION	17
4.1 Infiltración de agua en el suelo	17
4.2 Dinámica de la erosión por sistemas de uso, productor y posición	19
4.3 Materia orgánica (MOS)	21
4.4 Contenido de arcilla	22
4.5 Capacidad de campo (CC)	23
4.6 Humedad del suelo (volumétrica)	24
4.7 Acidez (pH) del suelo	25
4.8 Análisis multivariado	27
V CONCLUSIONES	29
VI RECOMENDACIONES	30
VII LITERATURA CITADA	31
VIII ANEXOS	35

DEDICATORIA

Primero que todo a Dios, por haberme dado la sabiduría y perseverancia las cuales fueron pieza fundamental en la culminación de mi carrera.

A mi madre Emigdia María Llanes Gonzales porque gracias a sus esfuerzos, dedicación y sacrificio he alcanzado uno de mis más grandes sueños en mi vida, la cual contribuye la herencia más valiosa que pudiera recibir y con la promesa de seguir siempre adelante.

A todas las personas que estuvieron durante este hermoso ciclo y pudieron compartir conmigo el sueño de obtener el título de Ingeniero Agrícola.

Br. Gabriel Martin Llanes.

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios, por haberme brindado la sabiduría necesaria en todo momento para culminar mi carrera en tiempo y forma.

A mi abuelita Rosa Ángela Palacios, mi madre Ileana del Carmen Bermúdez, a mi prima María José Bermúdez, a mi hermano Erick Mauricio Bermudes y a mi hermana Irania Anahí Rizo por sus apoyos, consejos, ánimos, por brindarme la oportunidad y una de mis grandes metas culminadas.

A todas las personas que compartimos nuestros conocimientos y ayuda mutuamente durante los cuatro años y medios de la carrera.

A Mario de Jesús Hernández Estrada (Q.E.P.D.).

Br Darwin Omar Rizo Bermudez

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por darme fuerza, necesaria para superar todos los obstáculos que se presentaron en este camino.

Al Ing. MSc. Henry Duarte, Ing. MSc. Bismarck Mendoza y el MSc Antonio Avilés por brindarme su apoyo, confianza y asesoramiento durante el proceso de investigación.

A la Universidad Nacional Agraria y en particular a la Facultad de Agronomía por haberme proporcionado los medios necesarios para llevar a cabo mi trabajo de investigación.

A mis profesores(as) que me regalaron una buena formación a través de sus conocimientos y me brindaron su apoyo durante esta etapa académica de mi vida.

Al programa CRS Catholic Relief Services, por financiar mí trabajo de investigación.

Br. Gabriel Martin Llanes

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por darme fuerza, sabiduría y motivación para culminar mi carrera.

Al Ing. MSc. Henry Duarte, Ing. MSc. Bismarck Mendoza y el MSc Antonio Avilés por brindarme su apoyo, confianza y asesoramiento durante el proceso de investigación.

A la Universidad Nacional Agraria y en particular a la Facultad de Agronomía por haberme proporcionado los medios necesarios para llevar a cabo mi trabajo de investigación.

A mis profesores(as) que me regalaron una buena formación a través de sus conocimientos y me brindaron su apoyo durante esta etapa académica de mi vida.

Al programa CRS Catholic Relief Services, por financiar mí trabajo de investigación.

Br Darwin Omar Rizo Bermúdez

ÍNDICE DE CUADRO

SECCION		PÁGINA
1	Descripción de los tratamientos en el aérea experimental Yalaguina, Madriz 2017.	7
2	Riesgos de erosión laminar de acuerdo a las pérdidas de suelo propuestas por la FAO (1980).	9
3	Clasificación de la densidad aparente en los suelos.	11
4	Clasificación de la capacidad de campo en dependencia del tipo de suelo.	11
5	Clases y tasas de infiltración y su relación con el potencial de erosión de suelos, 2014.	13
6	Clasificación de la materia orgánica de los suelos.	14
7	Interpretación de indicadores físicos de suelos.	15
8	Rangos de pH y su clasificación para Nicaragua (Fuente: Quintana, et al, 1983).	16
9	Correlación múltiple entre cinco indicadores hidrofisicas de suelo. Datos muestreados en 2017, en 3 fincas de la micro cuenca Quebrada Arriba, Yalaguina. La fila en el valor superior representa el coeficiente de correlación y el valor en la parte baja representa la probabilidad.	27

ÍNDICE DE FIGURA

SECCION		PÁGINA
1	Ubicación de la aérea de estudio, comunidad Quebrada Arriba, municipio de Yalaguina, departamento de Madriz, Nicaragua.	4
2	Comportamiento de la precipitación mensual (mm) y la temperatura °C durante el estudio, Fuente: (INETER 2017).	5
3	Instalación, monitoreo de la erosión y sedimentación de suelo (cm) a partir de las varillas de hierro con diferentes colores en las diferentes posiciones de las parcelas y la topo secuencia.	8
4	Velocidad de infiltración de agua en el suelo. A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.	18
5	Lámina de erosión (ton ha ⁻¹ a ⁻¹). A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.	20
6	Contenido de materia orgánica en el suelo (%), A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.	22
7	Contenido de arcilla en el suelo (%). A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.	23
8	Porcentaje de humedad del suelo a Capacidad de campo. A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.	24
9	Porcentaje de humedad volumétrica del suelo. A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.	25
10	pH en el suelo. A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.	26
11	Análisis de los componentes principales, presentado en el primer plano principal del primer y segundo componente de las propiedades hidrofísicas de los suelos de la micro cuenca Quebrada Arriba, bajo cuatro sistemas de manejo de suelo (Bs, ASA, SAF y Tr). Análisis basado en 48 datos de muestreo, Yalagüina, Nicaragua, 2017.	28

ÍNDICE DE ANEXOS

SECCION		PÁGINA
1	Extracción de muestra de suelo para análisis de densidad aparente.	36
2	Prueba de velocidad de infiltración.	36
3	Relieve de la microcuenca.	37
4	Instalación de clavos para medir erosión.	37
5	Croquis la finca “El Macho” de don Federico Cruz Tercero, monitoreo de infiltración y retención de humedad en la comunidad de Yalaguina, municipio de Madriz.	38
6	Croquis la finca de don Leonel Rodríguez, Comunidad Quebrada Arriba, parte media del relieve, monitoreo de infiltración y retención de humedad en Yalaguina, municipio de Madriz.	39
7	Croquis la finca de don William Aguirre, Comunidad Quebrada Arriba, parte baja del relieve, monitoreo de infiltración y retención de humedad en Yalaguina, municipio de Madriz.	40
8	Grafica de erosión expresada en cm	40
9	ANDEVA de velocidad de infiltración.	41
10	Grafica de tiempo infiltración expresada en min pul ⁻¹	42
11	ANDEVA de dinámica de erosión.	42
12	ANDEVA de capacidad de campo (CC)	43
13	ANDEVA de porcentajes de arcilla en el suelo.	44
14	ANDEVA de porcentajes de materia orgánica.	45
15	ANDEVA de niveles de pH.	46
16	ANDEVA de dinámica de erosión en (ton ha ⁻¹ a ⁻¹)	47
17	Análisis multivariado	48
18	Grafica de análisis multivariado entre finca y propiedades físicas y hidrofísicas	49

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto que tienen cuatro sistemas de uso de suelo; agricultura de coberturas (ASA), agroforestal (SAF), tradicional (Tr) y bosque secundario (Bs) sobre las propiedades hidrofísicas del suelo y el beneficio de estas. Fue establecido un ensayo experimental de parcelas divididas (DPD) en la comunidad Quebrada Arriba, Yalaguina-Madriz, Nicaragua. Monitoreando en tres fincas los niveles de humedad volumétrica, contenido de arcilla, niveles de erosión, porcentajes de materia orgánica, porcentaje de humedad a capacidad de campo y acidez (pH) en el suelo. Los sistemas que presentan mayor cobertura superficial presentaron, menor tasa de erosión de 41.75 t ha⁻¹ en los SAF versus 123.08 ton ha⁻¹ en los sistemas tradicionales. Altos contenidos de materia orgánica de 10% en el sistema ASA a 2.98 en el tradicional. A nivel espacial los tratamientos que se ubicaron en la parte baja del relieve, presentaron mayores porcentajes de humedad volumétrica, materia orgánica (MOS) y niveles de acidez (pH) óptimos en comparación a los tratamientos ubicados en la parte alta. Finalmente, los altos contenidos de arcilla contribuyen al incremento de la capacidad de retener agua en el suelo de la microcuenca. Por tanto, es necesario promover tecnologías que brinden al suelo mayor cobertura para mejorar su calidad y reducir la tasa erosión hídrica.

Palabras claves: *Tratamiento, humedad, erosión hídrica*

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of four land use systems; Coverage agriculture (ASA), agroforestry (SAF), traditional (Tr) and secondary forest (Bs) on; the hydrophysical properties of the soil and the benefit of these. An experimental trial of divided plots (DPD) was established in the community of Quebrada Arriba, Yalaguina-Madriz, Nicaragua. Monitoring in three farms volumetric moisture levels, clay content, erosion levels, soil organic matter contend, water soil retention at field capacity and acidity (pH) in the soil. The systems with the highest surface coverage presented, the lowest erosion rate of 41.75 t ha⁻¹ in the SAF versus 123.08 ton ha⁻¹ in the traditional systems. High content of soil organic matter of 10% in the ASA system to 2.98 in the traditional system. At a spatial level, the treatments that were located in the lower part of the relief presented higher percentages of volumetric moisture, organic matter (MOS) and optimal acidity (pH) levels compared to the treatments located in the upper part. Finally, the high clay content contributes to the increase in the capacity to retain water in the soil of the microbasin. Therefore, it is necessary to promote technologies that provide the soil with greater coverage to improve its quality and reduce the rate of water erosion.

Keywords: Treatment, humidity, water erosion

I. INTRODUCCION

En un contexto de clima variable, la capacidad de transformar la agricultura para alimentar a una población creciente sin perjudicar la base de recursos naturales no sólo permitirá alcanzar los objetivos de seguridad alimentaria, sino que también ayudará a mitigar los efectos negativos del cambio climático. Una agricultura más productiva y resistente requerirá una mejor gestión de los recursos naturales, como la tierra, el agua, el suelo y los recursos genéticos, a través de buenas prácticas como la agricultura de conservación, el control integrado de plagas, la Agroforestería y las dietas sostenibles (Bendaña, 2012).

El suelo es un subsistema fundamental del ecosistema forestal con características físicas, químicas y biológicas decisivas en su fertilidad, que a su vez determinan sus propiedades y los cambios que ocurren a través del tiempo, así como la influencia por efecto del cambio de uso del suelo. El uso intensivo de los suelos provoca cambios en sus propiedades llegando afectar la capacidad productiva a través de su influencia sobre la vegetación y tipos de usos posibles en la agricultura (Hernández *et al.*, 2006).

Las principales características físicas que influyen sobre la estructura del suelo son la profundidad de las raíces, régimen de humedad (capacidad de agua útil, drenaje) y del aire (macro porosidad). Estas propiedades, en iguales condiciones climáticas, son las principales causantes del cambio en la composición de la vegetación agroforestal (Lal, 2000), y junto con la actividad antropogénica provocan el surgimiento de procesos de degradación de las propiedades de los suelos (Oldeman *et al.*, 1990; Kumar y Kafle, 2009). Estos procesos tienen lugar principalmente en las propiedades: Materia Orgánica (MOS), Densidad aparente (Da), Porosidad total (Pt), la Capacidad de Campo (CC) y la humedad.

Los cambios en el contenido de la Materia Orgánica (MOS) de los suelos modifican las propiedades físicas como estructura y densidad aparente (Da), así como la infiltración y el Límite Superior de humedad Productiva (LSHP) o Capacidad de Campo (CC) (Montiel, 2000). Estos son cambios que pueden ser alterados por las labores de cultivo, mientras que la textura

no cambia por las operaciones usuales de laboreo. El deterioro de las propiedades físicas del suelo es uno de los principales problemas que enfrenta la agricultura moderna.

En la agricultura moderna se han implementado varios tipos de sistemas que ayudan al rendimiento de los cultivos. Entre los cuales tenemos, Sistema ASA (donde se aplica los principios de rotación de cultivo, cobertura muerta, siembra directa y las 4R); este sistema nos permite alternar plantas de diferentes familias y con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante distintos ciclos, el uso de cobertura muerta o mulch es una capa de material aplicada a la superficie del suelo, para conservar la humedad, mejorar la fertilidad, salud del suelo y reducir los arvenses (Antunes *et al.*, 2011).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de cuatro sistemas de usos y manejos de suelo sobre la dinámica de propiedades hidrofísicas y de calidad de suelo en la microcuenca Quebrada Arriba, Yalaguina-Madriz.

2.2 Objetivos Específicos

Identificar la relación entre gradientes de humedad volumétrica en tres perfiles de topo secuencias, y las propiedades hidrofísicas, en diferentes usos de la tierra, en la micro cuenca Quebrada Arriba.

Evaluar la tasa de erosión laminar en cuatro usos de la tierra a través del método de varillas.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Área de estudio

3.1.1 Ubicación

El trabajo se realizó en la comunidad, Quebrada Arriba de la jurisdicción del municipio de Yalaguina a 217.8 km del departamento de Managua a una altura de 711 msnm en las coordenadas 13°28'36.8" Latitud Norte y 86°31'39.1" Longitud Oeste.



Figura 1. Ubicación del área de estudio, comunidad Quebrada Arriba, municipio de Yalaguina, departamento de Madriz, Nicaragua.

3.1.2. Clima

En la zona donde se realizó el ensayo se caracteriza por tener un clima de sabana tropical de altura (seco), la precipitación pluvial oscila entre 1,000 y 1,200 mm, caracterizado por una buena distribución durante todo el año, la temperatura anual oscila entre los 23° C y 24° C.

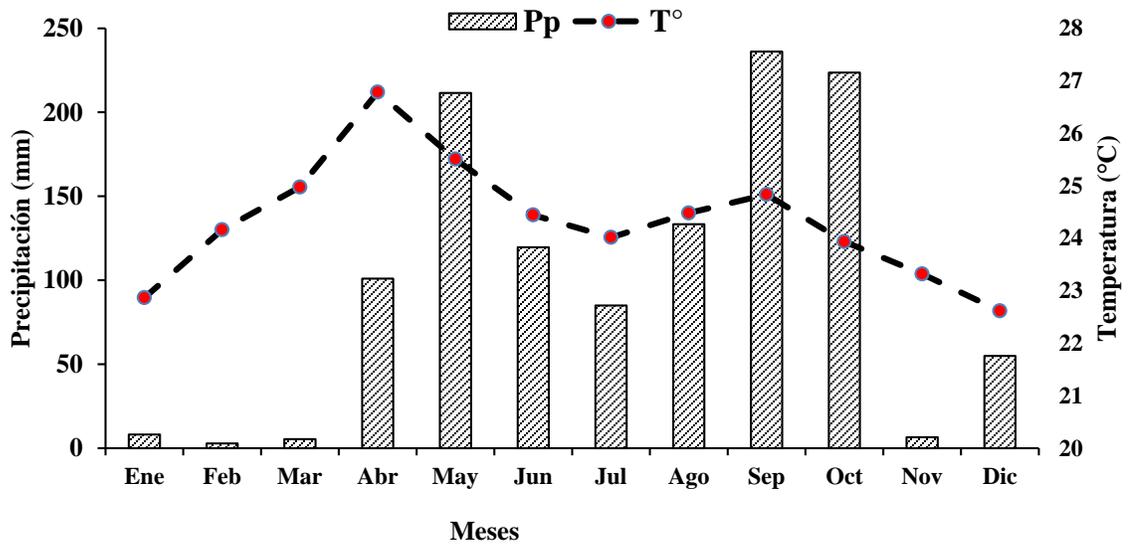


Figura 2. Comportamiento de la precipitación mensual (mm) y la temperatura °C durante el estudio, Fuente:(INETER 2017).

3.1.3. Características del suelo de la zona

Según el INTA (2006) los suelos de Yalagüina se clasifican dentro del orden Entisol, son suelos minerales de desarrollo reciente, que sus horizontes no presentan aún características bien definidas de suelos (horizontes alterados, en proceso de meteorización), aunque hay casos en que se encuentra un horizonte de poco espesor que indica un grado de evolución muy incipiente; natural, moderadamente profundos a muy superficiales.

3.1.4. Socio-economía de la zona

El 51% de las familias dependen de la producción agropecuaria para el auto consumo familiar, en la que destaca la producción de granos básicos (maíz, frijol, sorgo) un mínimo porcentaje de productores se dedican al cultivo de hortalizas (tomate, repollo), los que comercializan en Estelí, Somoto y Ocotal. El resto son asalariados, que emigran a otros Municipios en busca de trabajo para su manutención. Con relación a los productores, estos trabajan sin financiamiento debido a que sus tierras tienen bajo rendimiento productivo ocasionado por las sequías, así como por el huracán Mitch, (INIFOM, 2017)

3.1.5 Descripción de los sistemas de usos de la tierra

Sistema Tradicional (Tr): suele basarse en prácticas transmitidas de generación en generación. Una característica destacada de los sistemas agrícolas tradicionales es su grado de diversidad vegetal en forma de policultivos (Bendaña, 2012).

Sistema bosque secundario (Bs): Los bosques presentes en la microcuenca son clasificados como secundarios porque han sido salvados después de una tala severa para la producción agrícola.

Sistema agroforestal (SAF): El sistema Agroforestal de árboles disperso, está conformado por plantas Leñosas y perennes son deliberadamente combinados con el cultivo en turno incorporando materia orgánica a través del rastrojo

Sistema de coberturas (ASA): El sistema de cultivos con cobertura (Agricultura Suelo y Agua) comprende un conjunto de prácticas agrarias adaptadas a las condiciones locales de cada región y a las exigencias del cultivo, cuyas técnicas y el manejo del suelo evitan que se erosione y degrade, mejoran su calidad y biodiversidad y contribuyen al buen uso de los recursos naturales, como el agua y el aire, sin menoscabar los niveles de producción de las explotaciones (FAO 2012).

3.1.6. Descripción del diseño y los tratamientos

Se eligieron tres fincas de la micro cuenca Quebrada Arriba en la parte alta, media y baja con el objetivo de evaluar el efecto de los sistemas de uso de suelo sobre las propiedades hidrofísicas. Se estableció el diseño de parcelas divididas (DPD), presentándose una unida experimental de mayor tamaño (Fincas), una sub parcela de menor área dentro de ella (Sistemas de uso de la tierra) y en cada sistema una unidad experimental de menor tamaño (Posición).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos en el área experimental Yalaguina, Madriz 2017.

Tratamientos	Sistema de uso del suelo	Posición
T1	Tradicional	Alta - baja
T2	ASA	Alta - baja
T3	SAF	Alta - baja
T4	Bosque	Alta - baja

3.1.7 Recolección de datos

El monitoreo de lectura y levantamientos de datos se realizaron en el mes de mayo del 15 al 18 y en el mes diciembre entre los días 15 al 17 del año 2017. En cada sistema de uso se realizó un muestreo para caracterizar los parámetros físicos y químicos más relevantes sobre el estado de la calidad de suelos, utilizando indicadores sencillos de campo.

Haciendo uso del barreno, se extrajeron muestras de suelos alterada (bolsas) y no alterada (cilindros de 5.0 x 5.0 cm) a una profundidad 0-10 cm. La materia orgánica del suelo (MOS), densidad aparente (Da), porcentaje de humedad y textura del suelo se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

Los indicadores de campo como la pendiente, espesor de suelo, infiltración, se midieron en las posiciones altas y bajas de cada parcela. Los datos de erosión se realizaron después de ocurrido el invierno o época lluviosa, en cada sub-parcela y por cada varilla; al medirse con la cinta métrica la varilla, si la lectura es mayor de 10 cm es considerado perdida (erosión), y si la lectura es menor de 10 cm es ganancia (sedimentación) de suelos respectivamente.

3.2 Parcela de varillas para monitoreo de erosión (cm)

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

Para tal efecto en cada sistema se establecieron un total de 20 varillas en set de 10 varillas, un set en la parte alta y otro en la parte baja de la parcela. Para un total de 80 varillas por finca y

240 a nivel de micro cuenca. Con una distancia promedio de 15 metros mínima entre cada set aguas abajo. Cada sub parcela de 10 metros cuadrados, ubicando una varilla por metro cuadrado. Cada varilla de hierro liso tuvo una longitud de 30 cm, con diámetro de 3/8 pulgada. Estas fueron enterradas 10 cm., y pintadas para facilitar su localización durante el monitoreo.

Somarriba (1989), y Mendoza y Tinoco (1994), cuantificaron pérdida de suelo en ocho parcelas con pendientes diferentes y cultivos diversos. De acuerdo a la pérdida de suelo, se valora el riesgo de erosión laminar de pérdida de suelos, según la propuesta de la (FAO, 1980).



Figura 3. Instalación, monitoreo de la erosión y sedimentación de suelo (cm) a partir de las varillas de hierro con diferentes colores en las diferentes posiciones de las parcelas y la topografía.

La pérdida de suelo es causada por diferentes agentes erosivos como la lluvia, el viento, y deslizamiento de placas, etc. 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 a su vez destruyen las propiedades físicas del suelo (Narro, 1994). De acuerdo a la pérdida de suelo, se valora el riesgo de erosión laminar a la pérdida de suelos con los rangos del cuadro dos, según la propuesta de la (FAO, 1980).

Cuadro 2. Riesgos de erosión laminar de acuerdo a las pérdidas de suelo propuesta por la (FAO, 1980).

Grado	Pérdida de suelo (ton/ha⁻¹/año⁻¹)	Riesgo de erosión
1	<0.5	Normal
2	0.5 – 5.0	Ligera
3	5.0 – 15.0	Moderada
4	15.0 – 50.0	Severa
5	50.0 – 200.0	Muy Severa
6	>200.0	Catastrófica

(FAO, 1980).

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, la producción de cultivos, en las laderas también tienen importante uso para la silvicultura, la producción animal y la gestión de los recursos hídricos (Mendoza y Tinoco 1994)

3.3 Biomasa

Al momento de la cosecha del maíz se tomaron cuatro metros lineales de la parcela útil, donde se registró el peso fresco, posteriormente se introdujo al horno una muestra de 500 g a 65 °C por 72 horas y se registró el peso seco, por último, el resultado se expresó en kg ha⁻¹.

3.4. Densidad aparente

El incremento de los valores de la densidad aparente (D_a) se asocia con la disminución del espacio poroso, el incremento de la conductividad térmica, 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).

Éste indicador se determinó por el método mencionado por Forsythe (1980), 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 calculó los datos mediante las siguientes ecuaciones:

$$Ac = \pi r^2$$

Dónde: Ac = área del cilindro (g cm^{-3})

$$\pi = \text{pi}$$

r = radio

$$Vc = (\pi * r^2)H$$

Done: Vc = volumen del cilindro (cm^3)

$$\pi = \text{pi}$$

r = radio

H = altura del cilindro (cm)

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

Dónde: Da = densidad aparente (g cm^{-3})

Pss = peso de suelo seco (g)

Vc = Volumen del cilindro (cm^3)

Según Dorán y Parkin (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 de muchos factores incluyendo la estructura y materia orgánica, la resistencia mecánica al enraizamiento y la cohesión del mismo. El valor de la densidad aparente se estima mediante los rangos del Cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de la densidad aparente en los suelos

Unidad de la (Da) g cm ⁻³	Clasificación
< 1.0	Muy bajo
1.0 – 1.2	Bajo
1.1 – 1.45	Medio
1.45– 1.60	Alto
>1.60	Muy alta

Fuente: Cairo, 1995

3.5. Capacidad de campo (CC)

A esta variable, Cairo (1995), la define como la cantidad de agua que existe cerca de la superficie del suelo, en equilibrio con una capa freática situada a 1 m de profundidad. Esta práctica indica el límite superior del agua disponible para el crecimiento de las plantas, aunque el agua no está fuertemente retenida en el suelo siempre está disponible para el crecimiento de las plantas mientras este en contacto con las raíces.

Cuadro 4. Clasificación de la capacidad de campo en dependencia de la textura del suelo

Textura	Capacidad de campo %
Arenoso	9
Arenoso franco	14
Franco arenoso	23
Franco	34
Franco Arcilloso	30
Arcillosos	38
Arcilloso bien estructurado	50

Fuente: Marrero (2006)

Según Marrero (2006), un suelo se encuentra en capacidad de campo (CC) cuando se experimenta un equilibrio temporal entre el potencial métrico (Ψ_m) y el potencial gravitatorio (Ψ_g). También define la capacidad de campo como el estado o nivel de humedad que alcanza un suelo saturado cuando ha cesado el drenaje interno del mismo. Esta variable se determinó mediante el método de la olla de Richard en el laboratorio de suelos y aguas (LABSA), de la Universidad Nacional Agraria.

3.6. Infiltración del agua en el suelo

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, 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) de la topo secuencia, utilizando anillos Infiltrómetro de 15 cm de diámetro y 15 cm de altura, enterrándose de 1 a 1.5 pulgada de profundidad con la ayuda de un mazo y realizando dos replicas 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 pulgada fue de 448.9 ml, usando una probeta volumétrica se graduó y marco con marcador permanente en una botella plástica para agilizar dicha prueba. Para no disturbar la superficie de suelo al momento de verter el agua, se cubrió este con 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:

$$Vc = (\pi * r^2) * H$$

Done: Vc = Volumen del cilindro (cm³)

π = pi

r = radio

H = altura de la lámina de agua 1 pulgada

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 *et al.*, 1983).

La interpretación de los resultados de una prueba de infiltración de agua en el suelo está asociada a los siguientes parámetros (Cuadro 5), tipo de textura o material en el sub-superficie del suelo. (Mendoza, 2014).

Cuadro 5. Clases y tasas de infiltración y su relación con el potencial de erosión de suelos.

Tiempo de infiltración (min pul ⁻¹)	Tasa de infiltración (pul h ⁻¹)	Tasa de infiltración (mm h ⁻¹)	Clase de infiltración
<3	20	508	Muy rápida
3 – 10	6 - 20	152 – 508	Rápida
10 – 30	2 - 6	50 – 152	Moderadamente rápido
30 – 100	0.06 - 2.0	15 – 50	Moderada
100 – 300	0.02 – 0.06	5 – 15	Moderadamente lente
300 – 1000	0.06 – 0.2	1.5 – 5	Lenta
1000 – 40000	0.0015- 0.06	0.03 – 1.5	Muy lenta
>40000	<0.00015	<0.04	Impermeable

Fuente: (FAO, Land evaluation for forestry forestry paper, 1984); modificado por (Mendoza C. , 2014).

Nota: Para convertir el tiempo de infiltración (min pulg⁻¹), a tasa de infiltración de agua en el suelo (pulg h⁻¹), el tiempo de infiltración se convierte a hora dividiéndolo entre 60 minutos y luego se aplica inverso para el cambio en el orden de las unidades.

3.7. Materia orgánica en el suelo (MOS)

La materia orgánica (MOS) es un conjunto de complejos de sustancias constituidas por restos de vegetales y animales, que están sometidos a un constante proceso de transformación y síntesis. Normalmente se presenta en cantidades muy inferiores a la fracción mineral; no obstante; su papel es tan importante o mayor para la evolución y propiedades del suelo (Fitz, 1987).

Además, la materia orgánica (MOS) 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 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, 2005). El contenido de materia orgánica se puede clasificar de acuerdo a los rangos del cuadro 6.

Cuadro 6. Clasificación de la materia orgánica de los suelos

Rango (%)	Clasificación
< 2	Pobre
2 a 4	Medio
> 4	Alto

Fuente: Quintana, 1992

Se extrajeron muestras de suelo en la parte alta y baja, de cada tratamiento a profundidades de 0-10 cm respectivamente. En este ensayo se muestreó haciendo uso de 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 Walkley y Black, basándose en la oxidación de la materia orgánica con bicromato de potasio en medio ácido en una muestra de suelo tamizado a 0.5 mm (Walkley y Black, 1934).

3.8 Pendiente

La pendiente se midió calculando la tangente de la superficie; la tangente se calcula dividiendo el cambio vertical en altitud entre distancias horizontales. Este se determinó mediante el uso de un clinómetro de bolsillo.

3.9 Humedad Volumétrica

Se determinó mediante de sensores de humedad tipo sonda, el cual se baja en la medición del retraso de una honda electromagnética enviada a través de un medio de agua, se realizaron cuatro muestras por sistemas, dos en la parte alta y dos en la parte baja con una profundidad de diez cm y veinte cm con un sensor de humedades de suelo modelo MP406.

Cuadro 7. Interpretación de indicadores físicos de suelos

Indicador	Unidad	Interpretación			
		Muy bajo	Bajo	Medio	Alto
Humedad del suelo	%	<15-19	20-24	25-29	>30-34

Fuente: Hillel (1980), adaptado por (Mendoza, 2014)

3.10 Acidez (pH)

La acidez (pH) del suelo definido como el logaritmo inverso de la actividad de iones hidrogeno en la solución del suelo, es una propiedad que tiene influencia directa e indirecta en procesos químicos y biológicos, disponibilidad de nutrientes y en la actividad microbiana. El rango de pH en los suelos oscila entre 4 y 10; el laboratorio de suelos (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA) usa la clasificación propuesta por (Quintana *et al.*, 1983). Cuadro 8

En la práctica, el cambio de una unidad de acidez (pH) representa un cambio de diez veces la cantidad de acidez o basicidad, es decir un suelo con acidez (pH) 6 tiene 10 veces más H⁺ activo que un suelo con acidez (pH) 7. Esto significa que la necesidad de encalar aumenta en forma muy rápida a medida que esta baja. En los rangos extremos aumenta la disponibilidad de ciertos elementos, los cuales llegan a ser perjudiciales para las plantas y micro organismo (Quintana *et al.*, 1983).

El rango de pH de los suelos oscila entre 5 y 7, el óptimo para la mayoría de cultivos oscila entre 6 y 7. Mientras que para la mayoría de microorganismos el rango optimo oscila entre 5 y 8. En este sentido, el pH puede ser un importante parámetro para la relativa predominancia y actividad de diferentes grupos de microorganismos asociados a procesos clave como el reciclaje de nutrientes; por ejemplo, la nitrificación, desnitrificación, está determinado por la presencia de ciertos tipos de bacterias (Quintana *et al.*, 1983).

Cuadro 8 Rangos de pH y su clasificación para Nicaragua.

Rango de pH (H ₂ O)	Clasificación
<4.5	Extremadamente acido
4.6 – 5.2	Muy fuertemente acido
5.2 – 5.6	Fuertemente acido
5.6 – 6.2	Medianamente acido
6.2 – 6.6	Ligeramente acido
6.6 – 6.8	Muy ligeramente acido
6.8 – 7.2	Neutro
7.2 – 7.4	Muy ligeramente alcalino
7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
7.8 – 8.4	Medianamente alcalino
8.4 – 8.8	Fuertemente alcalino
8.8 – 9.4	Muy frecuentemente alcalino
>9.4	Extremadamente alcalino

Fuente: (Quintana, *et al.* 1983).

3.11 Análisis estadístico

La evaluación estadística de los datos obtenidos de las variables en estudios se realizó por medio del análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por la prueba de rangos múltiple de Tukey al 95 % de confiabilidad, corriendo los datos en los programas estadísticos InfoStat versión libre.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Infiltración de agua en el suelo

La infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo. La tasa de infiltración, en la ciencia del suelo, es una medida de la tasa a la cual el suelo es capaz de absorber la precipitación o la irrigación. Se mide en pulgadas por hora o milímetros por hora. Las disminuciones de tasa hacen que el suelo se sature. Si la tasa de precipitación excede la tasa de infiltración, se producirá escorrentía a menos que haya alguna barrera física. Está relacionada con la conductividad hidráulica saturada del suelo cercano a la superficie. La tasa de infiltración puede medirse usando un infiltrómetro.

La infiltración es el proceso de penetración vertical 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).

En el presente estudio, las velocidades o tasa de infiltración de agua en el suelo presentan diferencia significativa ($P > F = 0.0012$; Figura 4 A) entre sistemas de uso de la tierra. Los resultados fueron: 49.18, 19.8, 16.48 y 14.18 pul h⁻¹ (equivalente a los siguientes tiempos de infiltración 1.22, 3.03, 3.64, y 4.23 min pulg⁻¹), para los sistemas, bosque, SAF, tradicional y ASA respectivamente. Observándose tasas muy rápidas en el sistema bosque y rápidas (un poco más lenta) en el sistema ASA. Estos resultados nos indican que el tiempo que tienen de uso las parcelas con sistema que incorporan residuos, (ASA), no alcanza aún los niveles de agregación y formación de canales biológicos que se desarrollan en el sistema de bosque.

Cuando se analiza la velocidad de infiltración de agua en el suelo entre fincas localizadas en diferentes partes del paisaje de la microcuenca Quebrada Arriba, se observan diferencias significativas entre ellas ($P > F = 0.0007$; Figura 4 B). Los resultados fueron: 27.03, 25.97 y 13.16 pul/h (equivalente a 2.22, 2.31, y 4.56 min pulg⁻¹, tiempos de infiltración) para la finca de Federico Cruz, Juan José, y William Aguirre respectivamente. Estos resultados fueron afectados probablemente por la poca profundidad de los suelos y el alto porcentaje de arcilla.

Al comparar los resultados de las velocidades de infiltración de agua en el suelo entre observaciones localizadas en la parte alta y baja de cada parcela, los resultados fueron significativamente diferentes, muy rápidos en la parte alta de las parcelas ($P > F = 0.0004$; Figura 4 C), comparadas con la parte baja que fue más lento (rápida). Los resultados fueron: 29.41 y 14.29 pul h^{-1} ; equivalente a 2.04 y 4.02 min pulg^{-1} , en la parte alta y baja respectivamente. Este resultado puede estar asociado a la presencia de sedimentos finos en la parte baja de las parcelas, que han sido movilizados por la escorrentía superficial y sellando los espacios porosos de la superficie.

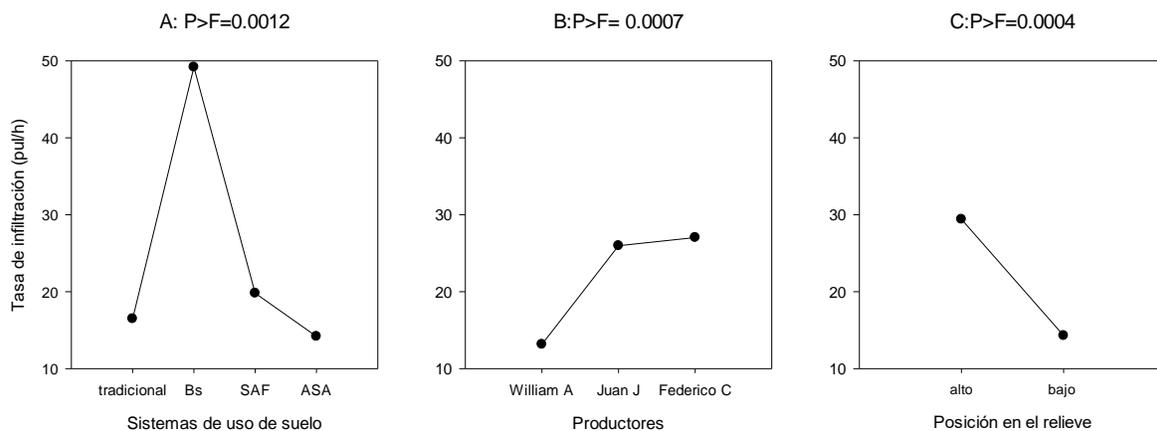


Figura 4. Tasa de infiltración de agua en el suelo. A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.

4.2 Dinámica de la erosión por sistemas de uso, productor y posición

La erosión del suelo consiste en el desprendimiento, transporte y depósito de los materiales que constituyen la capa más superficial del suelo, sea cual sea el agente responsable: agua, viento, hielo, actuaciones humanas, etc. (Schmidt *et al.*, 1982).

La erosión se considera 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 tasa de erosión volumétrica entre sistema de uso de la tierra, (Figura 5 A), es afectada por la forma, posición y gradiente del relieve. Observándose, mayores tasas de depósito de sedimentos en los sistemas de bosque y siembra tradicionales. Las tasas de erosión promedio dentro de las parcelas en forma de depósito fueron; 41.75, 61.56, 86.24, 123.08 t ha⁻¹ a⁻¹, para los sistemas SAF, ASA, Bosque y Tradicional respectivamente. En el bosque probablemente la hojarasca juega un rol de retener sedimentos. En las parcelas con uso tradicional esto está relacionado a su posición en el paisaje que es en la parte baja del relieve. Esta posición tiene que ver con la cercanía a la vivienda y al mayor desarrollo de suelo (profundidad radicular).

Según (FAO 1980) existe una tasa de erosión severa para el sistema SAF y muy severa (un poco más fuerte en las parcelas Bosque, ASA y Tradicional). Estos nos reflejan que el bajo nivel de cobertura, el factor pendiente y el poco uso de obra de conservación son los principales agentes en la dinámica de erosión.

Por otro lado, la tasa de erosión entre fincas o sitios de la microcuenca Quebrada Arriba, fue diferente significativamente (Figura 5 B; $P > F = 0.0005$), con una tasa de erosión promedio de 7.55, 54.15, 172.77 ton ha⁻¹ a⁻¹, para la finca de Don Federico cruz, Juan José y William Aguirre respectivamente. Probablemente, la forma y longitud del micro relieve, afecta la tasa de erosión en forma de depósito en áreas de presionales de cada parcela experimental. Observándose en la finca de Don William cambios abruptos de la gradiente y forma del relieve en cortas distancias, lo cual ofrece mayor detención de sedimentos en las áreas aguas abajo del micro relieve.

Al comparar la tasa de erosión entre las varillas de cada parcela, mostro mayor depósito en la parte baja (Figura 5; C) con valores de 59.81, 96.50 para la parte baja y alta respectivamente. Fenómeno asociado a la reducción de la energía gravitacional que da lugar a mayor depósito en la parte baja del relieve.

Otros estudios en Nicaragua utilizando el método varillas, en suelos volcánicos de la finca El Plantel en Tipitapa, reportan para el cultivo de maíz sembrado en pendiente de 15% una tasa de erosión de 135.70 y en cultivo sin cobertura con una pendiente de 10%, 160.95 ton/ha/año. (Somarriba, 1998). 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⁻¹ a⁻¹, respectivamente, (Corrales, 2001).

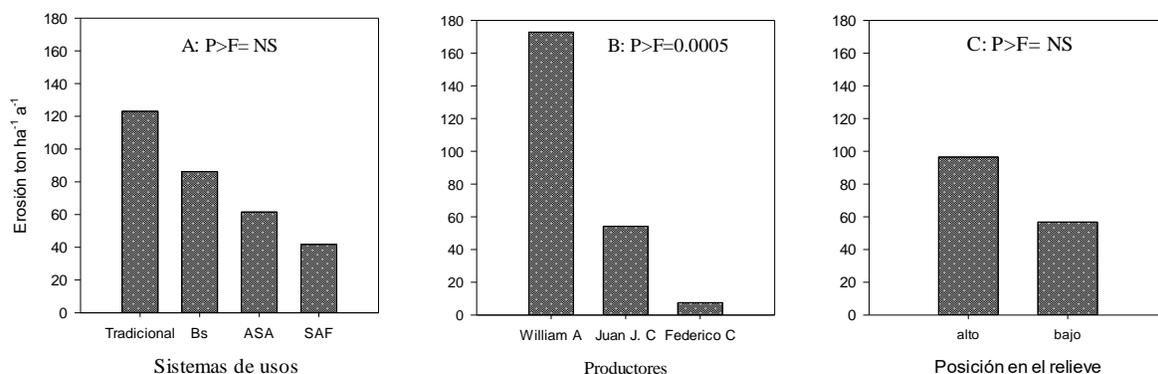


Figura 5. Lámina de erosión (t ha⁻¹ a⁻¹). A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.

4.3 Materia orgánica

Según Suquilanda (2017), el contenido de materia orgánica en el suelo está constituida por residuos de origen vegetal o animal, generados por la actividad agrícola, pecuaria y/o agroindustrial. Mediante los procesos de descomposición físico, químico y biológicos de la materia orgánica estimulados por la humedad, la temperatura, el aire y la actividad de microorganismos, transformándolo en humus en un lapso de 3 a 4 meses.

La falta de materia orgánica reduce la fertilidad de suelo y degrada su estructura, incrementando su estructura y aumentando su compactación, esto nos obliga a adicionar más nutrientes y generar más costos para producir.

En este estudio, los contenidos de materia orgánica en los suelos fueron diferentes significativamente entre sistemas de uso de la tierra, con valores promedios de 2.98, 3.95, 5.36 y 12.75%, para los sistemas; Tradicional, SAF, Bosque y ASA, respectivamente (Figura 6; A). Estos valores son clasificados altos en el sistema Bosques y ASA, mientras que el Tradicional y SAF son medios, Quintana (1992). Este resultado probablemente se debe a la cantidad y tipo de cobertura que presentan estos suelos.

Los contenidos de materia orgánica en los sitios o entre productores tienden a aumentar en las fincas de la parte baja del relieve, con valores altos de 4.62, 5.35 y 8.81 %, para Juan José, Federico Cruz y William Aguirre respectivamente (Figura 6; B). El alto contenido de materia orgánica presente en los suelos permite aumentar la población y variedad de organismo (biodiversidad).

Los contenidos de materia orgánica son ligeramente mayores en la parte alta de los relieves, (Figura 6; C); con valores 7.91, 4.61%. Estos resultados podrían estar asociado de igual manera a la alta presencia de cobertura en la cabecera de los relieves, que dan lugar al arrastre de sedimento cargados de materia orgánica.

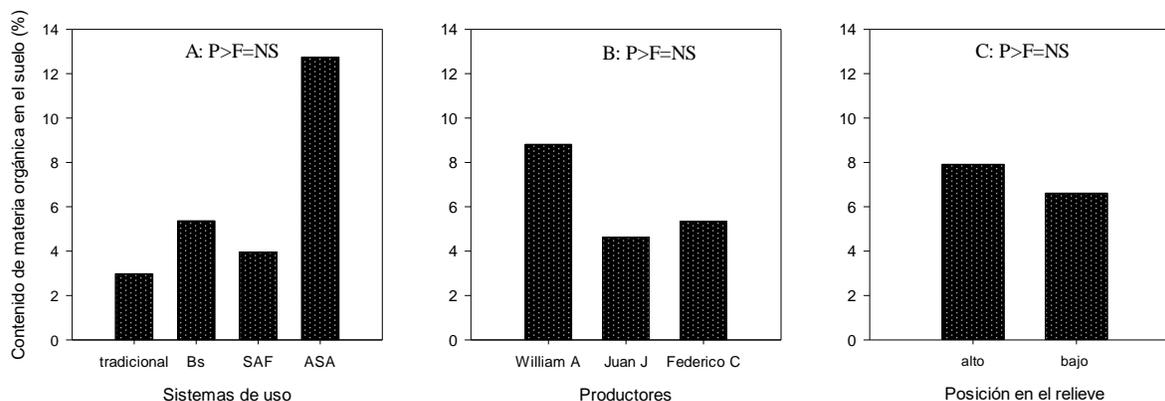


Figura 6. Contenido de materia orgánica en el suelo (%), A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.

4.4 Contenido de arcilla en el suelo

El contenido de arcilla está propiamente relacionado con la textura del suelo, esta es la única fracción del suelo con carga eléctrica por lo que retiene los nutrientes y mucha humedad.

Según los resultados obtenidos en laboratorio de suelo (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria, los contenidos de arcilla fueron ligeramente mayores en el sistema SAF, presentando los siguientes resultados: 32.38, 33.86, 36.40 y 37.46%, para bosque, tradicional, ASA y SAF respectivamente (Figura 7; A). Esto probablemente se debe a la variabilidad de la distribución del suelo en el sitio.

Los contenidos de arcilla fueron altamente significativos entre fincas, con mayores contenidos en la finca del productor Federico Cruz, (42.39% de arcilla), clasificada con una textura arcillosa, los cuales son predisponentes a una rápida saturación. En las fincas de don Juan José y William Aguirre los contenidos fueron de 33.77% 28.91% respectivamente (Figura 7; B), clasificados de franco arcillosa. Esto probablemente se debe a las posiciones que se encuentran los suelos en cada finca, los sedimentos arrastrados, y el tipo de material parental.

Los contenidos de arcilla entre la posición alta y baja de las parcelas fueron muy similares entre cada posición, con valores de 35.35% y 34.70% respectivamente (Figura 7; B).

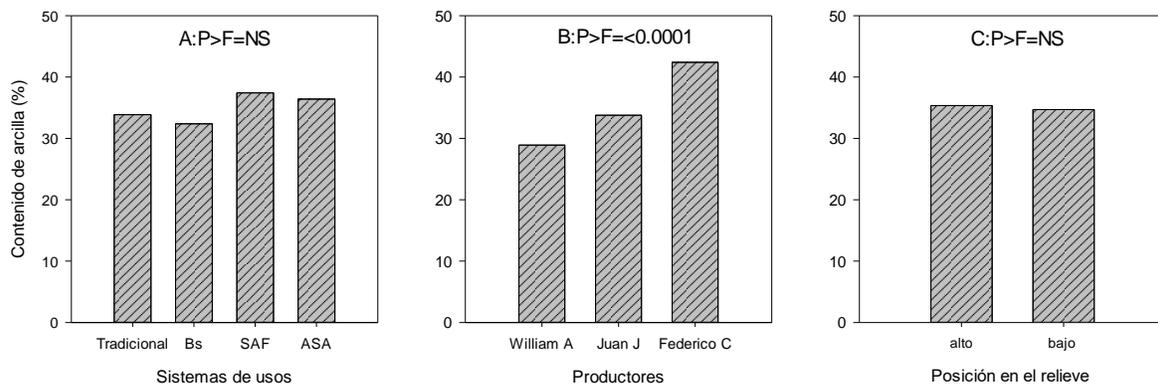


Figura 7. Contenido de arcilla en el suelo (%). A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.

4.5. Capacidad de Campo

La capacidad de campo es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el potencial hídrico del suelo se estabilice.

La capacidad de retener agua en los suelos a nivel de sistemas de uso, y medida a través de la capacidad de campo (CC) en el laboratorio, fue diferente significativamente ($P > 0.0001$ Figura 8 A), con valores promedios de 33.57, 36.44, 38.28 y 39.76 %, para Bosque, Tradicional, ASA y SAF respectivamente. Según (Marrero 2006). La capacidad de retención del agua para suelos franco arcilloso es 30 % y suelos arcillosos 38 %. Los valores encontrados en el sistema SAF de textura arcillosa son mayores a los reportados por Marrero (2006). Esto se debe probablemente, al alto contenido de arcilla en el sistema (Figura 7 A), y también al alto contenido de materia orgánica con rangos mayores del 4 % (figura 4 A).

La retención de humedad expresada en (CC), fue alta y significativamente diferentes entre finca, ($P > 0.0001$; Figura 8 B), con valores promedios de 41.21, 33.48 y 36.36%, para William Aguirre, Federico Cruz y Juan José respectivamente. Este comportamiento, probablemente se debe al alto contenido de materia orgánica, mayor acumulación de arcilla en el relieve y a la cobertura existente en las fincas.

Finalmente, la CC para las distintas posiciones dentro de (INTA, 2017) los sistemas fueron similares, con valores de 37.20 y 36.83 % en la parte alta y bajo respectivamente (Figura 8 C). Es posible que se deba al alto contenido de materia orgánica existente en estos suelos. Esto es confirmado por Gliessman (2002), el cual afirma que cuando se incrementa los contenidos de materia orgánica en el suelo, el agua es atraída con mayor fuerza y que su intensidad está determinada por el tamaño de las partículas y los contenidos de materia orgánica del suelo.

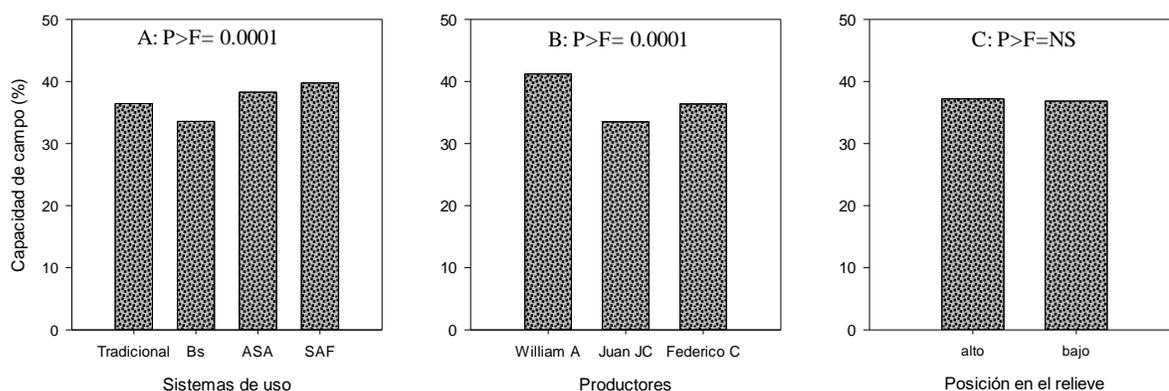


Figura 8. Porcentaje de humedad del suelo a Capacidad de campo. A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.

4.6 Humedad del suelo (volumétrica)

La humedad del suelo es la relación entre el volumen de agua y el volumen total del suelo una vez seco (Marrero, 2006) y esta es uno de las principales componentes que afectan de manera muy determinante en propiedades físicas, tales como la densidad aparente, espacios porosos, compactación, permeabilidad, color de suelo, consistencia a la saturación de agua.

La humedad volumétrica determinada en campo durante la época seca fue afectada por cobertura vegetal presente en cada uso de la tierra, encontrando valores mayores y significativamente diferentes en las parcelas de cultivos tradicionales ($P>F=0.0010$ Figura 9 A), con valores de: 13.83, 21.79, 21.98 y 23.21 para bosque, ASA, SAF y tradicional respectivamente. Estos resultados son clasificados de bajos porcentaje según (Hillel, 1980) cuadro 3. Según la misma fuente, estos bajos resultados de humedad, se deben a las características y condiciones físicas del perfil, la poca profundidad del suelo, el clima y tipo de vegetación. En este estudio los resultados están asociados probablemente a la profundidad de suelo y tipo de cobertura.

La humedad volumétrica del suelo entre fincas localizadas en las diferentes partes del relieve de la microcuenca Quebrada arriba, fueron similares entre sí, (Figura 9 B), con valores de 19.27, 20.33, 21.01% para los productores William A, Juan José y Federico Cruz respectivamente. Estos valores fueron afectados debido a la poca vegetación presente en la microcuenca y la poca profundidad de suelo.

La humedad fue afectada por el factor posición en el relieve ($P > F = 0.0903$; Figura 9 C), con valores de 18.73% en la posición alta y 21.67 % en las posiciones bajas de las parcelas. Esta humedad es afectada probablemente por efecto de la gravedad y la microlocalización de partículas finas de arcilla y materia orgánica, depositadas en las partes bajas del micro relieve.

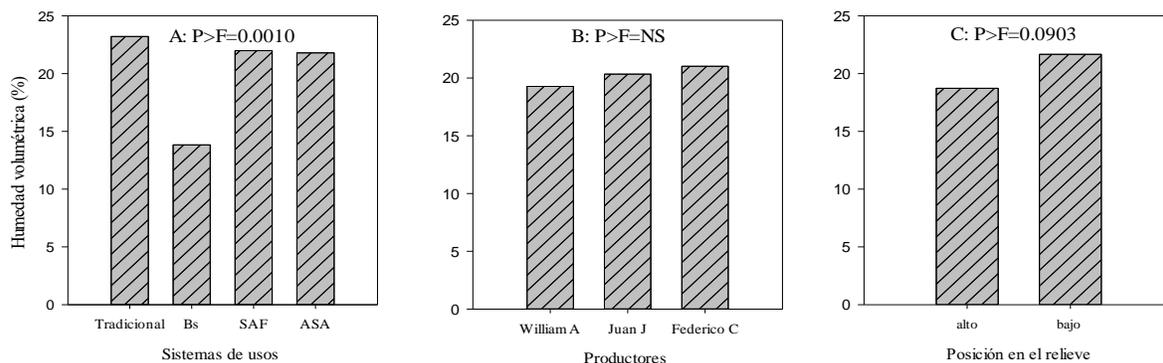


Figura 9. Porcentaje de humedad volumétrica del suelo. A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.

4.7 Acidez (pH) del suelo

El pH (potencial de hidrogeno) determina el grado de absorción de iones (H^+) de las partículas de suelo e indica si un suelo es ácido o alcalino. Es el principal indicador de disponibilidad de nutrientes para las plantas. Influye en la solubilidad, movilidad y disponibilidad de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo (Saquilanda, 2017).

En este estudio, el nivel de acidez (pH) no fue afectado entre sistemas de uso y manejo de suelos (Figura 10 A), con valores de 6.55, 6.70, 6.83, 6.90 para el sistema ASA, Bosque, SAF y tradicional respectivamente. Clasificada la acidez (pH) de ligeramente ácida en los sistemas ASA y Bosque, y neutro en los sistemas SAF y Tradicional (Quintana, et al., 1983). La ligera

mayor acidez en los sistemas SAF y Tradicional, probablemente esté relacionado a su posición en el relieve que es en la parte baja generalmente. En esta posición transcurre mayor humedad de suelo.

Entre fincas se observan valores similares con una tendencia a aumentar en la finca de don Willam Aguirre, la cual se localiza en la parte más baja de la microcuenca, donde probablemente ocurra mayor tasa de evaporación, y las sales podría subir por capilaridad. Los valores encontrados fueron de: 6.51, 6.64, 7.09 para Federico Cruz, Juan José William Aguirre respectivamente (Figura 10 B). Según (Paul & Clark, 1989) citado por (Bender & Conrad, 1995; Killham 1994) el rango óptimo para la mayoría de cultivo oscila entre 6 y 7.

La acidez (pH) no fue afectada por la posición en el relieve, sin embargo, tienden a ser mayores en la parte alta del relieve, lo cual podría explicarse por la geología que presenta cuarzo en la zona. Los valores fueron de 6.66 parte baja y 6.84 parte alta respectivamente. Otra explicación probable es que la acidez (pH), se puede ver afectados por el bajo porcentaje de humedad en la microcuenca (Figura 10 C) y la precipitación.

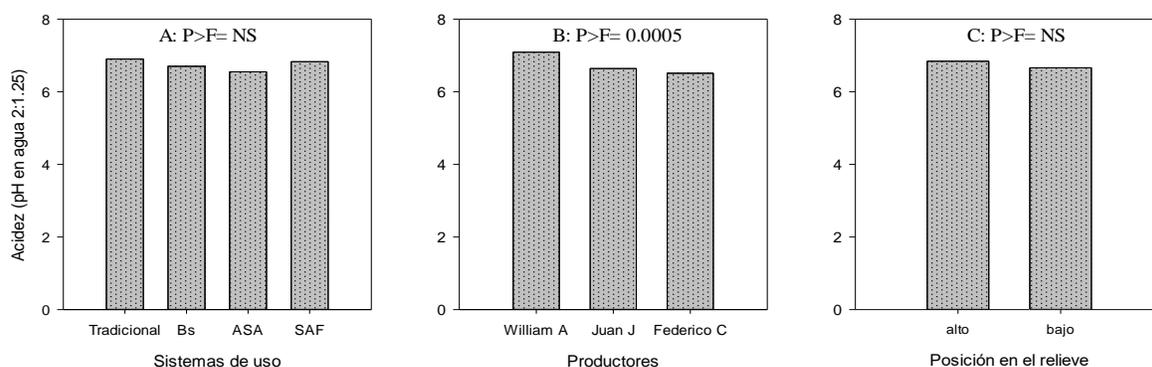


Figura 10. pH en el suelo. A; nivel de sistemas, B; productores y C; posición en el relieve. Quebrada Arriba, Yalaguina, Madriz 2017.

4.8 Análisis multivariado

Basado en cuarenta y ocho datos para evaluar el efecto de los sistemas ASA, SAF, Bosque y sistema tradicional, sobre las propiedades hidrofísicas (infiltración de agua en el suelo, capacidad de campo, contenido de arcilla, materia orgánica y tasa de erosión), Cuadro 7 el estudio identificó significativa y positivamente asociación entre las propiedades contenido de arcilla y la retención de humedad (CC), ($P > F = 0.0198$; $r^2 = 0.98$).

Cuadro 9. Correlación múltiple entre cinco indicadores hidrofísicas de suelo. Datos muestreados en 2017 en 3 fincas de la micro cuenca Quebrada Arriba, Yalaguina. La fila en el valor superior representa el coeficiente de correlación y el valor en la parte baja representa la probabilidad.

Indicadores	Infiltra (min/pul)	CC (%)	Arcilla (%)	MOS (kg/t/ha)	E (-) (t/ha/año)
Infiltra (min/pul)	1				
CC (%)	0.71 NS	1			
Arcilla (%)	0.63 NS	0.98 0.0198	1		
MOS (kg/t/ha)	0.43 NS	0.19 NS	0.31 NS	1	
E (-) (t/ha/año)	0.20 NS	-0.21 NS	-0.40 NS	-0.59 NS	1

* Coeficiente de correlación - “r”

** El valor de la probabilidad - P

El análisis de asociación y variabilidad de las propiedades hidrofísicas son representados en el análisis de componente principal el CP1 (56.5% de la varianza) (Figura 11). El cual explica que la retención de humedad asociada a los contenidos de arcilla es influenciada por los sistemas de uso con mayor cobertura vegetal, tales como los SAF y sistemas ASA. Fenómeno que no ocurre en las áreas boscosas, por estar localizadas en las partes más altas del relieve con suelos superficiales y manejados con pastoreo de ganado.

Por otro lado, observando el análisis de asociaciones en el CP2 (27.9% de la varianza), donde las propiedades erosión y contenido de MOS representan el mayor peso del componente, explican que el uso de la tierra con menor cobertura vegetal (sistema tradicional) es más vulnerable a ser degradado.

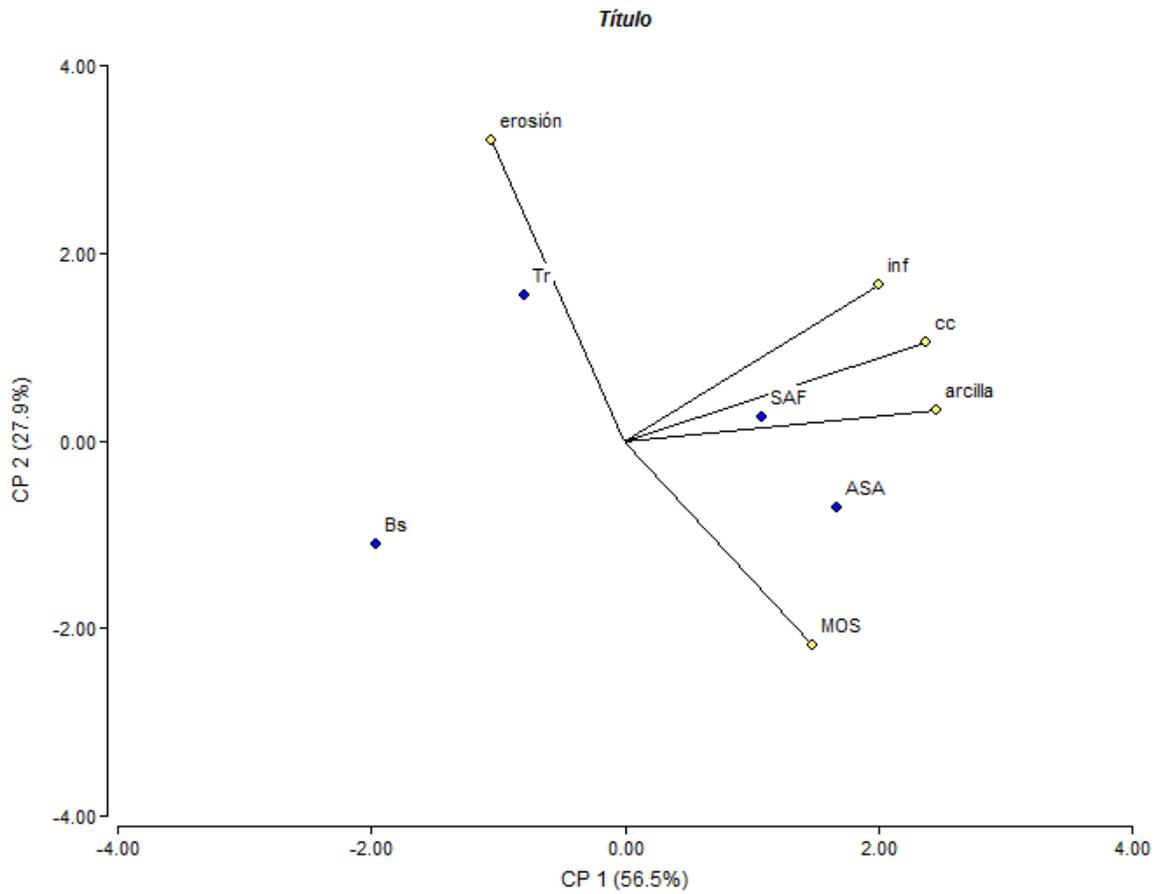


Figura 11. Análisis de los componentes principales, presentado en el primer plano principal del primer y segundo componente de las propiedades hidrofísicas de los suelos de la micro cuenca Quebrada Arriba, bajo cuatro sistemas de manejo de suelo (Bs, ASA, SAF y Tr). Análisis basado en 48 datos de muestreo, Yalagüina, Nicaragua, 2017.

V. CONCLUSIONES

Los sistemas con cobertura muerta proveniente de cultivos y arboles (SAF), y rastrojos sobre el suelo (ASA), presentan mayores porcentajes de retención de humedad, y contenidos de materia orgánica, sin embargo, esta tendencia no se observó en el sistema bosque, debido a la ubicación en la parte alta del relieve de la microcuenca, y probablemente al poco espesor de suelo y pastoreo de ganado.

La humedad volumétrica en los suelos mostró un aumento del 2.94% de humedad en los suelos localizados en la parte baja de las toposecuencias, fenómeno asociado a la acumulación de sedimentos finos en las partes bajas del micro relieve.

Los sistemas más vulnerables a ser degradados por la erosión hídrica laminar y la pérdida de materia orgánica, son los que presentaron menor cobertura vegetal (sistema tradicional), fenómeno que confirma la necesidad de promover sistemas de cultivos con mayor cobertura como los sistemas ASA y agroforestales.

VI. RECOMENDACIONES

Es necesario aplicar el método de combustión seca para medir diferentes fracciones del contenido de materia orgánica en los suelos, cuando se evalúan manejos de suelos incorporando coberturas de rastrojos y plantas sobre la superficie de los suelos.

VII. LITERATURAS CITADA

- Alonso J, Sampaio R, Febles G, Achang G. 2007. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente Revista Ciencias Agrícolas, Cuba San José de las Lajas. La Habana, 189-192 pp.
- Altieri, M. 1995. Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Process, Boulder.
- Antunez, A; Felmer, S; Vidal, M; Morales, R. Propiedades Físico-Hídricas en el cultivo de maíz grano, UR. 20 pp.
- Bendaña, G. 2012. Agua, Agricultura y Seguridad Alimentaria en las zonas secas de Nicaragua. NI. 290 pp.
- Bender, M. H., Cameron, K.C., Williams, P.H., and Doscher, C., 1997. Soil Quality Monitoring for Sustainable Agriculture. Proc. 5th N.Z Plants Protection Conf. 520-528. NZ. Plant Protection Soc.
- Bioenciclopedia. 2011. biblioteca virtual sin fines de lucro y referencias privadas. Texto de bosques y clasificación.
- Cairo P. 1982. Relaciones entre la materia orgánica y las propiedades estructurales de los suelos. Centro Agrícola, 9(2):73-9. 1986. Evaluación Físico-Química de los suelos (Curso de Post-Grado). Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA), Escuela de Ciencias Básicas, Departamento de Suelos y Aguas. Mimeografiado. Managua, Nicaragua.
- Cairo, P. 1995. La fertilidad física del suelo y la agricultura orgánica del trópico (Curso de posgrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- 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.
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuario y Forestal (CENTA), 2013. Riego por goteo. San Salvador, Salv.98p.
- Doran, J.W. y Parkin, T.B. (1994). Defining and assessing soil quality. In: JW Doran; DC Coleman; DF Bezdicek & BA Stewart (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Special Publication N° 35. Wisconsin, USA.

- ECAF (European Conservation Agriculture Federation).2012. International Technical Workshop organized by Repors S201 IT 68P
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. Biological management of soil ecosystems for sustainable agricultura. Report. International
- FAO - Lempira, 2005. Informe final; El Sistema Agroforestal Quesungual: Una opción para el manejo de zona seca de ladera 50p.
- FAO, 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. FAO-PNUMA-UNESCO. 86 p.
- FAO. (1984). Land evaluation for forestry forestry paper. Rome: FAO.
- Fitz Patrick, E. 1978. Suelos su formación clasificación y distribución. Editorial CONTENCV. México. 430 pp
- Forsythe, W. 1980. Física de suelos, Manual de laboratorio. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica 1980.
- Gardi, C; Angelini, S; Barceló, J; Comerma, C; Cruz, G; Encina R; Jones, P; Krasilnikov, S; Mendonça, M; Montanarella, O; Muñiz U;. Schad, M; Vara R. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. Luxemburgo.123 pp.
- Gliessman S.R. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en la agricultura sostenible Recuperado de <https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/agroecología-procesosecológicos-en-la-agricultura-sostenible-stephen-r-gliessman.pdf>.
- Giraldez A.J., Cinalli R.M., Glasner M.E., Enright A.J., Thomson J.M., 2003. Baskerville S., Hammond S.M., Bartel D.P., and Schier A.F. MicroRNAs regulate brain morphogenesis in zebra fish. Science 308 pp.
- Hernández A; Ascanio M; Morales M; Bojórquez J; García N; García D. 2006 Fundamentos de la formación del suelo, cambios globales y su manejo. Editorial Universidad Autónoma de Nayarit, MX, 15-25 pp.
- Hillel, D., 1980. Fundamentals of soil physics. Academic Press, Inc(London) Ltd., ISBN:0-12-348560-6 pp 413 pp.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2006). *Estudio del suelo del departamento de Madriz*. Obtenido de http://www.ineter.gob.ni/Ordenamiento/files/suelos_madriz.pdf

- INETER. 2017. *Instituto Nicaraguense de estudio territorial*. Obtenido de Vigilancia de metereologia: www.ineter.gob.ni/index2.html
- INIFON. 2017. Instituto Nicaragüense de fomento municipal (. *Estudio de factibilidad economica en el municipio de Yalaguina departamento de Madriz*. Obtenido de [http://www.inifom.gob.ni/Ordenamiento/Factibilidad madriz.pdf](http://www.inifom.gob.ni/Ordenamiento/Factibilidad%20madriz.pdf).
- Killham, K.,1994. "Soil Ecology".. p. 24-28. Cambridge Uni. Press. Cambridg, UK.
- Kort,J., and Turnock, R., 1999. Carbon reservoir and biomass in Canadian praire shelterbelts. *Agroforestetry system* 44: 175-186
- Mantagnini, F; Bermudes D. 1992. *Sistemas agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos*. Organización para Estudios Tropicales. San José, CR. 622 pp
- Mármol, I. (2006). *Introducción al manejo de Cuencas Hidrográficas y*. En I. Mármol, Cátedra de Manejo de Cuencs Hidrográficas (pág. 50). Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Marrero, E. 2006. *Unidad II De Régimen de riego*, Universidad Nacional Agraria Managua, NI. 50 pp.
- Mendoza, C. R. B., 2014. *Guía para el uso de indicadores de calidad de suelo*. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua.
- Mendoza, M.E., Tinoco, R. 1994. *Evaluación de terraza de bordo y cultivos en curvas a nivel por el método clavos y rondanas*. IRENA, SUWaR, PASOLAC. Managua, Nicaragua. p. 41.
- Mendoza, R. (2014). *Guia para el uso de indicadores de calidad de suelo*. UNA , Managua . Managua: UNA .
- Mendoza , R. B., & Ezpinoza, A. (2017). *Guia tecnica para Muestras de suelo*. S.N., 52.
- Montiel N. 2000. *Bases del enfoque ecosistémico para la restauración ambiental*. Instituto Nacional de Ecología, UNAM, Morelia, Michoacán MX.
- Narro, E., 1994. *Física de suelos con enfoque agrícola*. Editorial México Trillas UAAAN 1994, 156p
- Oldeman IR; Van W; Pulles R. 1990. *The extent of human induced soil degradation*. ISRIC, Wageningen. The Netherlands, 34 pp.

- PAA-NIC. (1994). Plan de Acción Ambiental de Nicaragua. MEDE, MARENA, Managua, Managua.
- PASOLAC, 2005 Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Manual de Métodos sencillos para estimar erosión hídrica. Basado en experiencias nacionales. Managua, Nicaragua. P.61
- Pla, I., 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Alcance N° 32. Facultad de Agronomía, UCV-Maracay (Venezuela). 91 p
- Quintana ,J. O.; Blandón, J.; Flores, A.; Mayorga, E. 1983. Manual de Fertilidad para los suelos de Nicaragua. Editorial Primer Territorio Indígena Libre de América Ithaca, Nueva Yor. Residencial Las Mercedes N° 19-A. Managua, Nicaragua. 60p.
- Quintana, J. O.,1992. Manual de fertilidad para los suelos de Nicaragua. Editorial primer territorio Indígena libre de América, New York. Residencial las Mercedes N°19-A Managua Nicaragua.
- Sánchez, P. 1981. Suelos del Trópico. Características y manejo. Editorial del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, CR. 634 pp.
- Somarriba, M. 1989. Planificación conservacionista de la finca el plantel. Trabajo de diploma. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua-Nicaragua. p. 40
- Soriano, A. 2017. Descripción general de la especialización en manejo sistemas agroforestales, Buenos Aires, AR, 100 pp.
- Suquilanda Valdidesco, M. (2017). Manual Agroecologico de suelo. MAGAP.Quito,Ecuador. Recuperado de <http://balcon.magap.gob.ec>.
- Vieira, S. R., Hatfield, J. L., Nielsen, D. R. and Biggar, J. W. (1983). Geoestatistical theory and application to variability of some agronomical properties. Hilgardia, Berkeley, 51 (3): 1-75.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1946. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63:251-263.
- Zanches, M. (s.f.). *Erosión superficial o laminar*. Obtenido de AEFA20: <https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/erosion-superficial-o-laminar>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Extracción de muestra de suelo para análisis de densidad aparente.



Anexo 2. Prueba de velocidad de infiltración.



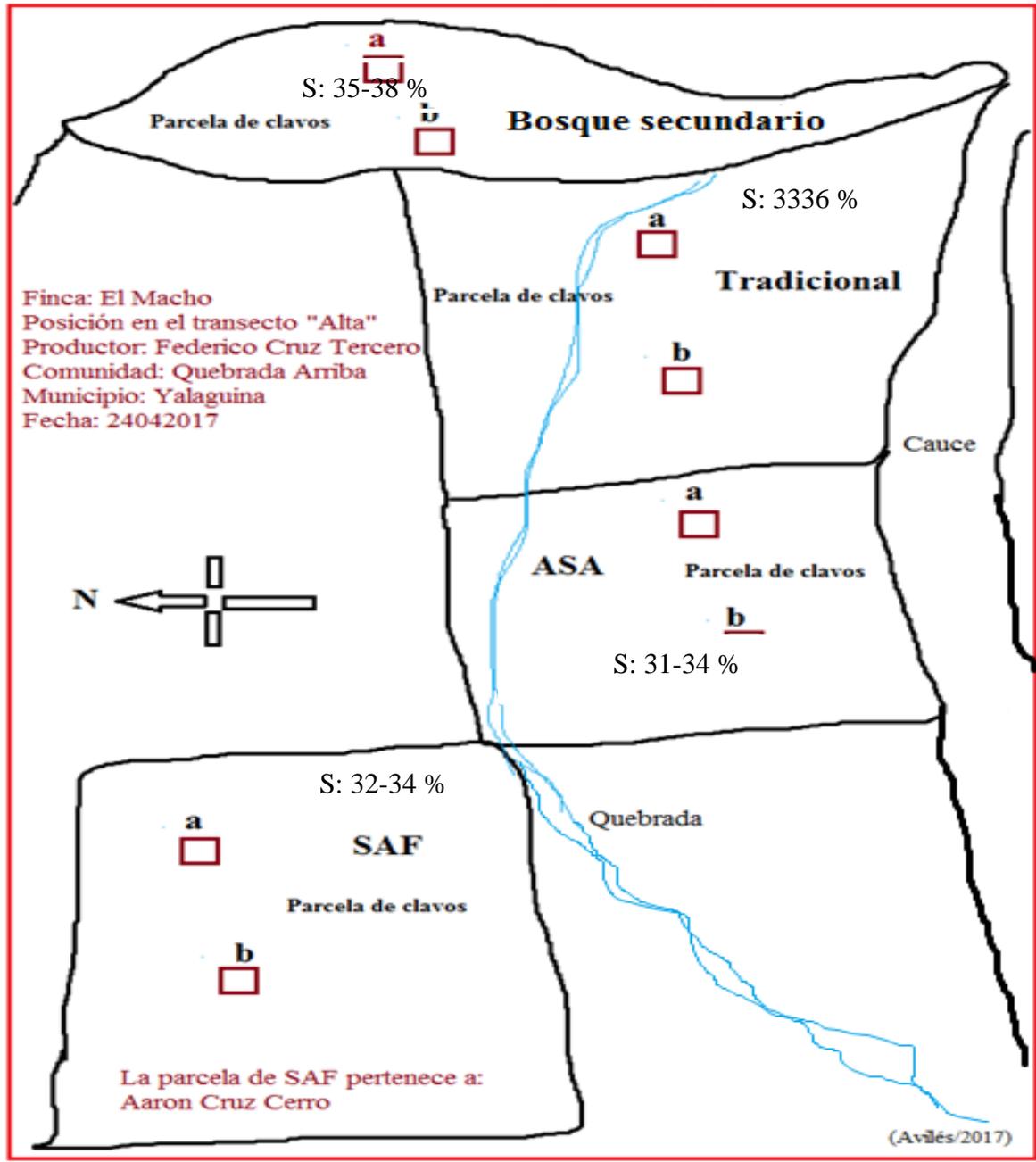
Anexo 3. Relieve de la microcuenca.



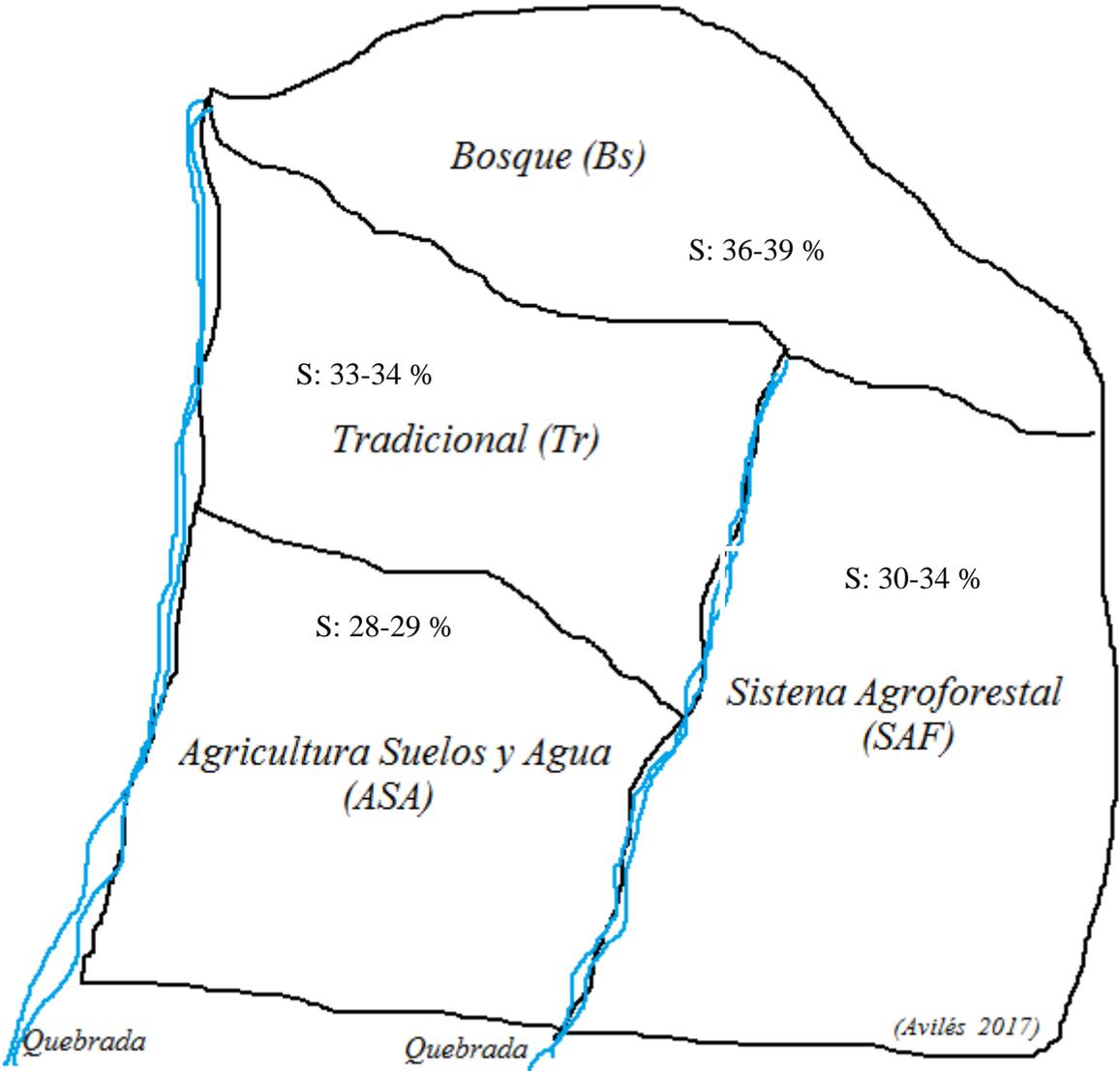
Anexo 4. Instalación de clavos para medir erosión



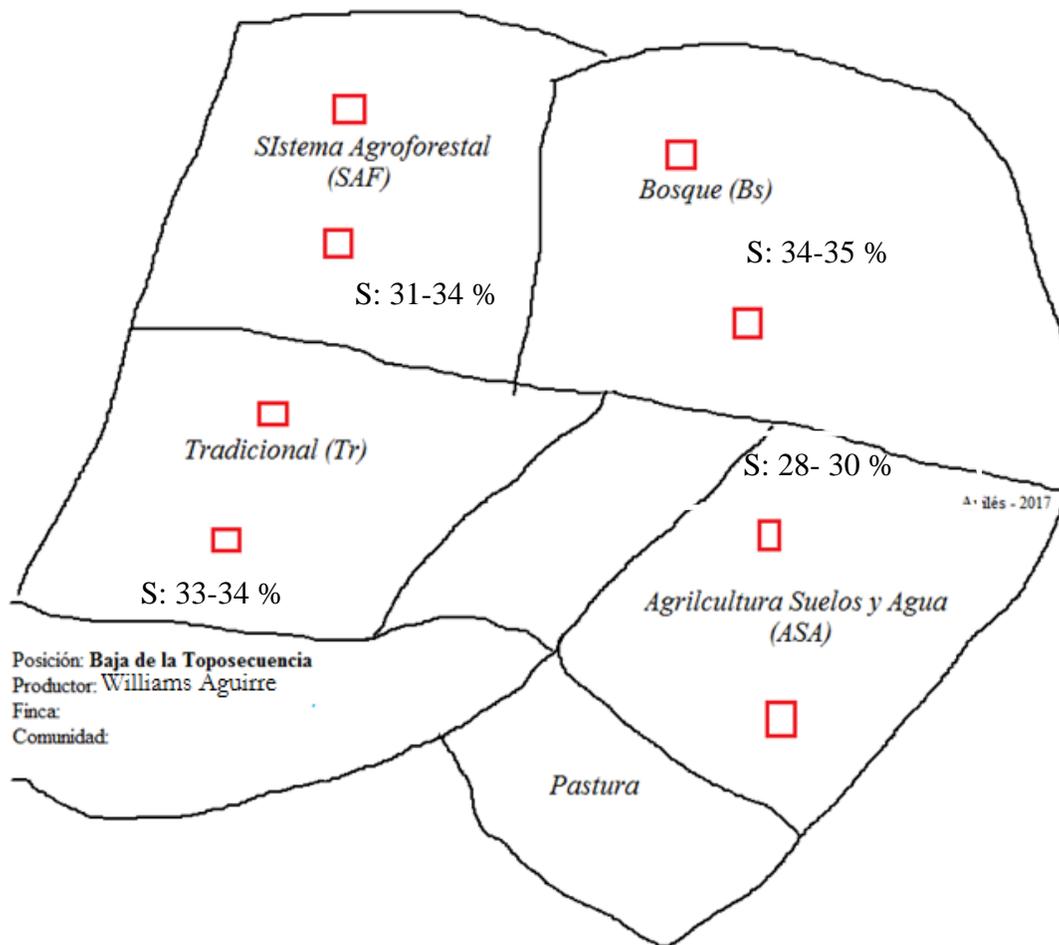
Anexos 5. Croquis la finca “El Macho” de don Federico Cruz Tercero, monitoreo de infiltración y retención de humedad en la comunidad de Yalaguina, municipio de Madriz.



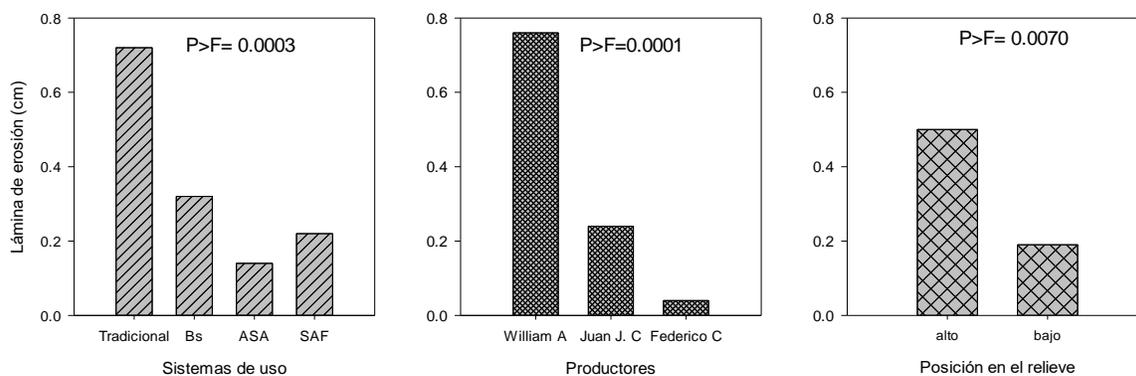
Anexo 6. Croquis la finca de don Leonel Rodríguez, Comunidad Quebrada Arriba, parte media del relieve, monitoreo de infiltración y retención de humedad en Yalaguina, municipio de Madriz.



Anexo 7. Croquis la finca de don William Aguirre, Comunidad Quebrada Arriba, parte baja del relieve, monitoreo de infiltración y retención de humedad en Yalaguina, municipio de Madriz.



Anexo 8. Erosión laminar expresada en cm



Anexo 9. ANDEVA de velocidad de infiltración.

C:\Users\EMILIO\Documents\CRS\UNA ASA CRS 2018\CRS Project 2018'

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
inf	48	0.60	0.53	59.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	189.22	7	27.03	8.45	<0.0001
finca	56.30	2	28.15	8.80	0.0007
trt	61.40	3	20.47	6.40	0.0012
posición	47.34	1	47.34	14.80	0.0004
lámina	24.18	1	24.18	7.56	0.0089
Error	127.93	40	3.20		
Total	317.16	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.27792

Error: 3.1984 gl: 40

finca	Medias	n
Federico R	2.22	16 A
Juan Jose	2.31	16 A
William A	4.56	16 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.47561

Error: 3.1984 gl: 40

trt	Medias	n
bosque	1.22	12 A
SAF	3.03	12 B
tradicional	3.64	12 B
ASA	4.23	12 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

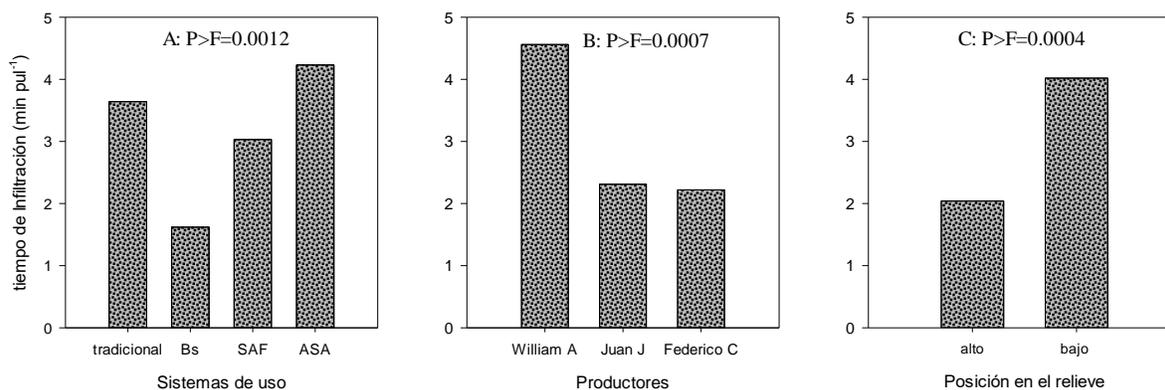
Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.04341

Error: 3.1984 gl: 40

lámina	Medias	n
1.00	2.32	24 A
2.00	3.74	24 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Anexo 10. Tiempo infiltración de agua en el suelo expresada en min pul^{-1}



Anexo 11. ANDEVA de dinámica de erosión.

C:\Users\EMILIO\Documents\CRS\UNA ASA CRS 2018\CRS Project

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Erosion	240	0.06	0.03	472.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39.07	6	6.51	2.41	0.0278
Finca	21.61	2	10.80	4.01	0.0195
Sistema	11.78	3	3.93	1.46	0.2272
Posicion	5.67	1	5.67	2.10	0.1483
Error	628.33	233	2.70		
Total	667.40	239			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.51156

Error: 2.6967 gl: 233

Finca	Medias	n
Federico C	0.04	80 A
Juan J.Cruz	0.24	80 A
William A	0.76	80 B

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.59070

Error: 2.6967 gl: 233

Sistema	Medias	n
ASA	0.14	60 A
SAF	0.22	60 A
Bosque	0.32	60 A
tradicional	0.72	60 A

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.41769

Error: 2.6967 gl: 233

Posicion	Medias	n
baja	0.19	120 A
alta	0.50	120 A

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

Anexo 12. ANDEVA de capacidad de campo (CC)

C:\Users\EMILIO\Documents\CRS\UNA ASA CRS 2018\CRS Project 2018\

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
cc	48	0.86	0.77	6.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	890.35	19	46.86	9.24	<0.0001
finca	488.47	2	244.23	48.14	<0.0001
trt	255.72	3	85.24	16.80	<0.0001
posición	1.61	1	1.61	0.32	0.5782
prof	1.52	1	1.52	0.30	0.5886
finca*trt	102.47	6	17.08	3.37	0.0126
finca*trt*posición	40.56	6	6.76	1.33	0.2760
Error	142.06	28	5.07		
Total	1032.41	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.63129
 Error: 5.0737 gl: 28

finca	Medias	n	
Juan Jose	33.48	16	A
Federico R	36.36	16	B
William A	41.21	16	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.88366
 Error: 5.0737 gl: 28

trt	Medias	n	
bosque	33.57	12	A
tradicional	36.44	12	B
ASA	38.28	12	B C
SAF	39.76	12	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.33195
 Error: 5.0737 gl: 28

posición	Medias	n	
bajo	36.83	24	A
alto	37.20	24	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Anexo 13. ANDEVA de porcentajes de arcilla en el suelo.

C:\Users\EMILIO\Documents\CRS\UNA ASA CRS 2018\CRS Project 2018'

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
arcilla	48	0.80	0.66	17.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3931.84	19	206.94	5.83	<0.0001
finca	1492.30	2	746.15	21.01	<0.0001
trt	193.98	3	64.66	1.82	0.1662
posición	5.16	1	5.16	0.15	0.7059
prof	49.65	1	49.65	1.40	0.2469
finca*trt	1718.44	6	286.41	8.07	<0.0001
finca*trt*posición	472.32	6	78.72	2.22	0.0710
Error	994.20	28	35.51		
Total	4926.04	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.31548

Error: 35.5072 gl: 28

finca	Medias	n	
William A	28.91	16	A
Juan Jose	33.77	16	B
Federico R	42.39	16	C

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.98309

Error: 35.5072 gl: 28

trt	Medias	n	
bosque	32.38	12	A
tradicional	33.86	12	A B
ASA	36.40	12	A B
SAF	37.46	12	B

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.52358

Error: 35.5072 gl: 28

posición	Medias	n	
bajo	34.70	24	A
alto	35.35	24	A

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

Anexo 14. ANDEVA de porcentajes de materia orgánica.

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=12.64603

Error: 234.9063 gl: 40

trt	Medias	n	
Tr	2.98	12	A
SAF	3.95	12	A
Bs	5.36	12	A
ASA	12.75	12	A

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=8.94209

Error: 234.9063 gl: 40

Posición	Medias	n	
b	4.61	24	A
a	7.91	24	A

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=8.94209

Error: 234.9063 gl: 40

Prof	Medias	n	
10.00	4.56	24	A
20.00	7.95	24	A

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=12.64603
 Error: 234.9063 gl: 40

trt	Medias	n
Tr	2.98	12 A
SAF	3.95	12 A
Bs	5.36	12 A
ASA	12.75	12 A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=8.94209
 Error: 234.9063 gl: 40

Posición	Medias	n
b	4.61	24 A
a	7.91	24 A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=8.94209
 Error: 234.9063 gl: 40

Prof	Medias	n
10.00	4.56	24 A
20.00	7.95	24 A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Anexo 15. ANDEVA de niveles de pH.

Nueva tabla: 30/11/2018 - 01:11:01 p.m.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ph	48	0.40	0.30	5.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.18	7	0.60	3.82	0.0029
Posición	0.40	1	0.40	2.58	0.1160
Prof	2.7E-03	1	2.7E-03	0.02	0.8961
trt	0.85	3	0.28	1.81	0.1600
Finca	2.92	2	1.46	9.35	0.0005
Error	6.25	40	0.16		
Total	10.43	47			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.23060
 Error: 0.1562 gl: 40

Posición	Medias	n
b	6.66	24 A
a	6.84	24 A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.23060
 Error: 0.1562 gl: 40
 Prof Medias n

10.00	6.74	24	A
20.00	6.76	24	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.32612
 Error: 0.1562 gl: 40
 trt Medias n

ASA	6.55	12	A
Bs	6.70	12	A B
SAF	6.83	12	A B
Tr	6.90	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.28243
 Error: 0.1562 gl: 40

Finca	Medias	n	
Federico cruz	6.51	16	A
Juan Jose	6.64	16	A
William Aguirre	7.09	16	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Anexo 16. ANDEVA de dinámica de erosión en (ton ha⁻¹ a⁻¹)

Nueva tabla_1: 30/11/2018 - 01:20:59 p.m.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ton/ha	160	0.12	0.09	328.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	994925.26	6	165820.88	3.57	0.0025
Finca	735829.03	2	367914.52	7.91	0.0005
Sistema	158911.30	3	52970.43	1.14	0.3353
Posicion	53083.65	1	53083.65	1.14	0.2870
Error	7115329.11	153	46505.42		
Total	8110254.37	159			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=84.22725
 Error: 46505.4190 gl: 153

Finca	Medias	n	
Federico C	7.55	76	A
Juan J.Cruz	54.15	41	A
William A	172.77	43	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=95.56013

Error: 46505.4190 gl: 153

Sistema	Medias	n
SAF	41.75	43 A
ASA	61.56	40 A
Bosque	86.24	33 A
tradicional	123.08	44 A

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

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=67.49212

Error: 46505.4190 gl: 153

Posicion	Medias	n
baja	59.81	73 A
alta	96.50	87 A

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

Anexo 17. Análisis multivariado

Nueva tabla: 13/12/2018 - 01:25:29 p.m.

Análisis de componentes principales

Datos estandarizados

Matriz de correlación/Coeficientes

	inf	cc	arcilla	MOS	erosión
inf	1.00				
cc	0.71	1.00			
arcilla	0.63	0.98	1.00		
MOS	0.43	0.19	0.31	1.00	
erosión	0.20	-0.21	-0.40	-0.59	1.00

Matriz de correlación/Probabilidades

	inf	cc	arcilla	MOS	erosión
inf					
cc	0.2890				
arcilla	0.3686	0.0198			
MOS	0.5725	0.8059	0.6923		
erosión	0.7992	0.7930	0.6034	0.4120	

Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	2.82	0.56	0.56
2	1.40	0.28	0.84
3	0.78	0.16	1.00
4	0.00	0.00	1.00
5	0.00	0.00	1.00

Autovectores

Variables	e1	e2
inf	0.46	0.38
cc	0.55	0.24
arcilla	0.56	0.08
MOS	0.34	-0.50
erosión	-0.24	0.73

Anexo 18. Grafica de análisis multivariado entre finca y propiedades físicas y hidrofísicas

