

PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON PAPA *Solanum tuberosum* L. EN EL ALTIPLANO DE PASTO, COLOMBIA¹

Kevin Alvarado Narváez²

Vanessa López Peñafiel³

Jesús Castillo Franco⁴

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en la Estación Experimental FEDEPAPA ubicada en el corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño localizado a 1°13'LN y 77°16'LO a 2710msnm con una precipitación promedio anual de 840mm y temperatura promedio de 13°C, donde se evaluó la pérdida de suelo por erosión hídrica en siete sistemas productivos de papa (*Solanum tuberosum*) con tres repeticiones en un diseño de bloques completos al azar en un terreno entre 31-42% de pendiente. Se establecieron parcelas de escorrentía con una canaleta colectora de suelo y dos tanques sedimentadores para determinar la cantidad de suelo perdido en kg/ha después de cada evento de precipitación, los datos se expresaron en peso de suelo seco y las mediciones se realizaron durante un ciclo de cultivo de papa. El experimento se instaló en un terreno que permaneció por un periodo de 10 años bajo cobertura de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos, con mayores pérdidas de suelo en el tratamiento T2 (Monocultivo de papa con labranza tradicional, fertilización química y fertilización orgánica) con un promedio de 450,17kg/ha y con menores pérdidas de suelo en el tratamiento T4 (Cultivo de papa con barreras de pasto

¹ Artículo presentado a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño como requisito para optar por el Título de Ingeniero Agroforestal.

² Estudiante tesista, Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño, 2009; E-mail: sayarumi@hotmail.com

³ Estudiante tesista, Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño, 2009; E-mail: hyrcania789@hotmail.com

⁴ Profesor asistente. I. A. MSc .Ph.D Suelos. Facultad Ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia. 2009; E-mail: castilloja@telecom.com.co

brasileño *Phalaris sp* con labranza tradicional y aplicación de fertilización química) con un promedio de 164,55kg/ha, indicando la efectividad de las barreras en contorno de *Phalaris sp* como alternativa para la conservación de suelos en cultivo de papa en zona de ladera. Además se midió la pérdida de suelo por erosión antrópica en la labor de cosecha, obteniendo valores de 36,7tn/ha de suelo perdido equivalente a 0,5cm de lámina arable del suelo.

Palabras claves: Parcelas de escorrentía, precipitación, barreras, erosión.
Mecánica de suelos – Pasto
Erosión hídrica – Colombia
Conservación de suelos – Colombia

ABSTRACT

This research was developed in the FEDEPAPA's experimental station located in Obonuco, a Pasto city town, Nariño State, which is 1°13' north and 77°16' west, an altitude of 2.710m above sea level, an annual average rain fall of 840mm and an average temperature of 13°C where it were tested the soil loss by water erosion in seven productive potato systems (*Solanum tuberosum*) with three replications in a complete block design in random in a ground between 31-42% slope; runoff plots were established with a channel for collecting soil and sediment for two tanks to determine the amount of loss soil in kg/ha after each precipitation event, data were expressed in weight of dry soil and measurements were performed during a cycle potato crop. The experiment was installed on a land portion that remained for a period of 10 years under cover of kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*). The variance analysis showed significant differences between treatments, with greater soil losses for T2 (potato monoculture with mechanic tillage, chemical and organic fertilization); with an average of 450.17kg/ha and with less soil loss in the T4 treatment (potato crop with Brazilian grass barriers *Phalaris sp* mechanic tillage and chemical fertilization) with an average of 164.55kg/ha, indicating the effectiveness of barriers in contour *Phalaris sp* as alternative for Soil Conservation in potato crops on the hillside area. Also measured soil loss by the human induced erosion in the job, obtaining values of 36.7tn/ha soil losses equivalent to 0.5cm of arable layer soil.

Keywords: runoff plots, precipitation, barriers, erosion.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa es la actividad agrícola más sobresaliente en la zona fría de los Andes Colombianos; se estima un área sembrada de 180.000ha, donde el departamento de Nariño participa con el 15%, alrededor de 28.000ha (CEVIPAPA, 2005). El 90% de la producción comercial de papa se realiza en terrenos de ladera y el 10% en suelos planos mecanizables (CEVIPAPA, 2004).

La degradación de las propiedades físico químicas y biológicas de los suelos, y la consecuente pérdida acelerada de la productividad, constituyen la principal limitante de la producción agropecuaria en Nariño; hay un desajuste entre la capacidad y el uso del suelo y aplicación de tecnologías no apropiadas que han ocasionado que el 100% de los agroecosistemas se encuentren afectados y/o alterados por procesos de degradación (Ordóñez, 2007).

El uso del suelo con monocultivos y la mecanización no racional junto con la ausencia de prácticas de conservación de suelos, conduce a fuerte erosión y a pérdida de productividad manifestada en caída de rendimientos (Suárez, 1982), mientras la tierra se degrada y la producción disminuye, los agricultores se ven obligados a ralear mas áreas de bosques (Hellin, 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 lluvias de alta intensidad impactan suelos de baja estabilidad estructural con poca o ninguna cobertura superficial (Castillo, 2004).

Estudios realizados utilizando parcelas de escorrentía para medir erosión hídrica, señalan que suelos de ladera regularmente labrados y desnudos pueden sufrir erosiones de 183tn/ha/año, mientras que sistemas con barreras de pastos en contorno producen pérdidas por debajo de 1tn/ha/año (Müller y Castillo, 1997). Mediciones en cultivos de papa con

labranza mínima (guachado) producen pérdidas de suelo de 20,5tn/ha con surcos a favor de la pendiente y 4,4tn/ha con surcos a 30° y 45° en contra de la pendiente (Ordoñez, 2007).

Una forma de reducir la erosión hídrica es utilizar una cubierta vegetal sobre la superficie, que actúe como una barrera que disminuya la energía erosiva de las gotas de lluvia fraccionándolas en gotas más pequeñas, de esta forma se reduce la compactación, el sellamiento y el escurrimiento superficial (Shaxon *et al*, 1989) contribuyendo a mejorar o mantener la productividad y sostenibilidad del suelo (Lozano, 1960). Con la utilización de barreras vivas que presenten un rápido crecimiento y que su sistema radical permita el amarre del suelo, se recuperan condiciones biofísicas y dichas especies pueden convertirse en potenciales por sus buenas características de desarrollo, capacidad de sellado, macollamiento, y baja agresividad, complementando a otros métodos de conservación y recuperación del suelo (Carrasco y Valenzuela 1994).

El objetivo de esta investigación es generar información básica sobre predicción de erosión y escorrentía en diferentes unidades productivas con papa (*Solanum tuberosum*); monocultivo, asocio con barreras en contorno de mora de castilla (*Rubus glaucus benth*), asocio con barreras de pasto brasilero (*Phalaris sp*) y parcelas libres de vegetación. Éste estudio se realizó en el marco del proyecto “Desarrollo y Evaluación de Prácticas de Fertilización en Unidades Productivas Integrales Sostenibles con Papa en la Zona Andina del Departamento de Nariño” con el apoyo del Ministerio de agricultura, Universidad de Nariño y FEDEPAPA.

METODOLOGIA

La Investigación se desarrolló en el municipio de Pasto estación experimental FEDEPAPA Obonuco Localizado a 1°13'LN y 77°16'LO, a 2710msnm, con una precipitación promedio anual de 840mm y temperatura promedio de 13°C. El Centro Experimental se encuentra dentro de zona de vida Bs-pm (bosque seco-premontano) (Navia, Rodríguez y Navia, 2008).

Los suelos de ésta zona corresponden a una consolidación Vitric Haplustands AMBc fase moderadamente inclinada, originados 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 fino desarrollados a partir de cenizas volcánicas (IGAC, 2004).

El experimento se instaló en un terreno de 3,5 has con pendientes entre el 31-42%, el cual estuvo con una cobertura de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) por un periodo de 10 años; se hizo una distribución de siete tratamientos (Tabla 1) con tres repeticiones en un diseño de bloques completos al azar.

El terreno se preparó con labranza mecánica excepto el tratamiento (T5) preparado con labranza mínima (guachado). Las labores de fertilización y aporques se realizaron al mes y a los dos meses después de la siembra. La fertilización química utilizada en los tratamientos fue una mezcla de Urea (162 kg) , DAP (479,36 kg) y KCl (77,32 kg) a una dosis de 14gr/planta. Para la fertilización orgánica se utilizó gallinaza 3 tn/ha.

En los tratamientos 3 y 4 se establecieron dos barreras de pasto brasilero (*Phalaris sp.*) separadas 19m entre sí (Hudson, 1982) a una distancia de 10cm entre plantas.

En los tratamientos 5 y 6 se establecieron dos barreras de mora (*Rubus glaucus benth.*) separadas 19m entre sí (Hudson, 1982). Cada barrera se sembró a tres bolillo a una distancia de 2m entre surcos y 2,6m entre plantas.

Los tratamientos se establecieron en unidades productivas de 35m de largo por 18m de ancho, dentro de las cuales se trazaron las parcelas experimentales de 25m de largo por 6m de ancho con el objetivo de eliminar el efecto borde. En la parte superior se delimitaron con láminas de aluminio calibre nº 20 para evitar el paso de agua de esorrentía, los costados laterales no se delimitaron ya que los surcos del cultivo de papa cumplen esta función.

Tabla 1. Descripción de tratamientos para pérdida de suelo por erosión hídrica en diferentes sistemas productivos con papa, corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto 2009.

Tratamiento	Descripción	Sigla
T1	Cultivo de papa (P) (<i>Solanum tuberosum</i> V. <i>parca suprema</i>) con labranza tradicional (LT) (mecánica) del terreno y aplicación de fertilización química (Q). Al finalizar el ciclo del cultivo de papa este será sustituido nuevamente por pasto kikuyo (K) (<i>Pennisetum clandestinum</i>).	P LT Q K
T2	Cultivo de papa (P) (<i>Solanum tuberosum</i> V. <i>parca suprema</i>) con labranza tradicional (LT) (mecánica) y aplicación de fertilización química (Q) y fertilización orgánica (O) (2-1). Al finalizar el ciclo del cultivo de papa este será sustituido nuevamente por pasto kikuyo (K) (<i>Pennisetum clandestinum</i>).	P LT Q O K
T3	Cultivo de papa (P) (<i>Solanum tuberosum</i> V. <i>parca suprema</i>) con barreras de pasto brasilero (B) (<i>Phalaris sp</i>), con labranza tradicional (LT) (mecánica) y aplicación de fertilización química (Q). Al finalizar el ciclo del cultivo de papa este será sustituido nuevamente por pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>) (K).	P B LT Q K
T4	Cultivo de papa (P) (<i>Solanum tuberosum</i> V. <i>parca suprema</i>) con barreras de pasto brasilero (B) (<i>Phalaris sp</i>), con labranza tradicional (LT) (mecánica) y aplicación de fertilización química (Q). Al finalizar el ciclo del cultivo de papa este será sustituido por cultivos transitorios (C) (frijol, maíz, arveja, haba u otros).	P B LT Q C
T5	Cultivo de papa (P) (<i>Solanum tuberosum</i> V. <i>parca suprema</i>) con barreras de mora de castilla (M) (<i>Rubus glaucus benth</i>), con labranza mínima (LM) (guachado) y aplicación de fertilización química (Q). Al finalizar el ciclo del cultivo de papa este será sustituido por cultivos transitorios (C) (frijol, maíz, arveja, haba u otros).	P M LM Q C
T6	T6, Cultivo de papa (P) (<i>Solanum tuberosum</i> V. <i>parca suprema</i>) con barreras de mora de castilla (M) (<i>Rubus glaucus benth</i>), labranza tradicional (LT) (mecánica) y aplicación de fertilización química (Q) y fertilización orgánica (O) (2.1), Al finalizar el ciclo del cultivo de papa este será sustituido por cultivos transitorios (C) (frijol, maíz, arveja, haba u otros).	P M LT Q O C
T7	T7, Parcela libre de vegetación: esta parcela permaneció libre de vegetación durante toda la investigación.(LV)	LV

En la parte inferior se instaló una canaleta de PVC de 6m de largo y 20cm de ancho como canal colector de suelo erodado, la cual vierte su contenido de escorrentía en un tanque colector de 20 litros, previamente pasando por un tanque que actúa como colector-sedimentador y divide el agua de escorrentía en 20 partes iguales para optimizar la capacidad del tanque colector.

Para el registro de lluvias se instaló un pluviógrafo (marca Eijkelkamp modelo 6987 ZG) de registro diario. Se consideró como aguaceros independientes a todos aquellos eventos pluviales separados al menos por seis horas entre sí (Wischmeier y Smith, 1978).

Para cada evento pluvial se recogieron los sedimentos correspondientes a las canaletas colectoras y los sedimentos en el agua de escorrentía para cuantificar la erosión. El material transportado por la escorrentía depositado en las canaletas colectoras fue pesado en húmedo y una submuestra de aproximadamente 0,1- 0,2 kg, fue tomada y secada para calcular el peso del suelo seco depositado. Del agua de escorrentía se tomó una muestra homogénea de un litro, la cual se dejó decantar en laboratorio, para posteriormente secarla y calcular el peso del suelo presente en el agua de escorrentía (Castillo, 1994).

La pérdida total de suelo (kg/ha) es la suma de los sedimentos en suspensión más los sedimentos en las canaletas.

Las pérdidas de suelo por erosión antrópica que tuvieron lugar al momento de la cosecha del cultivo de papa, fueron pesadas expresando sus datos en peso seco al horno en tn/ha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A lo largo del ciclo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L*) se presentaron veintiún eventos de lluvia que generaron pérdidas de suelo en los diferentes tratamientos (Figura 1). La época más lluviosa y en la cual se registraron los valores más altos de erosión corresponde al mes de marzo con un máximo de 36,5ml.

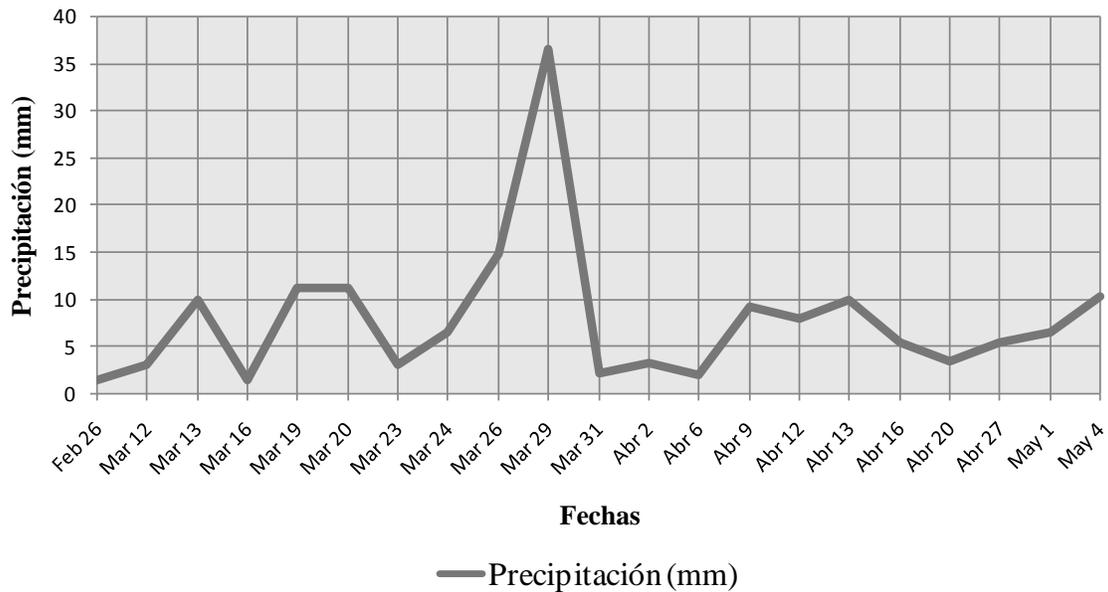


Figura 1: Periodo de Precipitación en el cual se generaron pérdidas de suelo, corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto 2009.

El análisis de varianza presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 2). Según la prueba de comparación de medias de Tukey el tratamiento que presentó promedio más alto es T2 (P+LT+Q+O+K) con 450,17 kg/ha, el cual se comporta estadísticamente igual a los tratamientos T6 (P+M+LT+Q+O+C), y T5 (P+M+LM+Q+C), mientras que T4 (P+B+LT+Q+C), presentó el promedio más bajo de 164,55 kg/ha y se comporta estadísticamente igual a los tratamientos T3 (P+B+LT+Q+K), y T7 (LV).

Tabla 2. Analisis de varianza para pérdida de suelo por erosión hídrica de siete sistemas productivos con papa (*Solanum tuberosum*) en el corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto 2009.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PS	21	0,91	0,85	14,02

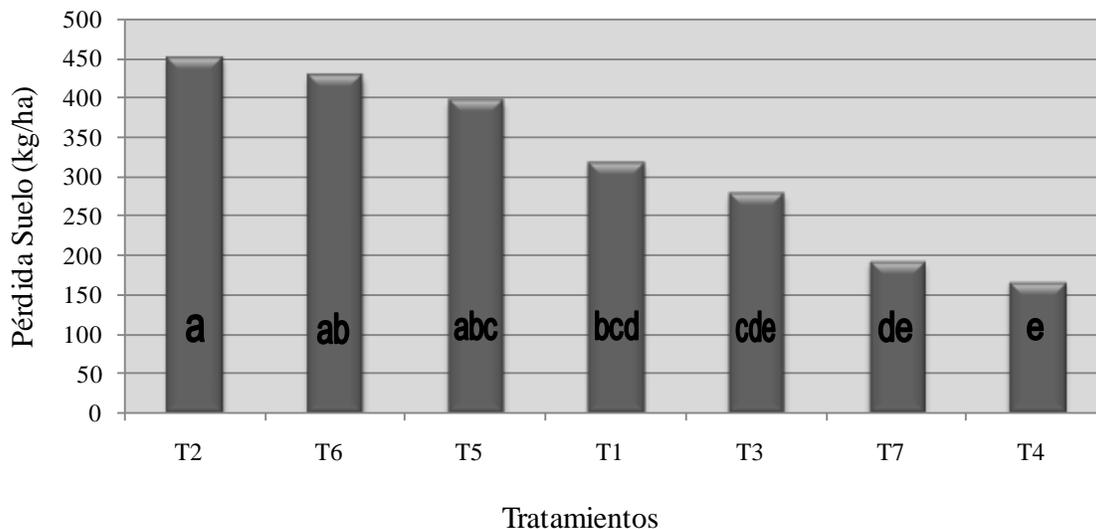
Cuadro de Análisis de varianza					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	233291,82	8	29161,48	14,73	<0,0001**
TRAT	230130,58	6	38355,10	19,38	<0,0001**
REP	3161,24	2	1580,62	0,80	
Error	23754,93	12	0,4725		
Total	257046,76	20	1979,58		

** Altamente significativo al 95% de confiabilidad.

Según el Banco Mundial, (1994) *Phalaris sp.* es una de las especies ideales para la conservación de suelos por su capacidad de sellado; como barrera viva cumple la función de hacer más lento el escurrimiento de agua permitiendo que gran parte de esta penetre, disminuyendo la pérdida de suelo. Durante la investigación *Phalaris sp.* utilizado como barrera en los tratamientos T4 (P+B+LT+Q+C) y T3 (P+B+LT+Q+K) alcanzó una altura promedio de 46,4cm y 42,6cm respectivamente, Molina *et al* (1982) registró alturas hasta de tres metros para esta especie en su máximo desarrollo. Los datos obtenidos sugieren que *Phalaris sp.* funciona en la conservación de suelos al implementarse como barreras vivas desde sus primeros estados de crecimiento. Castillo (2004), sugiere las franjas de pastos en contorno, como la mejor opción para reducir las pérdidas de suelo a los límites tolerables.

Los tratamientos T6 (P+M+LT+Q+O+C), y T5 (P+M+LM+Q+C) con utilización de barreras en contorno de mora de castilla (*Rubus glaucus benth*) presentan valores promedios de pérdida de suelo de 426, 68 kg/ha y 395,65 kg/ha respectivamente, siendo los que mayor erosión presentaron después del tratamiento de monocultivo T2 (Figura 2). Estos valores mencionados pueden obedecer a factores como el estado inicial de crecimiento en el cual estuvo la mora de castilla durante la investigación, la cual alcanzó una altura promedio de

24,4cm para T6 y 26,7cm para T5, es decir la densidad de las barreras fue muy baja, por tanto no cumplió la función esperada de retener el suelo transportado por la escorrentía.



Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Figura 2: Prueba de comparación de medias de Tukey para pérdida de suelo por erosión hídrica en siete sistemas productivos de papa (*Solanum tuberosum*) en el corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto 2009.

El tratamiento T5 (P+M+LM+Q+C) a diferencia de los demás tuvo una preparación de suelo con labranza mínima (guachado), sin embargo es el tercero con promedio más alto en cuanto a pérdida de suelo por erosión hídrica y el primero en cuanto a pérdida de suelo por erosión antrópica, sumando 12,5tn/ha de suelo perdido. Estudios realizados en la microcuena Rio Bobo por Ordoñez (2007) utilizando parcelas de escorrentía en cultivo de papa con labranza mínima (guachado), registraron pérdidas de suelo de 20,5tn/ha con surcos a favor de la pendiente y menores perdidas en sistemas con surcos a 30 y 45 grados en contra de la pendiente de 4,4tn/ha evaluando pérdida de suelo por erosión hídrica y antrópica.

El lote en el cual se estableció el experimento permaneció con cobertura de pasto kikuyo durante un periodo de 10 años, lo que puede explicar los bajos valores de pérdidas de suelo (Figura 3).

El tratamiento T7 (LV) perdió 190,85kg/ha, que en comparación con estudios realizados por Müller y Castillo (1997) donde se registran pérdidas de 183tn/ha/año son bajos; valor que puede explicarse debido a la estabilidad estructural del suelo que ha permanecido sin laboreo durante un largo periodo de tiempo, además, el pasto kikuyo por su gran proliferación de estolones forma una especie de colchón vegetal denso y sus raíces pueden alcanzar más de dos metros de longitud (Lobo y Díaz, 1998) permitiendo un amarre del suelo y haciendo difícil mantener la parcela totalmente libre de vegetación.

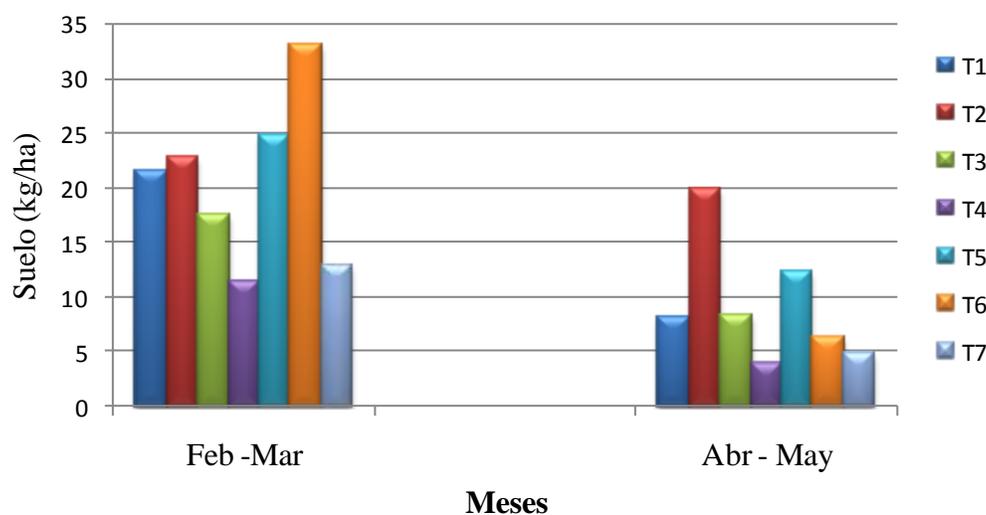


Figura 3: Promedios de pérdida de suelo por erosión hídrica, corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto 2009.

Independientemente del efecto de los tratamientos en la tabla 3 se observa que las mayores pérdidas de suelo se presentan al momento de la cosecha, la cual se realiza de forma manual utilizando el azadón para remover el suelo y facilitar la recolección de los tubérculos, ocasionando una pérdida total de 36,7tn/ha, que representan 0,5cm de la capa

arable del suelo. Mahecha, (1998) afirma que en la gran mayoría de los casos la erosión es el resultado de la acción antrópica sobre el ecosistema.

Tabla 3. Pérdida de suelo por erosión antrópica en siete sistemas productivos de papa (*Solanum tuberosum*) por labor de cosecha, corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto 2009.

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Total (tn/ha)
P. suelo (tn/ha)	2,9	8,2	9,7	2,2	12,1	1,6	0	36,7

CONCLUSIONES

Las menores pérdidas de suelo por erosión hídrica se presentaron en el tratamiento T4 (P+ B+ LT+Q) con 164.55 kg/ha, indicando que las barreras de pasto brasilero *Phalaris sp* cumplen la función de retener el suelo transportado por la escorrentía.

Las pérdidas de suelo más altas se presentaron en el tratamiento T2 (P+LT+Q+O) con 450,17 kg/ha seguido de T6 (P+M+LT+Q+O) con 426,68 kg/ha, y T5 (P+M+LM+Q) con 395,65 kg/ha.

Los tratamientos T6 (P+M+LT+Q+O) y T5 (P+M+LM+Q) con utilización de barreras en contorno de mora de castilla (*Rubus glaucus benth*) como componentes para la conservación de suelos se encuentran entre los valores que mayor erosión presentaron, lo que puede obedecer a factores como el estado inicial de crecimiento en el cual estuvo la mora de castilla durante la investigación.

El tratamiento T7 (LV) fue el segundo con valores más bajos de pérdida de suelo, debido a que el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) fue muy difícil de erradicar y mantuvo su cobertura, haciendo que las parcelas no estuvieran totalmente expuestas a la precipitación y que el suelo tuviera el amarre suficiente para no ser erodado.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto “Desarrollo y Evaluación de Prácticas de Fertilización en Unidades Productivas Integrales Sostenibles con Papa en la Zona Andina del Departamento de Nariño” con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Universidad de Nariño y la Federación Colombiana de productores de papa FEDEPAPA Regional Nariño.

Al Dr. Jesús A. Castillo Franco I. A., MSc., PhD, presidente de tesis. Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, al Programa de Ingeniería Agroforestal, sus docentes Jorge Fernando Navia I. A., MSc., PhD, y Jorge Alberto Vélez Lozano I.AF., MSc.

A la familia Alvarado Narváez. Martha Narváez, José Eudoro Alvarado, Robert Alvarado Narváez, a la familia López Peñafiel. Maritza Peñafiel, Javier López, Esteban López y familia Peñafiel Ruiz.

BIBLIOGRAFIA

BANCO MUNDIAL. Vetiver. La barrera contra la erosión. Washington, D.C. 1990. p 78.

CARRASCO, J. y VALENZUELA, J. Obras para conservación de suelos. Las mismas estructuras que se usan para evitar la erosión de los suelos, son útiles para conservar y aprovechar mejor el agua de lluvia. Revista IPA La Platina N° 81. 1994. p31-36.

CASTILLO, J. 1994. Determinación del Índice de Erodabilidad (K) en Dos Suelos del Departamento del Cauca, Colombia. Palmira: Universidad Nacional De Colombia.

CASTILLO, J. 2004. Variación de la Erodabilidad y Aplicación de la Ecuación Universal de pérdida de Suelo (USLE) en Los Andes Colombianos, Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Posgrados sede Palmira.

Centro Virtual de Investigación de la cadena Agroalimentaria de la Papa, CEVIPAPA. 2004, [http:// www.cevipapa.org.co](http://www.cevipapa.org.co); consulta: mayo 2009.

Centro Virtual de Investigación de la cadena Agroalimentaria de la Papa, CEVIPAPA. 2005. Primer taller Nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa. Raseo & Color Ltda. 99 p.

HELLIN, J. 2004. De erosión de suelos a suelos de calidad. Leisa Revista de Agroecología. Volumen (19), N° 4.

HUDSON, N. 1982. Conservación del suelo. Editorial Reverté, Barcelona (España). 335p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC, 2004. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Nariño. Cap. 3 Descripción de los Suelos. Bogotá (Colombia).

LOBO, M. DIAZ, O. 1998. Cursos virtuales. En: Agrostología, Editorial Universidad Estatal a Distancia, <http://www.uned.ac.cr/PMD/recursos/cursos/agrostologia/files/1-06.htm>. 1p.; consulta: mayo 2009.

LOZANO, M. 1960. Proyección y trazado de los cafetales. II conservación del suelo. Agricultura de las Américas.

MOLINA, C. OVALLE, L. GAMICA, J. 1982. Avances de la investigación en pastizales en las zonas altas de los Andes. Foniap Divulga N° 07. (Venezuela) <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd07/texto/avances.htm>

MÜLLER, K. y CASTILLO, J. 1997. Labranza mínima: ¿Una tecnología para las laderas de Colombia? Documento de trabajo N° 2. Proyecto de conservación de suelos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

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 Hortifruticola de Colombia (ASOHOFRUCOL). Pasto. 46 p.

ORDOÑEZ, E. 2007. Efecto Del Sistema Guachado (Wachay) Y Uso Del Suelo Sobre Algunas Propiedades Físicas En La Microcuenca Del Río Bobo, Departamento De Nariño. Universidad Nacional De Colombia, Tesis de Maestría En Ciencias Agrarias Con Énfasis En Suelos. Pasto (Colombia). 111 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.

SHAXON, T., HUDSON, N., SANDERS, D., ROOSEE and MOLDENHAUER, W. 1989. Land husbandry. A frame work for soil and water conservation. Soil and Water Conservation Society. Iowa, USA. 64 p.

SUAREZ, F. 1982. Informe técnico sobre causas y control de la erosión en el área del Corregimiento de Mondomo. CVC, Cali, 15p.

WISCHMEIER, W. y SMITH, D. 1978. Predicting Rainfall Erosión Losses: a Guide to Conservation Planning. USDA Agric. Handbook N° 537 Washinton D.C.