

**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.**

**EVALUATION OF THE SUSCEPTIBILITY TO WATER EROSION
OF A SOIL *Vitric haplustands*, THROUGH THE USE OF A RAINFALL
MINISIMULATOR, IN A HILLSIDE AREA OF COLOMBIA.**

Hernán D. Mena¹, Cristian C. Benavides¹, Jesús A. Castillo.²

Fecha de recepción: 12 de noviembre 2009

Fecha de aceptación: 21 de mayo 2010

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en la Granja Experimental FEDEPAPA ubicada en el corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto, departamento Nariño, localizado a 1°13'LN y 77°16'LO a 2710 msnm con una precipitación promedio anual de 840mm y temperatura promedio de 13°C, donde se evaluó la susceptibilidad a la erosión hídrica en un *Vitric haplustands* en terrenos entre 35 – 40% de pendiente, mediante el uso de un minisimulador de lluvia portátil en cuatro historiales de uso del suelo, donde se ubicaron en total 12 parcelas (producto de 4 historiales de uso de suelo por 3 réplicas). Se realizaron las simulaciones de lluvia con una duración de 30 minutos dentro de los tratamientos para determinar la lámina infiltrada (mm), lámina de escorrentía (mm) y la cantidad de suelo erodado (t.ha⁻¹). La investigación se realizó en cuatro lotes que presentan un historial de manejo así: 1. pastos, 2. papa, 3. Área sin intervención (ASI), 4. Bosque secundario. El análisis de varianza mostró diferencias significativas para la interacción entre historiales de uso de suelo vs tiempo. Para la variable lámina de infiltración (mm) el historial bosque entre los 10 y 30 minutos de simulación presentó los valores promedio más altos, con un rango entre 2.31 y 2.59 mm respectivamente; En contraste con el tratamiento historial pastos que presentó los valores promedio más bajos con 1.13 mm. En cuanto a la variable lámina de escorrentía (mm) el que presentó un comportamiento más constante durante todas las simulaciones fue el bosque, registrando los valores promedio más bajos variando entre los 0.090 mm y 0.389 mm.

1 Ingenieros Agroforestales. Universidad de Nariño, 2009; E-mail: davidhernan191@hotmail.com, camiloagroforestal86@hotmail.com

2 Profesor Asociado. I.A. Ms.C. Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto- Colombia. 2011; E-mail: jacf1995@gmail.com

Mientras que el historial pastos registró los promedios más altos con valores entre los 0.07 mm y 1.73 mm. Para la variable suelo erodado ($t.ha^{-1}$) el tratamiento que reportó las menores pérdidas fue bosque, el cual presentó los valores promedio más bajos desde 5 hasta 30 minutos con 0.019 mm y 0.063 mm respectivamente. Los valores promedio más altos para esta variable lo presenta el historial cultivo de papa, con 0.39 ($t.ha^{-1}$) a los 30 minutos de simulación de lluvia.

Palabras clave: erosión en ladera, infiltración, escorrentía, pérdida de suelo.

ABSTRACT

This research was conducted in the experimental farm FEDEPAPA located in the village of Obonuco in the municipality of Pasto, department of Nariño. The farm is located at 1 13'LN and 77 ° 16'LO to 2710 msnm with average annual rainfall of 840 mm and average temperature of 13 ° C, were was evaluated the susceptibility to water erosion in a *Vitric haplustands* land with a slope between 35 - 40%, using a portable rainfall minisimulator in four of land-use histories, which were located in all 12 land fields (product of 4 land use records for 3 plots or land fields in each). Rain simulations were conducted lasting 30 minutes within treatments (records) to determine the lamina infiltrated (mm), sheet runoff (mm) and the amount of eroded soil ($t.ha^{-1}$). The research was conducted in four batches that have a handling history of several years, which are: 1. Pastures, 2. Potato, 3. Area without interference (ASI), 4. Secondary forest. The analysis of variance showed highly significant differences in the interactions of land use history over time. For the variable foil infiltration (mm) who presented a more stable behavior during the simulation was the forest history from 10 to 30 minutes with higher average values, with 2.31 mm and 2.59 mm respectively. In contrast to the treatment history pasture presented the lowest average values over time with 1.13 mm for 30 minutes. Regarding the variable sheet runoff (mm), who presented a more stable behavior during the simulation, was the forest history by recording the lowest average values with 0.090 mm and 0.389 mm. While the history pasture presented the highest average values with 0.072 mm and 1.73 mm. For variable soil eroded ($t.ha^{-1}$) the treatment who reported lower losses was forest, who submitted the lowest average values from 5 to 30 minutes with 0.019 mm and 0.063 mm respectively. The highest average values for this variable are those presented by potato with 0.39 ($t.ha^{-1}$) at 30 minutes of simulation of rain.

Keywords: erosion on hillside, minisimulator rainfall, infiltration, runoff.

INTRODUCCIÓN

La erosión del suelo es una forma severa de degradación física. Se estima que cerca del 80% del área cultivable en el mundo sufre erosión moderada a severa y 10% erosión ligera a moderada (Lal y Stewart, 1995). 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).

La pérdida de suelo por erosión afecta la mayor parte del territorio nacional incorporado a la expansión de la frontera agrícola (IGAC, 2004). Las tasas máximas de degradación del suelo se observan cuando las operaciones de labranza se realizan a favor de la pendiente (Sagredo, 2005) y las lluvias de alta intensidad impactan los suelos de baja estabilidad estructural con poca o ninguna cobertura superficial (Castillo, 1994). La erosión se localiza en áreas con fuertes y prolongadas pendientes, con diferentes grados de erosión, presencia acentuada de minifundio que en consecuencia genera alta presión sobre la tierra (Malagón 1998).

Según los estudios realizados en suelos de Nariño el 50% está con problemas de erosión y el 17 % se encuentra degradado. Existe preocupación entre autoridades ambientales por el estado en el que se encuentra estos suelos, los cuales son afectados por los daños ocasionados por el cambio climático y el mal uso de las prácticas agrícolas (Volveras, 2005).

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 e Hincapié, 2007).

Debido a la importancia que tienen los procesos erosivos en la zona andina de Nariño surge la necesidad de generar conocimientos y herramientas que permitan definir y cuantificar este tipo de problemáticas.

Cobo, (1998) trabajó en el diseño, construcción y evaluación de un minisimulador de lluvia portátil para estudios de susceptibilidad a la erosión en ladera. De igual forma estudios realizados utilizando minisimuladores de lluvia para medir la erosión hídrica, señalan que suelos de ladera regularmente labrados y desnudos pueden sufrir erosiones de 1,82 t.ha⁻¹, mientras que los lotes cultivados con pastos producen pérdidas por debajo de 1 t.ha⁻¹ (Campo, 2003).

El objetivo de este trabajo fue evaluar con la ayuda de un minisimulador de lluvia portátil la susceptibilidad a la erosión hídrica, en un *Vitric Haplustands* sobre cuatro historiales diferentes de uso de suelo en ladera, dentro del proyecto: "Evaluación de prácticas de fertilización en unidades de producción integral sostenibles con papa en la zona andina del departamento de Nariño".

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en las instalaciones de la Granja experimental de FEDEPAPA, corregimiento de Obonuco; ubicado en el municipio de Pasto, Departamento Nariño, a 1° 13' latitud norte y 77° 16' longitud oeste, a 2.710 msnm, con una precipitación promedio anual de 840 mm, y una temperatura promedio de 13° C. La Granja Experimental se encuentra dentro de zona de vida Bs-pm (bosque seco-premontano) (Navia, *et al.*, 2008).

Los suelos corresponden a una consociación *Vitric Haplustands*, AMBc fase moderadamente inclinada, originado de cenizas volcánicas que yacen sobre tobas de ceniza y lapilli; son muy

profundos y moderadamente profundos, bien a imperfectamente drenados y de fertilidad alta y moderada. Estos suelos se presentan en el banco de las mesetas dentro del paisaje de altiplanicie, pertenecen al grupo textural franco, desarrollados a partir de cenizas volcánicas (IGAC, 2004).

Se evaluó la susceptibilidad a la erosión hídrica utilizando como herramienta fundamental el minisimulador de lluvia portátil CIAT (Cobo, 1998) para determinar las relaciones existentes entre suelo erodado, lámina de escorrentía y lámina de infiltración. Las unidades experimentales son en total 12 parcelas (producto de 4 historiales de uso de suelo por 3 parcelas), las dimensiones son de 11 metros de largo por 2 metros de ancho y la distancia entre puntos de muestreo es de 3 metros, en un arreglo andeva complejo factorial 4 x 6 donde se tuvo 4 historiales de uso de suelo y 6 tiempos.

Las simulaciones de lluvia se realizaron sobre 4 tratamientos con diferentes historiales de uso de suelo (Tabla 1), donde se ubicaron las 3 parcelas dentro de cada uno de estos, teniendo como criterio para su ubicación un rango de pendiente entre 35-40% con el objetivo de que esta no sea una variable que afecte el experimento.

Para la calibración del minisimulador de lluvia se utilizó el pluviógrafo (marca Eijkelkamp modelo 6987 ZG) de registro diario, para los ensayos en campo con el minisimulador de lluvia se hicieron simulaciones con una intensidad de lluvia de 60 mm/hr durante 30 minutos, teniendo como criterio los datos obtenidos por el pluviógrafo ubicado en la Granja, el cual registró aguaceros con un rango máximo de 30 a 40mm.

Las simulaciones realizadas en campo fueron en total 36, producto de 4 usos de suelo, 3

parcelas y 3 puntos de muestreo dentro de cada una (tercios). Para cada evaluación se limpió cuidadosamente el área de estudio de cobertura vegetal viva y muerta, luego se instaló y niveló el minisimulador de lluvia, por último se calibró la intensidad determinada haciendo uso del principio vaso Mariotte. En cada evaluación se midió la intensidad (mm/h), la escorrentía (mm), la infiltración (mm) y la pérdida de suelo (g) para luego expresarlo en ($t \cdot ha^{-1}$).

Para medir la intensidad a trabajar con el minisimulador se recogió el volumen total con la ayuda de un recipiente que abarca toda el área de estudio del aparato durante 5 minutos hasta que este se aproximara a 590-600 cc para la intensidad de 60 mm/h.

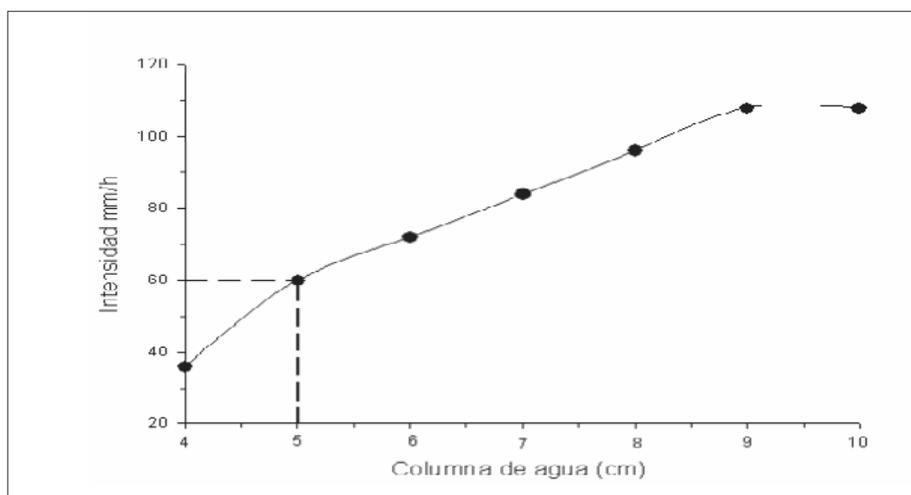
Tabla 1. Descripción de los historiales de uso de suelo para evaluar la susceptibilidad a la erosión hídrica en zona de ladera en la Granja experimental de FEDEPAPA, Obonuco, municipio de Pasto 2009.

USO	DESCRIPCION
1	Lote de pastoreo con pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), pasto zaboya (<i>Holcus lanatus</i>), pasto azul orchoro (<i>Dactylis glomerata</i> L), trébol (<i>Trifolium sp</i>). Desde el año 2001 a permanecido solamente como pradera, pero en el 2006 fue arado y rastrillado para la siembra de pastos mejorados como aubade y tetralite con avena. La fertilización se realizo con abono químico especial para pastos, en un lapso de 3 meses se aplico cuyinaza (materia orgánica) que se descompuso durante un año.
2	Lote de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en rotación con pastoreo. Cuenta con una área aproximada de 2.5 ha, el periodo de rotación de los cultivos es de cinco años y es alternado con pastos. Una vez cosechada la papa se siembra el pasto con la finalidad de que éste aproveche los residuos (abono) que queda en el suelo. El lote ha mantenido este manejo aproximadamente desde 1986.
3	Área sin intervención (ASI). Este lote se caracteriza por no tener historial de uso agrícola desde hace 10 años aproximadamente, su extensión es de 1.5 ha. Su cubierta vegetal actual es una mezcla de pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), Saboya (<i>Holcus lanatus</i>) que cubren casi el 60% del lote, en este terreno se instalan diferentes lotes productivos correspondientes al proyecto “Evaluación de prácticas de fertilización en unidades de producción integral sostenibles con papa en la zona andina del departamento de Nariño” y este corresponde a la evaluación inicial para dicho modelo.
4	Bosque secundario intervenido (parte alta). Este sistema se caracteriza por tener intervención del hombre en los últimos años. Predominan las especies forestales: encino (<i>Smilax tomentosa</i>), eucalipto (<i>Eucalyptus sp.</i>) como especie introducida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la calibración del minisimulador de lluvia se utilizó el pluviógrafo (marca Eijkelkamp modelo 6987 ZG) de registro diario, con el objetivo de

seleccionar la columna de agua que mas se ajuste a las condiciones de la zona, en este caso para una intensidad de 60 mm/h corresponde a un altura de columna de agua de 5cm. Los resultados del pluviógrafo se muestran en la Figura 1.

**Figura 1.** Calibración del minisimulador de lluvia, utilizando un pluviógrafo (marca Eijkelkamp modelo 6987 ZG) de registro diario, para determinar la altura de la columna de agua.

En el Cuadro 1, el análisis de varianza muestra diferencias significativas para la interacción uso de suelo contra tiempo, evidenciando comportamientos diferentes con relación a las variables lámina de infiltración (mm), lámina de escorrentía (mm) y suelo erodado ($t.h^{-1}$) a medida que transcurre el tiempo de simulación de la lluvia.

El análisis de varianza muestra diferencias significativas para la interacción uso de suelo contra tiempo, evidenciando comportamientos diferentes con relación a las variables lámina de infiltración (mm), lámina de escorrentía (mm) y suelo erodado ($t.h^{-1}$) a medida que transcurre el tiempo de simulación de la lluvia.

Cuadro 1. Analisis de varianza para lámina de infiltracion, lámina de escorrentia y suelo erodado en un *Vitric Haplustands*, evaluando la susceptibilidad a la erosión hídrica en ladera mediante el uso de un minisimulador de lluvia, corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto - Departamento Nariño.

F de V	GL	LI	LE	SE
		CM	CM	CM
TIEMP	5	5,348*	5,474*	0,121*
USO	3	3,345*	5,031*	0,348*
TIEM*USO	15	0,493*	0,523*	0,020*
ERROR	192	0,0486	0,0207	0,0070
TOTAL	215	53,519	54,297	3,3100

* Diferencias significativas al 95% de confiabilidad.

La prueba de comparación de medias para la variable lámina de infiltración (Figura 2), evidencia efectos de interacción entre tiempos y usos, es decir, que los usos afectan esta variable de forma diferencial a ciertos periodos de tiempo. Es así como se observa que el historial de uso de suelo bosque presentó un comportamiento constante durante el evento de lluvia, registrando los valores promedio más altos con un rango entre 2.31mm y 2.59mm. Bonell (1993) afirma que el aporte constante de la materia orgánica en los bosques mejora la capacidad del suelo para almacenar y retener agua. El historial papa mostró valores estadísticamente similares, sin embargo tuvo un comportamiento decreciente a través del tiempo. Comparado con el historial de uso de suelo pastos que presentó los valores promedio más bajos entre 1.13mm y 2.76mm. El historial de uso de suelo que presentó unos valores intermedios que disminuyen a través del tiempo

fue área sin intervención (ASI). Un estudio realizado en el Municipio de Contadero, Nariño obtuvo valores similares para esta variable en un lote con historial de pastos (Volverás, 2005). De igual manera, 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.

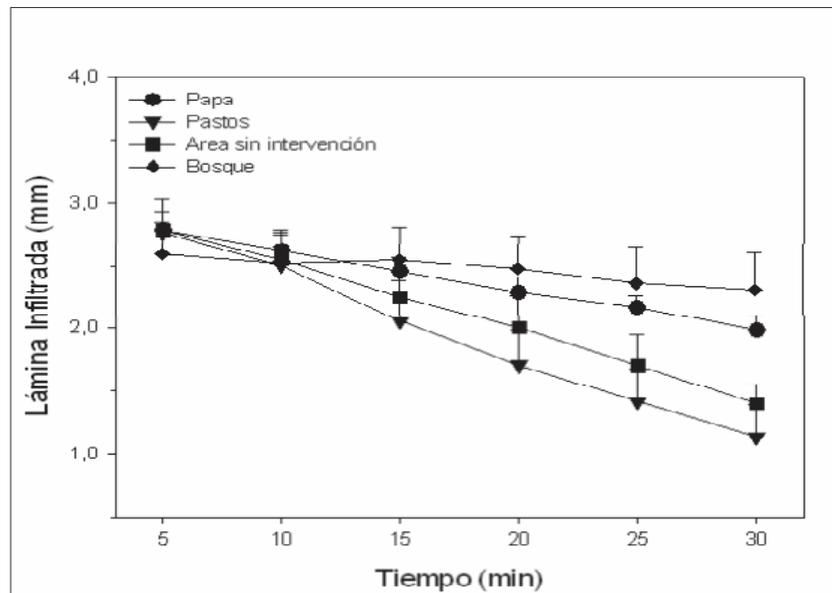


Figura 2. Prueba de comparación de medias, para lámina de infiltración (mm) en un *Vitric Haplustands*, evaluando la susceptibilidad a la erosión hídrica en ladera mediante el uso de un minisimulador de lluvia, municipio de Pasto - Departamento Nariño, 2009.

La prueba de comparación de medias para la variable lámina de escorrentía (Figura 3), evidencia efectos de interacción entre tiempos y usos, es decir, que los usos afectan esta variable de forma diferencial a ciertos periodos de tiempo. Es así como se observa que el historial de uso de suelo bosque presentó un comportamiento constante durante la simulación de lluvia con valores promedio más bajos con un rango entre 0.090mm y 0.389mm. Ramirez (2005) afirma que la cobertura vegetal favorece el estado de la porosidad del suelo mejorando la infiltración. Un comportamiento similar registró el tratamiento bosque dentro de un estudio realizado en Cenicafe (Jaramillo y Cháves, 1999). Mientras que el historial pastos presentó los valores promedio más altos para esta variable los cuales aumentan a medida que transcurre el tiempo del evento de lluvia con valores promedio máximos entre 0.07mm y 1,73mm. 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 pasturas en un estudio hecho en Pescador, Cauca (Campo, 2003). El historial papa presentó el valor promedio más bajo con 0.05mm a los 5 minutos de iniciada la simulación.

Según Lal, (1988), la susceptibilidad de un suelo a las fuerzas erosivas por el impacto de las gotas de lluvia y por el flujo superficial (escorrentía), es considerada, generalmente, una propiedad inherente de los suelos y tiene un valor constante. Este es el proceso de pérdida de suelo más importante, especialmente para este tipo de suelo que son derivados de cenizas volcánicas.

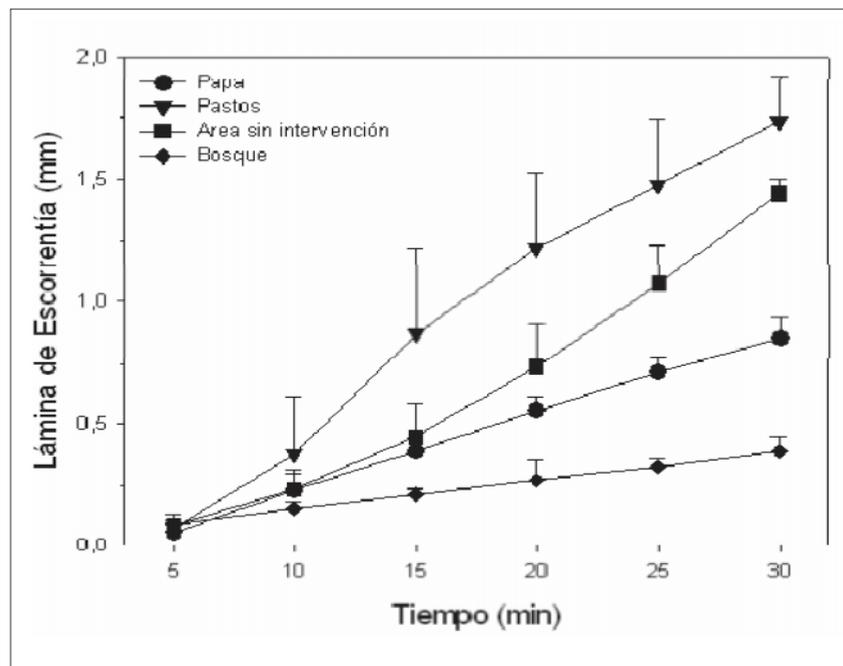


Figura 3. Prueba de comparación de medias, para lámina de escorrentía (mm) en un *Vitric Haplustands*, evaluando la susceptibilidad a la erosión hídrica en ladera mediante el uso de un minisimulador de lluvia, municipio de Pasto - Departamento Nariño, 2009.

La prueba de comparación de medias para la variable suelo erodado (Figura 4), evidencia efectos de interacción entre tiempos y usos, es decir, que los usos afectan esta variable de forma diferencial a ciertos periodos de tiempo. Es así como que el historial de uso de suelo bosque mantuvo un comportamiento constante durante todo el evento de simulación de lluvia, el cual presentó los valores promedio más bajos desde 5 hasta 30 minutos con 0.019 y 0.063 t.ha⁻¹ respectivamente. Los valores promedio más altos para esta variable los presentan los historiales papa y área sin intervención (ASI) con 0.39 y 0.27 t.ha⁻¹ a los 30 minutos respectivamente, mostrando una dinámica creciente a medida

que transcurre el tiempo de simulación de la lluvia. Amezcuita y Londoño (1997) afirman que el aflojamiento del suelo por labranza lo hace susceptible al desmoronamiento por el impacto de las gotas de lluvia. En comparación con estudios realizados en Pescador, Cauca utilizando un minisimulador de lluvia registran valores similares para pérdida de suelo en pasturas con 0.22 t.ha⁻¹ (Campo, 2003).

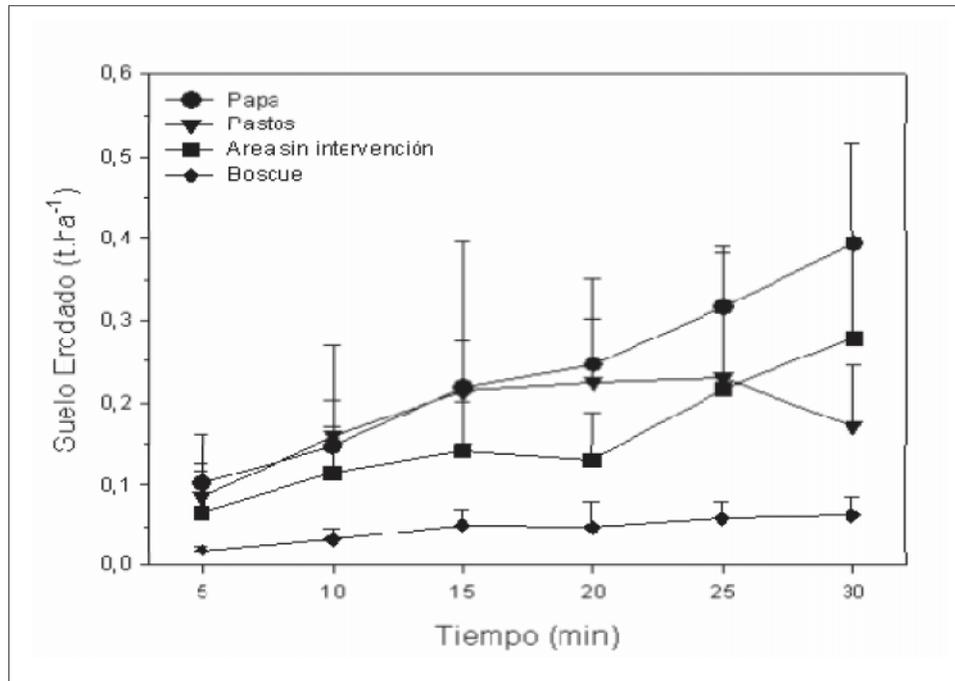


Figura 4. Prueba de comparación de medias, para suelo erodado ($t.ha^{-1}$) en un *Vitric Haplustands*, evaluando la susceptibilidad a la erosión hídrica en ladera mediante el uso de un minisimulador de lluvia, municipio de Pasto - Departamento Nariño, 2009.

Cuadro 2. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables lámina de infiltración, lámina de escorrentía y suelo erodado.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON			
	LI	LES	SE
LI	-	-0,90*	-0,44*
LES		-	0,52*
SE			-

* Diferencias significativas.

Como se observa en el Cuadro 2, se presentan diferencias significativas entre las variables lámina de infiltración y suelo erodado. El coeficiente de correlación de (-0.44) para esta

variable es intermedio y negativo lo cual sugiere que el incremento de la lámina de infiltración contribuye a una reducción de suelo erodado. De igual forma la variable lámina de infiltración presentó una correlación altamente significativa y negativa (-0.90) con la variable lámina de escorrentía, indicando que el incrementó en la lámina de infiltración tiende a reducir la lámina de escorrentía. Otra correlación altamente significativa encontrada fue entre la variable lámina de escorrentía y suelo erodado, la cual alcanzó un coeficiente de (0.52), indicando que un aumento en la lámina de escorrentía condujo a incrementar la cantidad de suelo erodado.

CONCLUSIONES

El tratamiento que presentó el mejor comportamiento en cuanto a las variables evaluadas fue el historial bosque el cual obtuvo la

mayor lámina de infiltración, la menor lámina de escorrentía y la menor cantidad de suelo erodado a través del tiempo de duración de la simulación con 0.063 t.ha⁻¹ a los 30 minutos.

El historial de uso de suelo papa presentó los valores promedio más altos para la variable suelo erodado durante la simulación de lluvia, reportando la máxima pérdida de suelo a los 30 minutos con 0.39 t.ha⁻¹, mientras el comportamiento de las otras variables es inversamente proporcional.

El historial de uso de suelo pastos presentó la menor lámina de infiltración con un comportamiento decreciente a través del tiempo, contrario a la variable lámina de escorrentía que aumentó durante la simulación de lluvia.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto: “Evaluación de prácticas de fertilización en unidades de producción integral sostenibles con papa en la zona andina del departamento de Nariño”.

Dr. Jesús Castillo Franco. Presidente de tesis. I. A. MSc. Ph.D. Facultad Ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto - Colombia. 2009.

BIBLIOGRAFÍA

AMÉZQUITA, E.; LONDOÑO, H. 1997. La infiltración del agua en algunos suelos de los Llanos Orientales y sus implicaciones en el uso y manejo. *Revista suelos ecuatoriales*. Vol. 27: p. 163–168.

BONELL, M. 1993. Progress in the understanding of runoff generation dynamics in forests. *Journal Hydrology*. p. 217-275.

CAMPO, J. M. 2003. Evaluación de la

susceptibilidad a la erosión hídrica, del contenido de materia orgánica y de las propiedades físicas, en un Oxic Distrustept, bajo seis historias de uso intensivo, en Pescador Cauca, mediante el uso de un minisimulador de lluvia. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Colombia.

CASTILLO, J. A. 1994. Determinación del índice de erodabilidad (K) en dos suelos del Departamento del Cauca, Colombia. Tesis Msc, Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Colombia.

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.

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. p. 697-728.

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

JARAMILLO, A. y CHÁVES, C. 1999. Interceptación de la lluvia en un bosque y en plantaciones (*Coffea arabiga l.*). *Cenicafe* 49 (2). p. 129 – 135.

LAL, R. 1988. Conservación y manejo de suelos en los Trópicos. En: *Análisis del II Encuentro Nacional sobre control de Erosión*. Passo Fundo, Brasil. p. 5 -18.

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

MALAGÓN, D. 1998. El recurso suelo en

- Colombia- Inventario y Problemática-. Revista Academia Colombiana de la ciencia de los suelos. Vol. XXII. N° 82. p. 13-52.
- NAVIA, J; RODRÍGUEZ, S. y NAVIA, S. 2008. Evaluación del manejo de los residuos de papa (richie) y algunas especies forrajeras arbustivas como suplemento animal para los bovinos de leche en el trópico de altura de Nariño. Proyectos de Inversión. Asociación Hortifructícola de Colombia (ASOHOFrucol). Pasto. 46 p.
- 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. 1987. 23 p.
- QUIROZ M., T.; HINCAPIÉ G., E. 2007. Pérdidas de suelo por erosión en sistemas de producción de café con cultivos intercalados. Cenicafé 58(3): pag. 227-235.
- RAMIREZ, R. 2005. Cambios en la conductividad hidráulica y su relación con otras variables físicas de un andisol, bajo diferentes sistemas de manejo en el municipio de Marinilla Antioquia. Medellín: UNAL. 24 p.
- SAGREDO, C. 2005. Metodología para evaluar la estabilidad de camellones. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago de Chile. 23p.
- VOLVERÁS, B. 2005. "Efecto del tiempo de uso en las condiciones físicas del suelo andino". Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar el título de Master en suelos. Universidad Nacional de Colombia. Bogota – Colombia. 12p.

