

**DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS DE MANEJO DEL SUELO EN UN SISTEMA
PRODUCTIVO Y PLANTACIÓN DE ÁRBOLES USANDO UN MINISIMULADOR
DE LLUVIA, ALTIPLANO DE PASTO.**

JIMMY ANDRÉS ORTEGA MONTENEGRO

JAIRO SARASTY BRAVO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

SAN JUAN DE PASTO - COLOMBIA

2015

**DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS DE MANEJO DEL SUELO EN UN SISTEMA
PRODUCTIVO Y PLANTACIÓN DE ÁRBOLES USANDO UN MINISIMULADOR
DE LLUVIA, ALTIPLANO DE PASTO.**

JIMMY ANDRÉS ORTEGA MONTENEGRO

JAIRO SARASTY BRAVO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de:

INGENIERO AGROFORESTAL

Presidente de Tesis:

JESÚS CASTILLO FRANCO I.A, Ph. D

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

SAN JUAN DE PASTO - COLOMBIA

2015

“Las ideas y conclusiones aportadas en este Proyecto de Trabajo de Grado, son de responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre de 1966 emanado del Honorable Consejo Superior de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma Presidente

Firma Jurado

Firma Jurado

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a Dios y Nuestras Familias por su apoyo durante toda nuestra carrera

A Jesús Antonio Castillo, I.A, PhD, presidente de Tesis

Al Señor Francisco Matabanchoy, Don Roberto, David Juansasoy y a toda la comunidad de la Vereda la Alianza, Buesaquillo, por su amable colaboración en la zona de estudio.

A Álvaro Argoty, Richard Argoty y Edgar Lozano por su colaboración en el diseño y construcción de los equipos

A la Universidad de Nariño, A la Facultad de Ciencias Agrícolas, al Programa de Ingeniería Agroforestal y Laboratorios Especializados

Y a todas las personas que de una y otra forma nos colaboraron y apoyaron en el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

Quiero agradecer y dedicar este trabajo a Dios, fuente de todo bien, por permitirme el suficiente entendimiento para llegar a este punto de mi vida, por concederme la salud, el bienestar y conciencia para discernir lo bueno que he recibido, pues sin ello, no podría darme esta oportunidad de reconocer su presencia a través de seres admirables en mi historia personal.

De igual manera quiero hacer un humilde reconocimiento a mis padres Myriam del Rocio Montenegro y Ever Alfredo Ortega, por su constante apoyo, sacrificio y dedicación; A mis Hermanos Camilita Ortega y Samuelito Ortega, por su paciencia, sus consejos y su amor; ya que ustedes mi familia querida, siempre han sido y serán mi inspiración y mi fortaleza para alcanzar y continuar en el camino a la culminación de mis sueños y metas.

A Jennyfer Guerrero, por ser mi apoyo, mi consejera y la alegría de mis días, por su confianza, su cariño y sincero amor, “mi inspiración”, de igual manera a su estimada y recordada familia.

A mis queridas y recordadas Abuelitas, Martha García, Teresa Rodríguez, María Rodríguez y Magolita Jiménez, por lo que fueron en mi formación como una persona de valores y virtudes, mi Dios las tenga en su descanso eterno.

A Edison Castillo, Elianita Benavides, Katherine Ramos, Richard Argoty, Cristina Jojoa, Edwin Pantoja, mis compañeros y amigos más valiosos, por su cariño, apoyo, respeto y las inolvidables experiencias a lo largo de este maravilloso camino.

A mi compañero de tesis y amigo Jairo Sarasty, por su dedicación, consejo y perseverancia en cada una de las actividades y obstáculos que con mucho esmero pudimos superar.

A mis Familiares por su aprecio y apoyo en tiempos difíciles, cuyo afecto resulta invaluable por la situación de la primacía de la unidad familiar.

A Jesús Antonio Casillo, admirable persona de quien me siento orgulloso en conocer por su calidad humana y profesional, su consejo, apoyo incondicional y su dedicación.

A todos mis más sinceros agradecimientos, reciban de mi parte, pues en el momento en que las palabras suficientes para expresar lo que el alma desea, estas faltan, simplemente queda decir aquello que por su significado extenso y sin límite es, GRACIAS.

Jimmy Andrés Ortega Montenegro

DEDICATORIA

Quiero agradecer a Dios, por la salud, la vida y el bienestar brindado, por ser el impulso de mí día a día y permitirme alcanzar un logro mas en mi vida.

A mi recordada Madre, que está en el cielo, por haber sido y ser mi constante motor, inspiración y fortaleza para continuar alcanzando mis sueños y cumplir mis metas.

A mi Padre, por su amor, consejo, sacrificio y apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mi hermana Sonia y mi hermano Roberth, quienes han sido mi inspiración para ser mejor cada día y servirles de ejemplo y apoyo en la consecución de nuestros sueños.

A mis sobrinitos Matias, Lina y Juan Jose, a quienes adoro y llenan mi vida de alegrías cada día, por los cuales seguiré luchando y consiguiendo muchos más logros.

A toda mi familia por su incondicional apoyo en todo momento, en especial a mi tía Deyanira y mi primo Hugo Daniel Sarasty, por hacer parte de este éxito.

A Jesús Antonio Casillo, admirable persona de quien me siento orgulloso en conocer por su calidad humana y profesional, su consejo, apoyo incondicional y su dedicación, a la universidad de Nariño y la Facultad de Ciencias Agrícolas por todo lo aprendido y que fueron los pilares de mi formación como profesional.

Y a todas las personas que desinteresadamente me ayudaron a culminar mi carrera profesional.

Jairo Sarasty Bravo

DIAGNOSTICO DE PROBLEMAS DE MANEJO DEL SUELO EN UN SISTEMA PRODUCTIVO Y PLANTACIÓN DE ARBOLES USANDO UN MINISIMULADOR DE LLUVIA, ALTIPLANO DE PASTO.

DIAGNOSTICS OF SOIL MANAGEMENT PROBLEMS IN A PRODUCTIVE SYSTEM AND TREE PLANTATION USING A MINIATURE RAIN SIMULATOR, PLATEAU OF PASTO

Jairo Sarasty Bravo ¹; Jimmy Andrés Ortega ²; Jesús Antonio Castillo ³.

RESUMEN

Este estudio se realizó al Sur-Oriente del Departamento de Nariño, Colombia, a una altura de 2865 m.s.n.m, con temperatura promedio entre 12°C y 18°C, en un Andisol sometido a diferentes aplicaciones de abonos orgánicos por décadas, mediante la utilización de un minisimulador de lluvia. Cobo, 1998. Modificado. Se utilizó un diseño completamente al azar con estructura factorial con 4 usos de suelo y 6 tiempos de simulación, usando monolitos con suelo disturbados a tres pendientes (10 °, 15° y 25°). El análisis de Varianza mostró diferencias significativas para la interacción pendiente por tiempo y altamente significativas entre usos. Para la variable Lámina de Escorrentía (mm), U2 (Bovinaza), se obtuvo los valores más altos con 1,01 mm; 2,51 mm y 4,96 mm a 10°, 15° y 25° respectivamente; a diferencia de U4 que presentó valores por debajo de 1 mm en las tres pendientes. Para Lámina de Infiltración (mm) los valores más altos se obtuvieron en U4, con valores de 7,18 mm; 6,85 mm y 6,97 mm a 10°, 15° y 25° respectivamente, a diferencia de U2 que presentó los valores promedios más bajos. Para Suelo Erodado ($t \cdot ha^{-1}$), U2 presentó las mayores pérdidas de suelo con 0,072 $t \cdot ha^{-1}$; 0,284 $t \cdot ha^{-1}$ y 0,595 $t \cdot ha^{-1}$ a las tres pendientes evaluadas, a diferencia de U4 que presentó las pérdidas más bajas, por debajo de 0,04 $t \cdot ha^{-1}$. En general, se observó que a mayor grado de pendiente, se presentaron los mayores niveles de escorrentía y suelo erodado, mientras que los niveles de infiltración fueron menores en la medida que aumento el grado de pendiente.

¹ Ingeniero Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. jsarasty14@gmail.com

² Ingeniero Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. jhiandres@gmail.com

³ Profesor Asociado. IA. Ms. C. PhD. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. jacfl1995@gmail.com

Palabras clave: Erosión, Pérdida de suelo, Erodabilidad, *Pachic Fulvudands*, *Allium fistulosum* L.

ABSTRACT

This study was conducted in the Southeast of the Department of Nariño, Colombia, at a height of 2865 m.a.s.l, with an average temperature between 12°C and 18°C in an Andisol subjected to different applications of organic fertilizers for decades, using a minisimulador rain. Cobo, 1998. Modified. The design was completely randomized with factorial structure with four land uses and six simulation times, using undisturbed soil monoliths with three slopes (10°, 15° and 25°). Variance analysis showed significant interaction for the slope time and highly significant differences between uses. For the variable blade Runoff (mm), U2 (Bovinaza), the highest values were obtained with 1.01 mm; 2.51 mm and 4.96 mm at 10°, 15° and 25° respectively; U4 unlike that presented values below 1 mm in all three gradients. To foil infiltration (mm) higher values were obtained in U4, with values of 7.18 mm; 6.85 mm and 6.97 mm at 10°, 15° and 25° respectively, unlike U2 showed the lowest averages. For Soil eroded ($t\ ha^{-1}$), U2 had the highest soil losses with 0,072 $t\ ha^{-1}$; 0.284 $t\ ha^{-1}$ and 0.595 $t\ ha^{-1}$ evaluated at three slopes, unlike U4 I present the lowest losses below 0.04 $t\ ha^{-1}$. In general, it was observed that the greater the degree of slope, the highest levels of runoff and soil had eroded, while infiltration levels were lower in the measure that increase the degree of slope.

Keywords: Erosión, loss of soil, Erodability, *Pachic Fulvudands*, *Allium fistulosum* L.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
Localización	17
Topografía y pendiente.	17
Características físicas y químicas del suelo.	18
Área experimental.....	18
Minisimulador de lluvia portátil CIAT, 1998.....	19
Minisimulador de lluvia. Cobo, 1998. Modificado.....	19
Base recibidora con pendiente graduable.	20
Tomador de muestras (monolitos)	21
Distribución de los Tratamientos.....	23
Análisis De Datos	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
Lámina de Escorrentía (LE).	26
Lámina de Infiltración (LI).	28
Suelo Erodado (SE).....	29
CONCLUSIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	35

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PIEZAS DEL DISEÑO DE BASE RECIBIDORA	21
FIGURA 2. PIEZAS DEL DISEÑO DEL TOMADOR DE MUESTRAS	22
FIGURA 3. TOMADOR DE MUESTRAS Y RECIBIDOR EN 3D.	22
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN CAMPO.....	24
FIGURA 5. PROMEDIOS PARA LÁMINA DE ESCORRENTÍA ACUMULADA (MM) EN LOTES CON DIFERENTES USOS CON ABONOS ORGÁNICOS Y ÁREA DE CONSERVACIÓN CON ÁRBOLES, MEDIANTE EL USO DE UN MINISIMULADOR DE LLUVIA, MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.	27
FIGURA 6. PROMEDIOS PARA LÁMINA DE INFILTRACIÓN ACUMULADA (MM) EN LOTES CON DIFERENTES USOS CON ABONOS ORGÁNICOS Y ÁREA DE CONSERVACIÓN CON ÁRBOLES, MEDIANTE EL USO DE UN MINISIMULADOR DE LLUVIA, MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.	29
FIGURA 7. SEPARACIÓN DE MEDIAS PARA LA VARIABLE SUELO ERODADO ACUMULADO (T.HA-1), EN LOTES CON DIFERENTES USOS CON ABONOS ORGÁNICOS Y ÁREA DE CONSERVACIÓN CON ÁRBOLES, MEDIANTE EL USO DE UN MINISIMULADOR DE LLUVIA, MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.	31

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LOS USOS PARA DIAGNOSTICAR PROBLEMAS DE MANEJO DEL SUELO EN UN SISTEMA PRODUCTIVO Y PLANTACIÓN DE ÁRBOLES MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN MINISIMULADOR DE LLUVIA, CORREGIMIENTO DE BUESAQUILLO, MUNICIPIO DE PASTO.	24
TABLA 2. CUADRADO MEDIO DE LAS VARIABLES LÁMINA DE ESCORRENTÍA (LE), LÁMINA INFILTRADA (LI) Y SUELO ERODADO (SE) BAJO EL EFECTO DE LLUVIA SIMULADA A UNA INTENSIDAD DE 15.5 MM/H, CON PERIODOS DE 30 MINUTOS EN SUELO DISTURBADO.	25
TABLA 3. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS (LSD) ENTRE TRATAMIENTOS PARA 10°, 15° Y 25° DE PENDIENTE, PARA LÁMINA DE ESCORRENTÍA (MM).	26
TABLA 4. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS (LSD) ENTRE TRATAMIENTOS PARA 10°, 15° Y 25° DE PENDIENTE, PARA LÁMINA DE INFILTRACIÓN (MM).	28
TABLA 5. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS (LSD) ENTRE TRATAMIENTOS PARA 10°, 15° Y 25° DE PENDIENTE, PARA SUELO ERODADO (T.HA ⁻¹).	30
TABLA 6. DIÁMETRO MEDIO PONDERADO (DMP) E ÍNDICE DE ESTABILIDAD (IE) DE LA DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE AGREGADOS ESTABLES AL AGUA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.	32

1. INTRODUCCIÓN

La erosión del suelo es una forma severa de degradación física. Se estima que cerca del 80% de la tierra agrícola en el mundo sufre erosión moderada a severa y 10% erosión ligera a moderada (Lal y Stewart, 1995). Oldeman *et al.* (1990) señalan que la pérdida de suelo por erosión hídrica a nivel global, es el problema más grave de degradación, que tiene que enfrentar la sociedad moderna.

De acuerdo con los estudios realizados por IGAC (1995) entre el 48 y 49% del territorio colombiano está afectado por erosión hídrica, el 22.9% por movimientos en masas, y solamente el 24% no tiene problemas. Muchos de los suelos con vocación agrícola en Colombia, sufren problemas de erosión que limitan seriamente su capacidad productiva, cerca del 40% del territorio colombiano presenta erosión de muy ligera a muy severa y la zona andina es la más afectada por erosión hídrica con 88% de su área (Olmos y Montenegro, 1987).

Un aspecto físico del suelo muy importante lo constituye la estabilidad de sus agregados, lo cual hace referencia a que estos en algunos suelos, no soportan por mucho tiempo los efectos de la caída de lluvia y las labores de labranza sin disgregarse, mientras que otros por el contrario permanecen firmes (Amezquita, 1994). En este sentido, Sánchez, G. *et al.* (2012) manifiestan que la función de la labranza como un sistema conservacionista que integra la preparación de los suelos, genera en los suelos condiciones físicas adecuadas para el buen flujo del agua y el aire, evitando que se formen en el suelo capas duras que limiten la penetración y crecimiento de las raíces.

Una reducción de la erosión hídrica contribuye a mejorar o mantener la productividad de los suelos y así ayudar a la sostenibilidad de este recurso, de allí la importancia de evitar los procesos erosivos, mediante la adopción de prácticas de conservación de suelos. (Quiroz, T e Hincapié, E. 2007).

La capacidad productiva de los suelos erosionados es menor que la capacidad de los no erosionados, debido a que la erosión reduce la fertilidad y la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, por lo tanto “perder suelo es perder agua”. Cuando se pierde la estructura, se reduce la tasa de infiltración, la escorrentía aumenta y la capacidad de almacenamiento de agua disminuye. (LAL, R. 1998a).

Cobo, (1998) trabajó en el diseño, construcción y evaluación de un minisimulador de lluvia portátil para estudios de susceptibilidad a la erosión en ladera, que utiliza el sistema de Mariotte.

Mena, H & Benavides, C; 2009, en estudios realizados utilizando un minisimulador de lluvia trabajaron en la susceptibilidad a la erosión hídrica de un andisol en ladera en el Departamento de Nariño, encontraron que el uso y manejo de los suelos cultivados con papa y pastos pueden sufrir erosiones de $0,39 \text{ t.ha}^{-1}$ y $0,27 \text{ t.ha}^{-1}$ respectivamente, mientras que el bosque presento perdidas por debajo de $0,05 \text{ t.ha}^{-1}$.

(Kirkby, M y Morgan, R. 1984) Manifiestan que el impacto de las gotas de lluvia y la dispersión de las partículas del suelo compactan este último y forman costra. Esta costra a menudo consta de dos partes, una muy delgada (más o menos 0.1 mm) en forma de estrato no poroso y una zona de hasta 5 mm de partículas finas. El suelo de esta última es más denso que el suelo de abajo.

Debido a la importancia que tienen los procesos de degradación de los recursos naturales y los procesos erosivos de los suelos en la zona andina del Departamento de Nariño, surge la necesidad de evaluar la estabilidad estructural de suelos manejados con diferentes niveles de materia orgánica a través de los años, esto se puede lograr a través de la utilización de un minisimulador de lluvia portátil; Cobo, 1998. Además de la realización de algunas pruebas físicas y químicas en laboratorio complementarias con el fin de apoyar los resultados, mediante el uso de tecnologías que permitan identificar y diagnosticar problemáticas relacionados con el uso y manejo de los suelos.

El objetivo de este trabajo fue diagnosticar problemas de manejo en un sistema productivo tradicional (*Allium fistulosum* L.) con abonos orgánicos y en áreas bajo un sistema de conservación con árboles, utilizando un minisimulador de lluvia portátil; Cobo, 1998. Modificado; teniendo en cuenta diferentes pendientes; donde se evaluó lámina de infiltración, lamina de escorrentía y suelo erodado en cada uso de suelo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Localización

La presente investigación se realizó en la Vereda la Alianza, Corregimiento de Buesaquillo, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia. La vereda se encuentra ubicada a una altura de 2865 m.s.n.m, con 1° 13' 33.9 " N y 77° 13' 56.8" W, presenta biotemperaturas entre 12°C y 18°C, precipitación media anual de 901,3 mm y una humedad relativa del 75%; Ecológicamente se clasifica como bosque seco montano bajo (Bs-mb), según la clasificación de Holdridge. (IDEAM, 2010).

Actualmente alcanza un área aproximada de 2.862 hectáreas y una población de 1500 habitantes aproximadamente. (DANE, 2010). Geográficamente limita por el norte con el Corregimiento de Cujacal, por el Sur con el Barrio la Estrella, por el Oriente con el Corregimiento de La Laguna y San Fernando, por el Occidente con el corregimiento de Morasurco, las comunas 10, 11, y 12. (Plan de Desarrollo Integral Local / Corredor Oriental, "Unión de Saberes y Voluntades" 2011).

La principal fuente de sustento económico de la vereda se deriva del sector primario, el minifundio y actividades microempresariales. Es predominante el cultivo de cebolla de rama (*A. fistulosum* L.); dicha actividad ofrece apoyo económico y seguridad alimentaria a las familias que la cultivan; debido a la cercanía con el sector urbano de Pasto, sus habitantes han empezado a desempeñarse en otras actividades económicas de tipo informal o como asalariados. (Plan de Desarrollo Integral Local / Corredor Oriental, "Unión de Saberes y Voluntades" 2011).

2.1 Topografía y pendiente.

En la zona es característico encontrar un tipo de paisaje de altiplanicie, con un tipo de relieve en lomas (AB), desde muy inclinados a ligeramente escarpados, con

pendientes entre 12 y 50%, medias, rectilíneas, con cimas subagudas y fuertemente disectadas; configurando valles profundos en V, con una intensa actividad erosiva provocada por las corrientes de agua y el consecuente desgaste de los taludes. (IGAC, 2004).

3.1 Características físicas y químicas del suelo.

Los suelos de esta zona corresponden a una consociación *Pachic Fulvudands* (perfil Ns-13), son suelos que ocupan la posición de laderas de las mesas, dentro del paisaje de altiplanicie, profundos, bien drenados y de textura franco arcillo arenosa (F-Ar-A) y estructura granular gruesa; se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas, que yacen sobre tobas de ceniza y lapilli. Son suelos moderadamente ácidos, de alta capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, medianos contenidos de calcio y magnesio, alto de potasio, bajos en fósforo y de fertilidad alta. (IGAC, 2004).

4.1 Área experimental

La zona de estudio corresponde a la Microcuenca el Quinche, Vereda la Alianza, una de las mayores productoras de cebolla (*A. fistulosum* L.) de la región, los agricultores durante décadas han utilizado enmiendas orgánicas para el suelo entre las cuales están la Gallinaza, Bovinaza, Residuos Vegetales, entre otros.

La investigación se llevó a cabo en lotes con cultivo de cebolla de rama (*A. fistulosum* L.) con pendientes uniformes entre 7° y 31°, con aplicación de abonos orgánicos con un historial mayor a 10 años y una área de conservación con árboles mayor a 20 años.

Para cada uso, (Tabla 1) se realizaron 3 simulaciones en monolitos a tres pendientes (10°, 15° y 25°), las cuales fueron escogidas de acuerdo a las que

predominan en la zona, para un total de 9 simulaciones por uso, con 6 tiempos cada 5 minutos para un total de media hora de simulación y una intensidad de lluvia de 15,5 mm/h, de acuerdo a la calibración del equipo. La intensidad de lluvia utilizada, se basó en datos de precipitaciones diarias de la estación Botana desde el año 2000, suministrados por el IDEAM con el fin de simular a la intensidad de lluvia requerida en la zona de estudio.

5.1 Minisimulador de lluvia portátil CIAT, 1998.

Se utilizó como herramienta fundamental el minisimulador de lluvia portátil CIAT (Cobo, 1998) (Figura 1) para determinar las relaciones existentes entre suelo erodado, lámina de escorrentía y lámina de infiltración. Para la calibración del equipo se utilizó un pluviógrafo (marca Eijkelkamp modelo 6987 ZG) de registro diario.

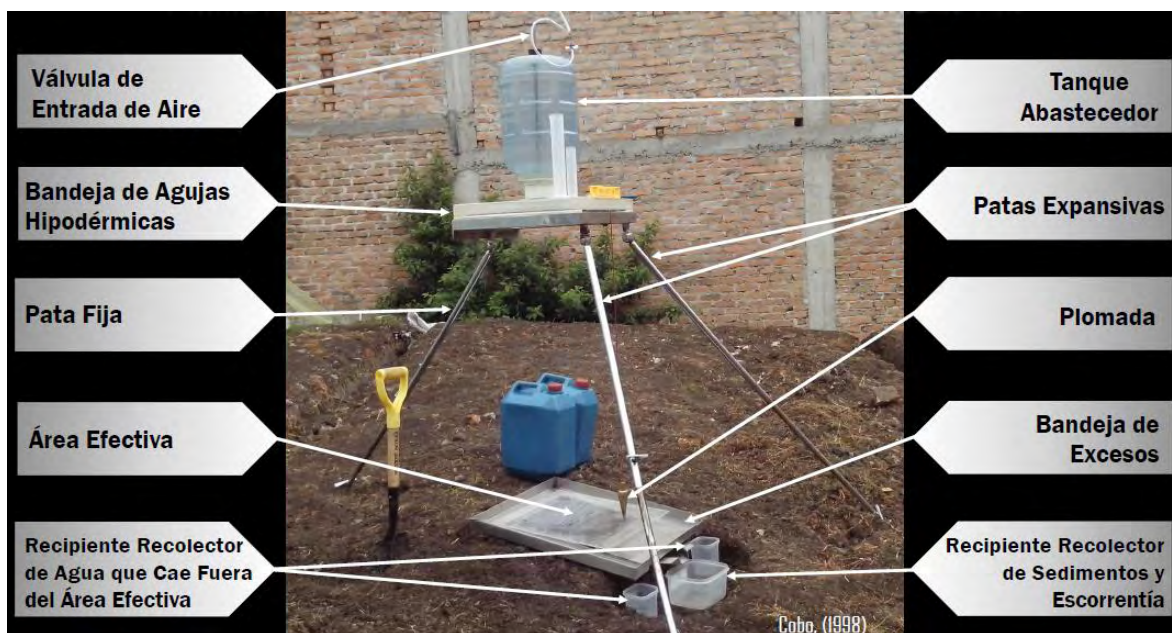


Figura 1. Minisimulador de lluvia CIAT (Montaje en campo) Fuente: José Manuel Campo, 2003.

6.1 Minisimulador de lluvia. Cobo, 1998. Modificado

Dadas las limitaciones climatológicas y topográficas de la zona de estudio para realizar las simulaciones en campo, condujo a la necesidad de diseñar ajustes complementarios y estructurales al equipo básico (Figura 2).



Figura 2. Minisimulador de lluvia. Cobo, 1998. Modificado

1.1.1 Base recibidora con pendiente graduable.

Está conformada por una estructura en ángulo de hierro de 1/8 de espesor, formada por 8 piezas las cuales están soldadas entre sí, 4 de ellas forman la base del recibidor de 65cm por 65cm (Figura 3A), dos piezas soldadas en la parte frontal formando un ángulo de 90° con la base, las cuales miden 30 cm cada una, por ultimo las dos piezas de 65 cm están soldadas con una inclinación de 30° sobre la base en la parte trasera (Figura 3B), estas cuatro piezas soldadas sobre la base poseen unos orificios a los 10 cm de altura por los que pasan dos varillas de acero corrugado de 3/8 las cuales son la base de soporte para el Tomador de muestras (monolitos) formando una inclinación de 0°, la varilla frontal es fija y la otra junto con los dos ángulos traseros son los que proporcionan la pendiente

requerida, estos poseen unos orificios sobre los cuales se puede rotar la varilla de soporte cada 5° hasta los 45° (100%) de pendiente. (Figura 3C).

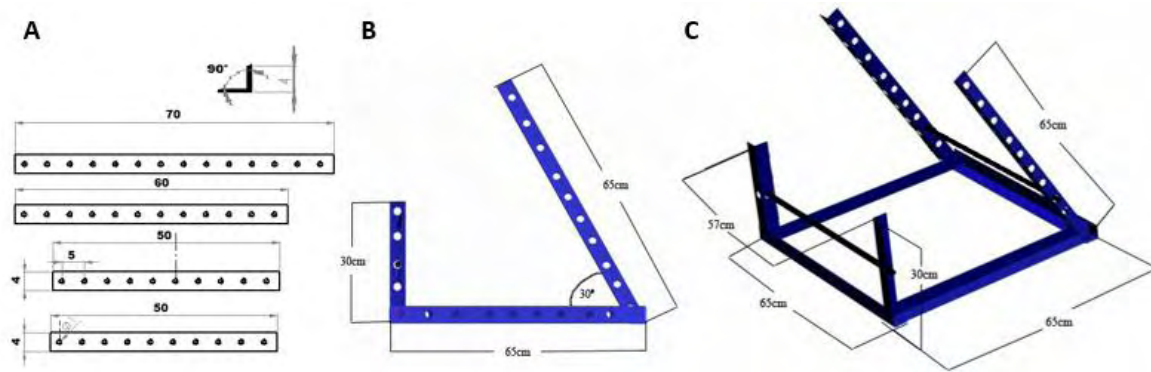


Figura 3. Piezas del diseño de base recibidora

2.1.1 Tomador de muestras (monolitos)

El muestreador (Figura 4) está formado por cuatro partes, formando un cajón desarmable, dos partes laterales de 53 cm por 17 cm de alto, una frontal de 43 cm x 15 cm y una trasera de 43 cm x 17 cm, estas dos últimas poseen una ceja de cada lado de 2,5 cm sobre las cuales van sujetos 3 tornillos de acero inoxidable en cada esquina para sujetarse a las otras dos piezas y formar el soporte desarmable del cajón, sobre las dos piezas laterales esta soldado un riel a 2 cm de altura sobre la base, el cual sirve de guía para la lámina de corte, la base de estas cuatro piezas tienen un filo biselado que permite clavarla en el suelo para sacar el monolito. La lamina cortadora tiene unas dimensiones de 43 cm x 55 cm, está compuesta de acero inoxidable calibre 3/16 tipo 304, siendo muy resistente a impactos.

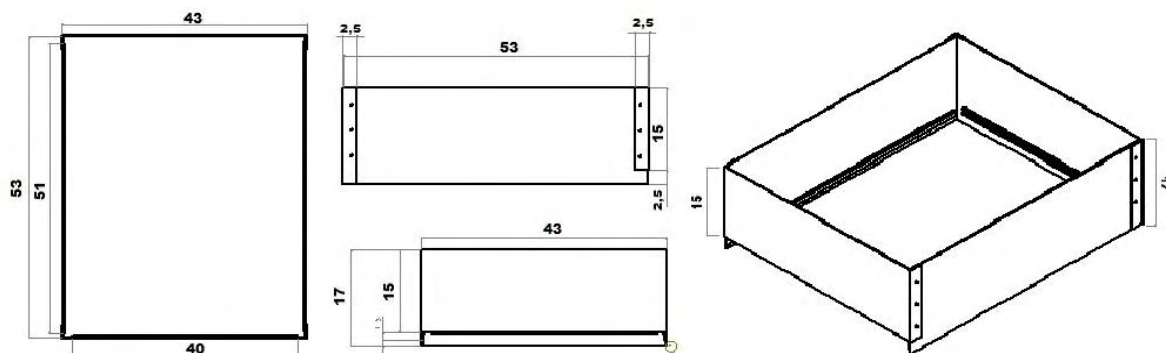


Figura 4. Piezas del diseño del tomador de Muestras

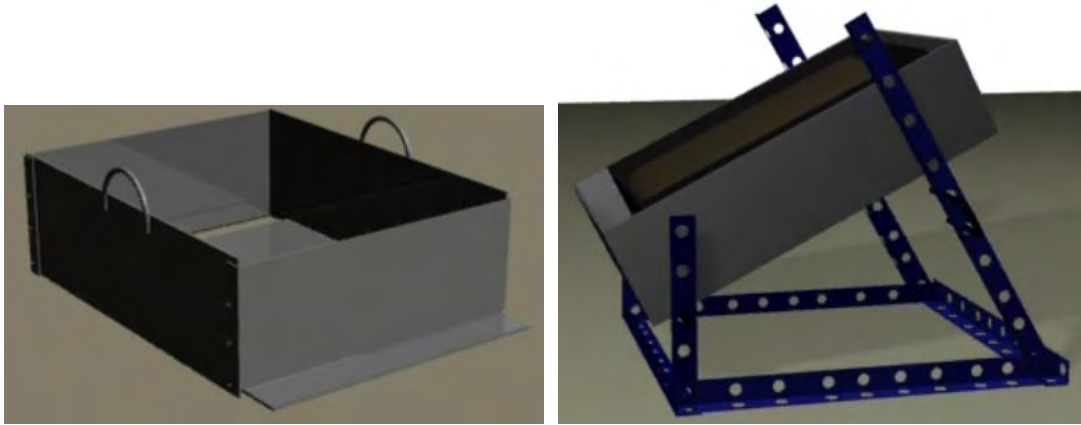


Figura 5. Tomador de muestras y Recibidor en 3D.

Luego de introducir el tomador de muestras en el suelo por completo y de haber retirado el suelo que queda en la parte externa frontal y lateral del muestreador, se procede a introducir frontalmente la lámina cortadora, deslizándola por el riel interno hasta cortar y sacar por completo el monolito, luego cada uno es transportado hasta el lugar donde se encuentra el mini simulador de lluvia junto con el recibidor.

Una vez tomado el monolito, se clava la bandeja de escorrentía y la bandeja recolectora de excesos, se colocan sobre la base recibidora, al tener la muestra sobre la base recibidora se ajusta a la pendiente deseada, se fija el trípode del mini simulador para que la lluvia caiga sobre el área efectiva de la bandeja de escorrentía, luego se procede a realizar las simulaciones.

Para cada tiempo de lluvia simulada, cada 5 minutos, se recogen los volúmenes de la bandeja de escorrentía y la bandeja de excesos, se miden en probetas y luego se trasvasan a frascos de vidrio previamente rotulados y pesados, estos son

llevados al laboratorio para secarlos al horno a 105°C por 24 horas, con el fin de tomar su peso y cuantificar la cantidad de suelo erodado por escorrentía para cada uso a las diferentes pendientes.

Para calcular el porcentaje de humedad, se tomaron muestras de suelo antes y después de cada simulación, luego se tomaron 25gr de suelo, se pesaron y se llevaron al horno por 24 horas a una temperatura de $\pm 105^{\circ}\text{C}$.

7.1 Distribución de los Tratamientos

Dentro de cada uso de suelo se delimitó 3 parcelas, cuya dimensión es de 4 m de ancho x 12 m de largo (Figura 6), cada parcela de estas estuvo dividida en tercios así: tercio superior, tercio medio y tercio inferior; en cada tercio se sacó un monolito con el muestreador, para un total de 9 monolitos por cada uso de suelo, los monolitos de cada parcela del terreno fueron utilizados para realizar simulaciones a tres pendientes diferentes (10° , 15° y 25°).



Figura 6. Distribución de los tratamientos en campo

Tabla 1. Descripción de los usos para diagnosticar problemas de manejo del suelo en un sistema productivo y plantación de árboles mediante la utilización de un minisimulador de lluvia, corregimiento de Buesaquillo, municipio de Pasto.

USOS	Descripción
U1	Lote con cultivo de cebolla de rama (<i>A. fistulosum</i> L.), con aplicación de abono orgánico de Gallinaza y un historial de manejo mayor a 10 años.
U2	Lote con cultivo de cebolla de rama (<i>A. fistulosum</i> L.), con aplicación de abono orgánico de Bovinaza y un historial de manejo mayor a 10 años.
U3	Lote con cultivo de cebolla de rama (<i>A. fistulosum</i> L.), con aplicación de abono orgánico de Residuos vegetales caseros y un historial de manejo mayor a 10 años.
U4	Área de conservación con árboles.

8.1 Análisis De Datos

Se utilizó un diseño completamente al azar con diseño factorial y tres factores. Para determinar la diferencia de las variables analizadas en los diferentes usos del suelo, se realizó un Análisis de varianza (ANOVA) y para la separación de promedios entre los usos se utilizó la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher (LSD), con la ayuda del software para análisis estadístico SAS, a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, aplicando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta

μ = Efecto de la media

ϵ_{ijkl} = Error experimental

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para las variables evaluadas Lamina de escorrentía, Lamina de infiltración y Suelo erodado, mostraron diferencias estadísticas significativas a nivel de ($p < 0,05$ y $p < 0,01$) para la interacción pendiente por tiempo, estos factores están influyendo directamente sobre los usos del suelo con abonos orgánicos; Gallinaza (U1), Bovinaza (U2), Residuos Vegetales (U3) y área de conservación con árboles (U4). Se observa que a mayor grado de pendiente y a medida que el tiempo de simulación transcurre, estos usos de suelo se vieron influenciados por el efecto de la lluvia simulada. Igualmente, se observó que los usos de suelo con abonos orgánicos, presentaron diferencias altamente significativas en todas las variables evaluadas. Al respecto se puede sugerir que posiblemente el uso de abonos orgánicos y el efecto causante sobre el suelo, están bastante relacionados con el comportamiento de estos bajo el efecto de la lluvia simulada.

Tabla 2. Cuadrado Medio de las variables Lámina de Escorrentía (LE), Lámina Infiltrada (LI) y Suelo Erodado (SE) bajo el efecto de lluvia simulada a una intensidad de 15.5 mm/h, con periodos de 30 minutos en suelo disturbado.

FV	GL	CM		
		LE (mm)	LI (mm)	SE (t.ha ⁻¹)
USO	3	58.699**	74.798**	0,859**
PENDIENTE	2	93.865**	60.303**	1,401**
USO*PENDIENTE	6	10.103**	10.620**	0,211**
TIEMPO	5	10.162**	11.489**	0,024*
USO*TIEMPO	15	0.871*	0.896*	0,005ns
PENDIENTE*TIEMPO	10	0.679*	0.668*	0,011*
USO*PENDIENTE*TIEMPO	30	0.186ns	0.204ns	0,004ns
ERROR	144			
r ²		0,91	0,84	0,95
CV		24,85	14,05	11,69

*: Diferencias significativas; $p < 0,05$, **: Diferencias altamente significativas; $p < 0,01$, ns: Diferencias no significativas.

Para la calibración del minisimulador de lluvia se utilizó el pluviógrafo (marca Eijkelkamp modelo 6987 ZG) de registro diario y datos suministrados por el IDEAM, con el objetivo de seleccionar la columna de agua que más se ajuste a las condiciones de la zona.

9.1 Lámina de Escorrentía (LE).

La prueba de comparación de medias de Fisher (Tabla 3) indica que el uso del suelo con Bovinaza U2, fue el más susceptible a la erosión por escorrentía, presentando los valores más altos de lámina acumulada con 2,51mm y 4,96 mm a 15° y 25° de pendiente respectivamente; en comparación al U4, que mostró un comportamiento más estable bajo el efecto de la lluvia simulada, con valores mínimos de 0,40 mm y 0,61 mm a 15° y 25° de pendiente respectivamente. Es importante comentar que para la pendiente 10°, las diferencias que se presentaron entre los usos fueron mínimas para la variable evaluada.

Tabla 3. Comparación de promedios (LSD) entre tratamientos para 10°, 15° y 25° de pendiente, para Lámina de Escorrentía (mm).

USOS		Grado de Pendiente		
		10°	15°	25°
U2	Bovinaza	1,01 a	2,51 a	4,96 a
U1	Gallinaza	0,91 a	1,59 b	3,57 b
U3	Residuos Vegetales	0,36 b	1,13 c	2,30 c
U4	Área de conservación con árboles	0,15 b	0,40 d	0,61 d

Estos resultados indican que posiblemente hay efectos negativos en la incorporación de abonos orgánicos en este suelo (Andisol), pues se considera que tanto el uso como el manejo que se le dé a este, van acompañados de un desgaste de la estructura física por la adición de estos abonos, la labranza y

demás prácticas que desarrollan los agricultores. En este sentido Malagón (1998), sugiere que la compactación origina disminución de la porosidad y como consecuencia reducción de la infiltración, produciendo un encostramiento superficial y aumento en la escorrentía. Un comportamiento similar se reportó en cultivo de papa, en un estudio hecho en el altiplano de Pasto, Nariño (Mena, H. & Benavides, C. 2009), donde el uso del suelo con pastos, presento el valor promedio más alto con 1,73 mm para el evento de lluvia simulada.

En la interacción entre los factores uso, pendiente y tiempo para la variable lámina de escorrentía (Figura 7), se observa que a cada intervalo de tiempo y pendiente simulada los usos se ven influenciados directamente por efecto de la lluvia generada, donde el U2 presenta un comportamiento bastante significativo, el cual aumenta a medida que transcurre el tiempo y se incrementa el grado de pendiente. En comparación a U4 que mostró un comportamiento uniforme y leve ante los factores evaluados. Al respecto Greenland (1979), comenta que es importante analizar la estabilidad de los agregados más superficiales, ya que por estar disponibles al impacto directo de las gotas de lluvia, son los más sensibles a romperse y formar una costra con sus constituyentes y por lo tanto reducir la infiltración y aumentar la escorrentía.

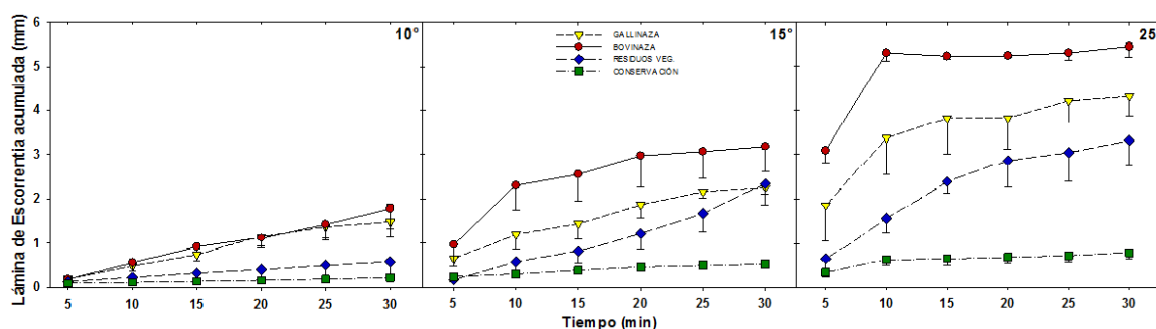


Figura 7. Promedios para Lámina de Escorrentía Acumulada (mm) en lotes con diferentes usos con abonos orgánicos y área de conservación con árboles, mediante el uso de un minisimulador de lluvia, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño.

10.1 Lámina de Infiltración (LI).

En la Tabla 4, la comparación de medias de Fisher para la variable Lámina de Infiltración indica que el uso de suelo U4, presentó los valores más altos de infiltración a las tres pendientes evaluadas con valores de 7,18 mm; 6,85 mm y 6,97 mm respectivamente; el historial U2, presentó los valores promedios más bajos con 6,07 mm a 10° de pendiente; 4,60 mm a 15° y 2,32 mm a 25°; esto está influenciado por el grado de pendiente, ya que este determina la magnitud de procesos hidrológicos como la infiltración y la escorrentía superficial. (Miyazaki, 1993).

Tabla 4. Comparación de promedios (LSD) entre tratamientos para 10°, 15° y 25° de pendiente, para Lámina de Infiltración (mm).

USOS		Grado de Pendiente		
		10°	15°	25°
U4	Área de conservación con árboles	7,18 a	6,85 a	6,97 a
U3	Residuos Vegetales	6,95 a	6,36 a	5,70 b
U1	Gallinaza	6,17 b	5,51 b	4,08 c
U2	Bovinaza	6,07 b	4,60 c	2,32 d

Según Guerrero, (1990) sostiene que la capacidad que tiene un suelo de permitir el paso de agua se ve afectado solo si se mantiene un sistema de labranza por varios años que permitan el cambio en la estructura del suelo a través de un número excesivo de labores o preparación del terreno. Los valores bajos de lámina infiltrada en un inceptisol con influencia volcánica sugieren separabilidad de los suelos que originan sellado de la superficie (Castillo, 2004).

El análisis de los promedios de Lámina de infiltración acumulada (Figura 8) muestra que el uso de suelo U4, presentó un comportamiento constante durante el tiempo de simulación de lluvia, presentando los valores promedio más altos de

infiltración, mientras que el U2 presento una disminución a medida que aumento el tiempo de simulación de lluvia y pendientes presentando los valores más bajos con respecto a los demás usos; la diferencia en el comportamiento de los usos con manejo agrícola en comparación con el de conservación con árboles, puede ser debido a la estructura física, operaciones de labranza y la falta de cobertura, los cuales disminuyen en el largo plazo los macroporos y por ende la infiltración (Reid, 1990). Como efecto del comportamiento de la infiltración, la escorrentía aumentó progresivamente con la intensidad de uso del suelo a través del tiempo. (Volverás, 2007).

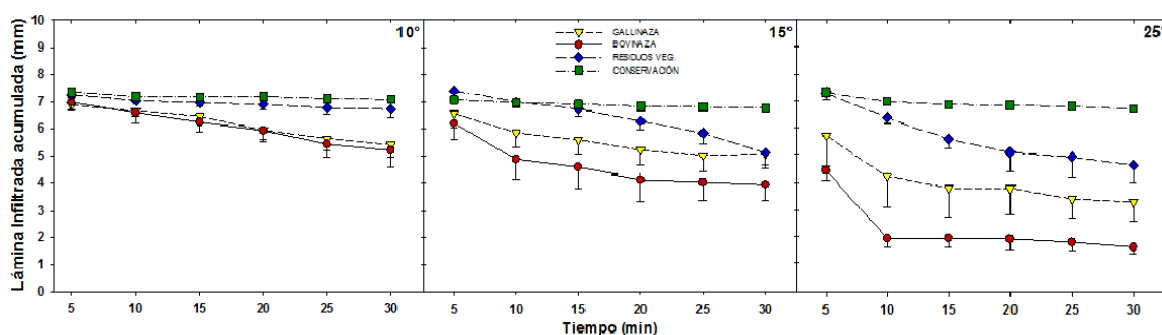


Figura 8. Promedios para Lámina de Infiltración Acumulada (mm) en lotes con diferentes usos con abonos orgánicos y área de conservación con árboles, mediante el uso de un minisimulador de lluvia, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño.

11.1 Suelo Erodado (SE).

La prueba de comparación de medias de Fisher (Tabla 5) indica que el uso del suelo con Bovinaza U2, presento los valores más altos de suelo erodado con 0.072 t.ha^{-1} ; 0.284 t.ha^{-1} y 0.595 t.ha^{-1} a 10° , 15° y 25° de pendiente respectivamente; en comparación a U4, que mostró los valores promedios más bajos durante el tiempo de simulación, con valores de 0.008 t.ha^{-1} ; 0.029 t.ha^{-1} y 0.041 t.ha^{-1} de suelo erodado a las pendientes evaluadas. Los valores más altos de suelo erodado en U2, sugieren el efecto de la aplicación de Bovinaza a largo plazo y posiblemente las inadecuadas prácticas de labranza aumentan la susceptibilidad a la erosión. León, (2000) en su estudio asocia los valores más altos de suelo erodado con la

escaza cobertura y las deficientes prácticas de manejo del suelo que debilitan su estructura aumentando la susceptibilidad a la erosión.

Tabla 5. Comparación de promedios (LSD) entre tratamientos para 10°, 15° y 25° de pendiente, para erodado Suelo (t.ha⁻¹).

USOS		Grado de Pendiente		
		10°	15°	25°
U2	Bovinaza	0,072 a	0,284 a	0,595 a
U1	Gallinaza	0,035 b	0,186 b	0,407 b
U3	Residuos Vegetales	0,026 b	0,087 c	0,206 c
U4	Área de conservación con árboles	0,008 c	0,029 d	0,041 d

En la Figura 9, se observan los resultados para el análisis de promedios de suelo erodado acumulado (t.ha⁻¹), que muestran que U4 mantuvo un comportamiento constante durante los eventos en cada tiempo de simulación de lluvia y para cada pendiente, con valores promedios muy bajos de suelo erodado; comparados con Bovinaza U2 que presentó los valores más altos para las simulaciones realizadas. Castillo, J *et al* (2008) en su estudio sobre la estimación de la estabilidad de dos suelos al sur de Colombia con diferentes tipos de manejo, concluyen que la actividad biológica inducida por la adición de abono orgánico (Gallinaza) y coberturas de leguminosas no afectaron la estabilización de los agregados a largo plazo.

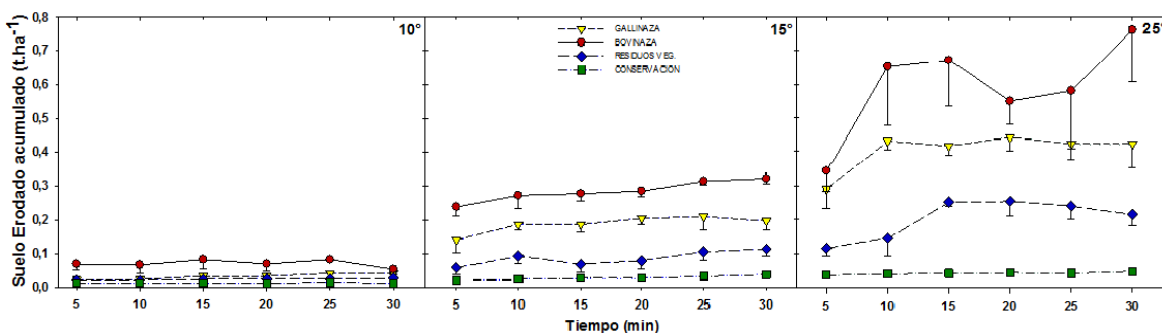


Figura 9. Separación de medias para la variable Suelo Erodado Acumulado (t.ha-1), en lotes con diferentes usos con abonos orgánicos y área de conservación con árboles, mediante el uso de un minisimulador de lluvia, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño.

En general se observa que el proceso erosivo está muy influenciado por la capacidad de infiltración que tenga el suelo, la cual regula la escorrentía y esta a su vez está muy relacionada con la pérdida de suelo. Torres, (2000) expresa que si la infiltración es alta, el suelo perdido será poco. La susceptibilidad del suelo a la escorrentía y a la erosión están estrechamente relacionada con la estabilidad de los agregados de la superficie del suelo y la falta de continuidad de los poros del suelo (Pagliai *et al.*, 2004).

Reid, 1990, estudió los cambios en el suelo debido a la intervención agrícola y demuestra como la agricultura reduce la capacidad de drenaje del suelo a largo plazo. Lo anterior sustenta las grandes diferencias encontradas en infiltración, escorrentía y erosión entre los usos con intervención agrícola y el área de conservación con árboles, que se considera como poco intervenido.

Al analizar los resultados sobre infiltración, escorrentía y el suelo erodado en el tiempo se deduce que hay una respuesta diferencial para los usos evaluados. El minisimulador de lluvia permite detectar tales diferencias y la valida como una herramienta útil para la investigación sobre estudios de erosión.

Respecto al DMP (Diámetro Medio Ponderado), el IGAC, 2006, interpreta la estabilidad de agregados de la siguiente manera:

DMP (mm)	Interpretación
< 0,5	Inestable
0,5 – 1,5	Ligeramente Estable
1,5 – 3,0	Moderadamente Estable
3,0 – 5,0	Estable
> 5,0	Muy Estable

Considerando la interpretación anterior, en la tabla 6 se observan los valores de DMP determinados para cada uso, se observa que el U4 presenta el valor de DMP más alto que los demás usos, clasificándolo como Muy Estable, a diferencia del U2 y U1 que presentan los valores de DMP más bajos, clasificándolos como Ligeramente Estable y Moderadamente Estable respectivamente. (IGAC, 2006).

Tabla 6. Diámetro Medio Ponderado (DMP) e Índice de Estabilidad (IE) de la distribución porcentual de agregados estables al agua de los diferentes tratamientos.

Usos		U1 Gallinaza	U2 Bovinaza	U3 Des. Vegetales	U4 Conservación
mm	DMP	2,00	1,40	2,80	5,60
	IE	1,20	1,57	0,88	0,02

Para el Índice de estabilidad, el Uso U4 y U3 obtuvieron valores inferiores a 1, esto indica que el suelo posee buena estabilidad y le es más fácil recuperarse frente a perturbaciones especialmente a las provocadas por el agua; para este caso los Usos mencionados anteriormente poseen una buena Estabilidad estructural a diferencia del U2 y U1 que obtuvieron valores superiores a 1, los cuales sugieren mala estabilidad.

Al respecto se puede inferir que posiblemente el efecto de los arboles sobre el área de conservación, ha permitido que este suelo haya recuperado a través de los años la estructura física y de igual manera la actividad biológica del mismo, viéndose reflejado en el comportamiento que este uso de suelo tuvo bajo la influencia de la lluvia simulada en el presente trabajo. Al respecto Muschler, 1999. Menciona que el efecto de los arboles a través del suelo (Mantenimiento de la fertilidad y estructura del suelo) tienen un impacto marcado solamente después de años o décadas de sembrados, disminuyendo la escorrentía superficial y por ende las mayores tasas de erosión del suelo. Sin embargo para las parcelas con uso de

abonos orgánicos, se evidencio un comportamiento inverso, donde tal vez la aplicación de este tipo de enmiendas orgánicas a largo plazo está ocasionando complicaciones en las propiedades físicas del suelo adicionado al mal manejo, el tipo de compostaje que tiene estos abonos y las prácticas de labranza que el agricultor este efectuando.

En este sentido, adicionalmente malas prácticas de labranza en los suelos agrícolas conducen a la remoción, destrucción y transformación de los agregados naturales del suelo a tamaños menores, que son fácilmente dispersados por las gotas de lluvia y arrastrados por las aguas de escorrentía.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a través de las modificaciones estructurales y de diseño del minisimulador de lluvia, sugieren que el equipo puede ser usado en condiciones controladas de laboratorio.

Los resultados obtenidos con el equipo modificado para las variables evaluadas Lamina de Escorrentía (LE), Lámina Infiltrada (LI) y Suelo Erodado (SE), se ajustan a resultados esperados con validación estadística.

El uso de suelo U4 (Área de conservación con árboles) presento la mayor Lamina de Infiltración, la menor lámina de escorrentía y los menores valores de Suelo Erodado con 0,008; 0,029 y 0,041 t.ha⁻¹, a las pendientes 10°, 15° y 25° respectivamente.

El Uso de suelo U2 (Bovinaza) presentó los valores más altos de LE con 1,01 mm; 2,51 mm y 4,96 mm y SE con 0,072; 0,284 y 0,596 t.ha⁻¹ a las pendientes de 10°, 15° y 25° respectivamente.

Los valores obtenidos para el Diámetro Medio Ponderado (DMP) y el Índice de Estructura (IE), indican que el Uso U4 posee una buena estabilidad a comparación del U1 y U2, los cuales son más susceptibles a riesgos por erosión hídrica.

Los resultados sugieren que la adición de enmiendas orgánicas como Gallinaza y Bovinaza posiblemente en el largo plazo afectan considerablemente las propiedades originales del suelo aumentando los riesgos de erosión hídrica y a mayores pendientes estos niveles se pueden incrementar a valores críticos.

5. BIBLIOGRAFÍA

ALCALDIA DE PASTO, 2011 Plan de desarrollo integral local / corredor oriental, "Unión de saberes y voluntades". Pasto, Nariño. Colombia Grafica. 6:15- 27.

AMEZQUITA, E. 1994. Las propiedades físicas y el manejo productivo de los suelos. Inc: Silva, F. (ed), Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Santafé de Bogotá, Colombia. 137 - 154p.

CASTILLO, J. 2004. Variación de la erodabilidad y aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) en los Andes colombianos. Tesis Ph. D. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.165p

CASTILLO, J. 2008. Estimación de estabilidad estructural de suelos del sur de Colombia con diferentes tipos de manejo. Consultado en: Acta Agronómica, Vol. 57; N-1. 31p

COBO, L. 1998. Diseño, construcción y evaluación de un mini-simulador portátil de lluvia para estudios de susceptibilidad a la erosión en laderas. Tesis Universidad del Valle - Universidad Nacional sede Palmira, Colombia.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA (DANE). 2010. Censo General 2005, boletín 13/09/2010, Perfil Nariño. En: https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/52000T7T000.PDF. 6p. consulta: Septiembre 2014

GAVIN, K., XUE, J. 2007. A simple method to analyze infiltration into unsaturated soil slopes. Computers and Geotechnics 35, 223-230.

GREENLAND, D. & LAL, R. 1979. *Soil conservation and management in the humid tropics*, John Wiley & Sons, London.

GUERRERO, L. 1990. Las propiedades físicas de los suelos Colombianos y su relación con labores de labranza. En: Propiedades físicas de los suelos. Bogotá, Colombia, IGAC. . Pp.697-728.

IGAC. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 2004. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño. IGAC. Tomo III. p 72.

IGAC. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 2006. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Bogotá D.C; Republica de Colombia. p 407-410.

IGAC. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 1995. Suelos de Colombia. Subdirección Agrológica. Santa fé de Bogotá. P 501- 502.

INSTITUTO DE HIDROGRAFIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). 2010. Pasto – Nariño. Boletín divulgativo de información climatológica anual.

KIRKBY, M. y MORGAN R. 1984. Erosión de suelos. Ed. Limusa. México 41- 46 p.

LAL, R. 1998a. Agronomic consequences of soil erosion. In: PENNING DE VRIES, F.W.T.; AGUS, F.; KERR, J. Eds. Soil erosion at multiple scales. Principles and methods for assessing causes and impacts. CABI Publishing and IBSRAM. 149-160 p.

LAL, R. y STEWART, B. 1995. Soil Management. Experimental basis for sustainability and enviromental quality. CRC Press, Inc. 555 p.

LEÓN, T. S. 2000. Efectos de plantaciones forestales sobre suelo y agua. Síntesis de resultados: Programa Conif – Minambiente sobre evaluaciones del impacto ambiental de las plantaciones forestales en Colombia. Santafé de Bogotá. Serie Técnica ISSN: 0121-0300 Ed: CONIF. Vol 1. Fasc. 47 p. 5-84.

MALAGON, D. 1998. El Recurso Suelo en Colombia. Inventario y Problemática. Revista Académica Colombiana de la ciencia de los suelos. Vol. XXII. N° 82. P. 13-52.

MENA, H. & BENEVIDES, C. 2009. Evaluación de la Susceptibilidad a la Erosión Hídrica de un *Vitric haplustands*, Mediante el Uso de un Minisimulador de Lluvia, en una Zona de Ladera en Colombia.

MIYAZAKI, T. 1993. Water flow in soils. Marcel Dekker, Inc. New York. 296 p.

MUSCHLER, R. 1999. Árboles en cafetales – Turrialba, C. R.: CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 139 p.; (Materiales de enseñanza / CATIE; no. 45)

OLDEMAN, LR; HAKKELING, RT y SOMBROEK, WG. 1990. World map of the status of human-induced soil degradation. An explanatory note. ISRIC/UNEP, Wageningen.

OLMOS, E. y MONTENEGRO, H. 1987. Inventario de los problemas de erosión y degradación de los suelos de Colombia. En: Resúmenes del Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo, 4 y Coloquio "La degradación de los suelos en Colombia", Neiva - Colombia. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 23 p.

PAGLIAI, M., VIGNOZZI, N., PELLEGRINI, A. 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil Tillage Research* 79, 131-143.

QUIROZ, M., T. e HINCAPIÉ, G., E. 2007. Pérdidas de suelo por erosión en sistemas de producción de café con cultivos intercalados. *Cenicafé*. 227-235 p.

REID, I. 1990. "The impact of agricultural land use changes on soil conditions and drainage". *Vegetation and erosion*, John Wile & Sons LTD. cap. 14 pg. 199-215.

SANCHEZ, G. D *et al.* 2012. Manual de Cebolla de Rama. Mosquera, Cundinamarca: Corpoica – Produmedios. 29-31p.

TORRES, 2000. Evaluación de la Susceptibilidad a la Erosión y de las Características Asociadas (Infiltración y Escorrentía) de dos Suelos de Ladera en el Departamento del Cauca, Mediante un Minisimulador de lluvia. Universidad Nacional de Colombia, Cali, Valle.

VOLVERÁS, B *et al.* 2007. Efecto del Tiempo del Uso en las Condiciones Físicas del Suelo Andino en el Departamento de Nariño. *Acta Agronómica*. (Colombia). Vol. 56 (1), p. 29-36.