

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE BARRERAS PROTECTORAS
PRODUCTIVAS DE PASTO BRASILEIRO (*phalaris sp*) PARA CONTROL DE
EROSIÓN EN CULTIVOS ADYACENTES EN UN ANDISOL DEL ALTIPLANO
DE PASTO. DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

FRANCISCO JAVIER RODRIGUEZ CORTES

CARLOS JULIO TORRES TORRES

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PASTO-NARIÑO

2012

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE BARRERAS PROTECTORAS
PRODUCTIVAS DE PASTO BRASILEIRO (*Phalaris sp*) PARA CONTROL DE
EROSIÓN EN CULTIVOS ADYACENTES EN UN ANDISOL DEL ALTIPLANO
DE PASTO. DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

FRANCISCO JAVIER RODRIGUEZ CORTES

CARLOS JULIO TORRES TORRES

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Agrónomo**

PRESIDENTE DE TESIS

JESUS CASTILLO I.A, Ph.D

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PASTO-NARIÑO

2012

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1^{ro} del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Febrero de 2012

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCION	7
MÉTODOLOGIA	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
CONCLUSIONES	20
AGRADECIMIENTOS	20
LITERATURA CITADA.....	21

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE BARRERAS PROTECTORAS PRODUCTIVAS DE PASTO BRASILEIRO (*Phalaris sp*) PARA CONTROL DE EROSIÓN EN UN ANDISOL DEL ALTIPLANO DE PASTO. DEPARTAMENTO DE NARIÑO¹

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF PROTECTIVE PRODUCTIVE BARRIERS OF BRAZILIAN PASTURE (*Phalaris sp*) FOR CONTROL OF EROSION IN AN ANDISOL OF THE ALTIPLANE OF PASTO. DEPARTMENT OF NARIÑO

Francisco Rodríguez C.², Carlos Torres T.², Jesús Castillo³

RESUMEN

El estudio se realizó en un periodo de seis meses (mayo a octubre del 2010), en la estación experimental FEDEPAPA, ubicada en el corregimiento de Obonuco, Municipio de Pasto, a 1° 11' 56'' latitud Norte y 77° 18' 15'' longitud Oeste, con una altura de 2.850 m.s.n.m, precipitación promedia anual de 840 mm, temperatura promedio de 13°C; evaluándose la influencia del pasto brasilero (*Phalaris sp*) ubicado como barrera protectora-productiva en un cultivo tradicional de arveja (*Pisum sativum* L.) sembrado en sentido de la pendiente (40%). Los tratamientos establecidos fueron T1 (parcelas con barrera) y T2 (parcelas sin barrera). Se utilizó diseño experimental de bloques completos al azar BCA con arreglo factorial de 2 x 3 para evaluar las variables de rendimiento del cultivo de arveja con respecto a tres distancias (D1: 0,5 m, D2: 1 m y D3: 1,5 m), los datos se sometieron al Análisis de Varianza y a la Prueba múltiple de medias Tukey ($P 0,05$) en el paquete estadístico SAS; además se comparó la pérdida de suelo en los dos tratamientos mediante una Prueba de T. Para la determinación de calidad y producción del pasto brasilero, se estableció un ciclo de corte máximo de 60 días en el cual se midió: (ap) altura de planta, (pc) proteína cruda, (fc) fibra cruda, (ms) materia seca y rendimiento. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, el factor distancia no presentó diferencias estadísticas en la gran mayoría de las variables con excepción de (p100g) peso de 100 granos con D3 como la distancia más efectiva, no se hallaron diferencias para su interacción, La pérdida de suelo disminuyó de 12,51 t ha⁻¹ (T2) a 0,56 t ha⁻¹ (T1), El pasto presentó buen contenido de (pc), (fc) y (ms) al igual que un buen rendimiento, lo que hace del pasto brasilero un gran aporte para los agricultores de la zona. Por lo tanto se recomienda la utilización de barrera protectora-productiva de *Phalaris sp*, en sistemas agrícolas que estén ubicados en zonas con algún grado de pendiente.

PALABRAS CLAVE: barrera, conservación, ladera., erosión, *Phalaris*

ABSTRACT

The study was conducted over a period of six months (May to October 2010), FEDEPAPA experimental station, located in the village of Obonuco, municipality of Pasto, 1 ° 11 '56" north latitude and 77 ° 18'15 " West longitude, with a height of 2,850 m, mean annual precipitation of 840 mm, average temperature of 13 ° C. The influence of grass Brazilian (*Phalaris* sp) located as a protective barrier and productive in a traditional crop of peas (*Pisum sativum* L.) planted in the direction of the slope (40%). Established treatments were T1 (barrier plots) and T2 (pitches without barrier). Experimental design was used a randomized complete block with factorial arrangement of BCA 2 x 3 to evaluate the performance variables pea crop for three distances (D1: 0.5 m, D2: 1 m, D3: 1.5 m), the data were subjected to analysis of variance and Tukey multiple media test ($P = 0.05$) in the SAS statistical package, besides comparing the soil loss in the two treatments using a test T. To determine the quality and production of Brazilian pasture, established a cutting cycle of 60 days in which measured: (ap) plant height (pc) crude protein, (fc) crude fiber (ms) field dry performance. We found highly significant statistical differences between treatments, the distance factor did not show statistical differences in most of the variables with the exception of (p100g) weighing 100 grains and the distance D3 more effective, no differences were found for interaction. The soil loss decreased from 12.51 t ha⁻¹ (T2) to 0.56 t ha⁻¹ (T1), The grass has good content (PC), (fc) and (ms) as good a performance, which makes grass an important contribution to Brazilian farmers in the area. therefore recommends the use of protective barrier *Phalaris* sp-productive in agricultural systems that are located in areas with some degree of slope and erosion control need

KEYWORDS: barrier, conservation, hillside., Erosion, *Phalaris*

INTRODUCCION

El suelo es uno de los recursos naturales que ha venido sufriendo severos procesos de degradación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas con una consecuente pérdida acelerada de la productividad, constituyendo el principal limitante de la producción agropecuaria en el mundo. (Durán; 1998)

En Colombia gran parte de la producción de cultivos en ladera se ve afectada por diferentes factores tanto climáticos como de manejo. Una de las causas más importantes y que trae mayores pérdidas en el rendimiento se ve reflejada en la degradación del suelo, la cual contribuye a la disminución de su capacidad para soportar vida, no solo la vegetal, que es la más visible, sino también la microflora. La degradación siempre tiene como efecto principal y más notable, la disminución de la producción de biomasa. Además, dificulta la integración de la materia orgánica depositada sobre el suelo por la agresión que se produce en la fauna y microflora. (Müller-Sämman, 1997).

Howeler (1986) indica que, según un estudio de las Naciones Unidas, en Colombia se pierden cada año 426 millones de toneladas de suelo, lo que corresponde a 3.7 t/ha de superficie del territorio nacional. Un ejemplo lo tenemos en el alto Cauca, donde según Suárez (1984), citado por Cadavid L (1987-1990), de las 2, 200,000 ha (área de jurisdicción de la CVC), 800,000 presentan problemas de erosión, y de ellas, 100,000 tienen erosión crítica de grado severo a muy severo.

Todo esto lleva a la necesidad de establecer tecnologías prácticas viables que solucionen los procesos de degradación de los suelos. Dentro de un sinnúmero de métodos de conservación y recuperación, se encuentran las franjas protectoras establecidas con pastos y plantas herbáceas que presenten un rápido crecimiento y que su sistema radicular permita el amarre del suelo. Con el método de franjas, se recuperan condiciones biofísicas del suelo, y dicha especie puede tener un potencial por sus buenas características de desarrollo, capacidad de sellado, macollamiento, y baja agresividad; complementado a otros métodos de conservación y recuperación del suelos (Carrasco y Valenzuela 1994).

Las barreras vivas constituyen una práctica de conservación agronómica aplicable a tierras arables y no arables de ladera, y a diversos sistemas agrícolas, siendo de mayor eficiencia y transferibilidad en países tropicales tanto por su bajo costo como por su simplicidad de diseño y facilidad de mantenimiento. Rodríguez (1993)

El efecto de las barreras vivas ha sido evaluado en diversas variables relacionadas con la productividad de los suelos y en la combinación con otras prácticas de manejo encontrándose efectos satisfactorios por ejemplo, sivaraj (1996) encontró un 20% de humedad de los suelos, Sur y Sandhu (1996) reportaron incremento de hasta 142% en el cultivo de soya al implementar en este barreras vivas de vetiver.

Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar la influencia del pasto brasileño (*Phalaris sp*) en cultivos, como especie potencial para utilizarlas como barrera protectora-productiva dentro de los sistemas productivos del altiplano de pasto, este estudio evaluó los componentes de rendimiento del cultivo de arvejas, el crecimiento en altura del pasto, calidad y rendimiento del mismo, al igual que la capacidad de retención de sedimentos que posee la barrera de pasto brasileño.

El estudio fue realizado 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 y Desarrollo Rural (MADR).

MÉTODOLOGIA

Localización

El proyecto se desarrolló en el Centro de Investigación FEDEPAPA, ubicada en el Corregimiento de Obonuco a 5Km de la ciudad de Pasto a una altura de 2850 msnm y una temperatura promedio de 13°C, con latitud norte 1° 11' 56'' y longitud oeste 77° 18' 15'', una precipitación promedio anual de 840 mm y vientos fuertes predominantes con dirección Este – Oeste (IDEAM, 2011). La zona de vida según Holdridge (1982), corresponde a bosque seco premontano (Bs-pm). Los suelos de la zona corresponden a Andisoles, los cuales son derivados de ceniza volcánica con contenidos predominantes de alófana (CENICAFE, 2005). Estos suelos se clasifican y se agrupan a nivel de familia en *Vitric haplustands* (IGAC, 2004).

Área de estudio

Dentro del macroproyecto “Desarrollo y Evaluación de Prácticas de Fertilización en Unidades Productivas Integrales Sostenibles con Papa en la Zona Andina del Departamento de Nariño” se instalaron siete tratamientos (Cuadro 1), de los cuales se seleccionaron T1 y T2 para esta investigación, el primero (T1) se estableció como tratamiento (parcelas con barrera de pasto brasilero) y el segundo (T2) se estableció como tratamiento (parcelas sin barrera de pasto brasilero) en este estudio, donde se evaluaron las diferentes variables descritas a continuación.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos del macroproyecto.

Tratamiento	Descripción
T1	Cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> V. parda suprema) con barreras de pasto brasileño (<i>Phalaris</i> sp.), con labranza tradicional (mecánica) y aplicación de fertilización química . Al finalizar el ciclo del cultivo de papa, este será sustituido por cultivo de arveja.
T2	Parcela testigo, sembrada con cultivo tradicional arveja (<i>Pisum sativum</i> L.).

El sistema productivo constó de seis parcelas experimentales (repeticiones) sembradas con un cultivo tradicional de arveja (*Pisum sativum* L.) en sentido de la pendiente vertical de (40%), en un área de 132 m² cada parcela (6 m ancho x 22 m largo).

En tres de las parcelas se instalaron barreras protectoras-productiva con pasto brasilero (*phalaris* sp) (T1) en forma perpendicular a la pendiente dentro del cultivo tradicional. El área de cada una de las barreras fue de 12 m² (6 m largo x 2 m ancho), Las tres parcelas restantes se tomaron como testigo marcando en cada una el espacio proporcional a la barrera (12 m²) (T2).

El cultivo de arveja fue establecido con semilla de la variedad San Isidro certificada para la zona. Se utilizó distancia de siembra de 10 cm entre planta y 1 m entre surco, en cada una de las parcelas experimentales. Para las barreras de pasto se utilizó el sistema de siembra al chorrillo.

Variables evaluadas

Componentes morfológicos del cultivo tradicional arveja (*Pisum sativum* L.)

Para establecer los componentes morfológicos del cultivo de arveja tanto en T1 (parcelas con barrera) como en T2 (parcelas sin barrera) se tomaron los datos con respecto a las tres distancias o áreas experimentales ya mencionadas (D1: 0,5 m, D2: 1m y D3: 1,5m):

- **Altura de la planta (cm):** se tomaron 18 plantas en cada una de las tres áreas evaluadas con respecto a la franja y se midió su longitud (cm) con ayuda de una cinta métrica.
- **Longitud de vaina (cm):** se tomaron 10 vainas al azar de cada parcela experimental evaluada y se midió su longitud (cm) con ayuda de una regla.

Componentes de rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.)

Para establecer los componentes de rendimiento del cultivo de arveja tanto en T1 (parcelas con barrera) como en T2 (parcelas sin barrera) se tomaron los datos con respecto a las tres distancias o áreas experimentales ya mencionadas (D1: 0,5 m, D2: 1m y D3: 1,5m):

- **Número de vainas por planta:** se contaron las vainas de las 18 plantas tomadas de cada una de las tres áreas evaluadas con lo que se obtuvo el número de vainas por plantas
- **Número de granos por vaina:** se seleccionaron 3 grupos de 50 vainas por cada distancia a las que se les realizó el conteo de sus granos por separado.
- **Relación grano vs vaina:** se contaron los granos de 3 grupos de 50 vainas tomadas al azar por cada distancia evaluada y se realizó el cálculo respectivo.
- **Peso de 100 vainas verdes:** se pesaron 3 grupos de 100 vainas en verde al azar por cada área experimental evaluada.
- **Peso de 100 granos verdes:** se pesaron 3 grupos de 100 granos en verde al azar por cada área experimental.

Evaluación del efecto de la barrera protectora – productiva sobre el rendimiento del cultivo tradicional arveja (*Pisum sativum* L.)

Para evaluar los rendimientos se realizó una comparación entre las producciones presentadas por el cultivo sin la tecnología de reemplazo (barrera protectora-productiva) y las producciones obtenidas por el cultivo con el sistema compensatorio aplicado. Se tomaron datos del peso de la cosecha en verde del cultivo de arveja de cada una de las

áreas experimentales en los dos tratamientos, para así establecer el rendimiento que determinará la influencia de la barrera de *phalaris sp* sobre el cultivo de arveja.

Evaluación de componentes de calidad y rendimiento del pasto brasilero (*phalaris sp*)

A las barreras de pasto brasilero *Phalaris sp* establecidas en el 2007, se les realizó un corte hasta la altura de 10 cm con el objetivo de tener un punto de referencia para medir el crecimiento en altura del pasto, desde ese momento se realizaron mediciones periódicas cada 15 días por dos meses tiempo en que se ejecutó el corte, el cual se realizó con una hoz metálica. se pesó con una balanza el producto resultante de las barreras, para obtener el rendimiento en kg/ mt²/corte de forraje verde, con el que se estimó la producción en ton/ha/corte de forraje verde de las barreras, se tomaron muestra de 100 gramos a cada una de las franjas, estas muestras fueron llevadas al laboratorio especializado de la Universidad de Nariño donde se les realizó un análisis bromatológico para determinar (**ms**) materia seca, (**fc**) fibra cruda y (**pc**) proteína cruda, esto se llevó a cabo en el momento en que el pasto cumplió su ciclo de corte a los 2 meses y se repitió durante 3 ciclos de cortes, cabe anotar que el pasto se encontraba en etapa de prefloración, todas las muestra de forraje fueron tomadas siguiendo los pasos citados por (Salamanca, 1986).

Componente suelo

Se instalaron canaletas de recolección en el límite inferior de cada parcela tanto en T1 (parcelas con barrera) como en T2 (parcelas sin barrera) con el fin de captar los sedimentos (suelo) que se transportan a causa de la erosión hídrica. Se recogió el suelo encontrado en la canaleta cada semana por cuatro meses y medio; se tomó una muestra de 1 kg para ser secada en el horno del Laboratorio de Suelos de la Universidad de Nariño, obteniendo así su peso en seco. Luego, los resultados fueron extrapolados a kg ha⁻¹ de suelo seco perdido.

Análisis de las variables

- **Cultivo tradicional de arveja (*Pisum sativum L.*)**

Las variables evaluadas correspondientes al cultivo tradicional de arveja fueron sometidas al Análisis de Varianza (Andevas) en un diseño de bloques completos al azar (BCA) con tres repeticiones bajo un arreglo factorial 2x3. El *factor A*, corresponde a los dos tratamientos: T1= parcelas con barrera y T2= parcelas sin barrera. El *factor B*, se asignó a las tres distancias en las que se midieron los componentes de rendimiento con respecto a la barrera, estas fueron: D1= 0,5 m, D2= 1 m y D3=1,5 m. La comparación de los valores promedio de las variables de respuesta a los tratamientos se realizó con la prueba múltiple de media de Tukey ($P = 0,05$). Los datos se corrieron en el paquete estadístico SAS.

- **Barrera de pasto brasilero (*phalaris sp*)**

Para las variables que se relacionan con los componentes calidad y de rendimiento de la

barrera de pasto brasilero, se realizó una comparación teórica con estudios de diferentes localidades, además se tomó como referencia los valores dictados por manual de pastos cultivados para zonas alto andina (DGPA *et al*, 2009).

- **Componente suelo**

Para evaluar la pérdida de suelo se utilizó una prueba de T ($P = 0,05$) con el objetivo de comparar los valores promedio de erosión en el tratamiento 1 (parcelas con barrera) y en el tratamiento 2 (parcelas sin barrera).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis estadístico

Componentes de rendimiento del cultivo tradicional arveja (*Pisum sativum* L.)

Tabla 1. Análisis de Varianza para Nro de vainas por planta, Nro de granos por vainas, relación granos/vaina (g/v), peso de 100 granos y peso de 100 vainas en arveja (*Pisum sativum* L.)

FV	GL	CM				
		No vainas por planta	No Granos por vaina	Relación Granos/vaina	Peso 100 granos	Peso 100 vainas
Modelo	7	1.54	2.02	2.30	282.63	30353.01
Rep.	2	0.05	0.19	0.42	0.63	3492.16
Tratamientos	1	10.24**	13.69**	1.82**	1916.98**	202710.05**
Dist.	2	0.16 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.01 ^{ns}	26.80*	447.07 ^{ns}
Trat. x Dist	2	0.17 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.01 ^{ns}	3.27 ^{ns}	941.30 ^{ns}
Error	46	0.00	0.08	0.05	6.15	1080.23
Total	53					

**Diferencias altamente significativas; *Diferencias significativas ($P = 0,05$); ns, no significativo ($P = 0,05$).

El análisis de Varianza indica diferencias estadísticas altamente significativas para las variables Nro. de vainas por planta, Nro. de granos por vaina, relación granos/vaina, peso de 100 granos y peso de 100 vainas entre tratamientos. No se encontró diferencias estadísticas significativas para distancias en las variables Nro. de vainas por planta, Nro. de granos por vaina, relación granos/vaina y peso de 100 vainas, En la variable peso de 100 granos se encontraron diferencias estadísticas significativas para este factor, no se presentaron diferencias estadísticas para su interacción (Tabla 1).

La prueba de comparación de medias Tukey indica que el mayor número de vainas por planta encontrado se presentó en el tratamiento 1 (parcelas con barrera) con un promedio de 6,90 v/p, el cual difiere estadísticamente del tratamiento 2 (parcelas sin barrera) con 4,75 v/p, el promedio obtenido en el T1 es comparable con el obtenido por Ligarreto y Ospina

(2009) en la investigación realizada en la sabana de Bogota, en la que se presentó un promedio de 6,75 vainas por plantas en arveja variedad san Isidro.

Con respecto a la variable número de granos por vainas la prueba de comparación de medias Tukey indica que el mayor número de granos por vainas encontrados se presentó en el tratamiento 1 (parcelas con barrera) con 6,66g/v; diferencias estadísticas altamente significativas al tratamiento 2 (parcelas sin barrera) con 4,42 g/v. De igual manera, la prueba de comparación de medias Tukey para la relación granos/vaina. Indica que el tratamiento 1 con un promedio de 283,2 granos en 50 vaina presenta diferencias altamente significativas frente al tratamiento 2 con un promedio de 253,23 grano (Tabla 2).

Para la variable peso de 100 granos según la prueba de comparación de medias Tukey se presentaron diferencias altamente significativas para el tratamiento 1 (parcelas con barrera) con 74,7 g, con respecto al tratamiento 2 (parcelas sin barrera) con 65,5g. Así mismo, en la variable peso de 100 vainas el tratamiento 1 se encontró con diferencias estadísticas altamente significativas al tratamiento 2, presentando un promedio de 610,9 en T1 y 460,9 en T2 (Tabla 2).

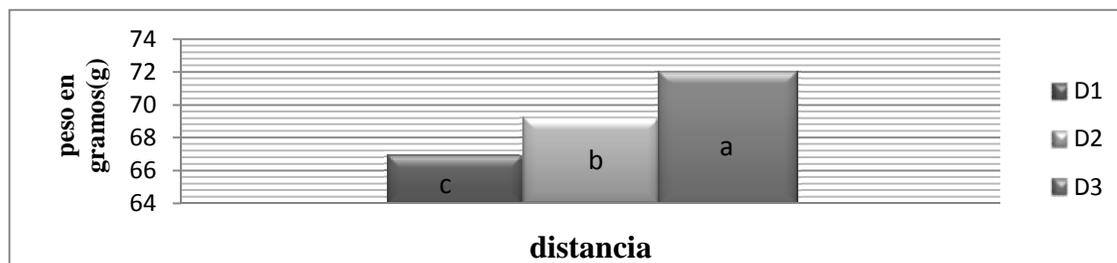
Tabla 2. Prueba de comparación de medias Tukey para las variables Nro de vainas por planta, Nro de granos por vaina, relación granos/vaina, peso 100 granos, peso 100 vainas en arveja (*Pisum sativum* L.).

Tratamiento	Media				
	Nro. vainas por planta	Nro. Granos por vaina	Relación Granos/vaina	Peso (g) 100 granos	Peso (g) 100 vainas
1	6,90 a	6,66 a	283,25a	74,7 a	610,9 a
2	4,75 b	4,42 b	253,23b	65,5 b	460,9 b

Promedios con letras distintas en la misma columna presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias Tukey (P 0,05).

De igual manera el análisis estadístico indicó diferencia significativa para el factor distancia, (tabla 1) la prueba de comparación de medias Tukey mostro diferencias estadísticas, (grafico 1) ($p \leq 0,05$), siendo D3 con un promedio de 72g la distancia más destacada ya que difiere estadísticamente de D2 con un promedio de 69,2g y D1 con 67 g como las distancias menos efectivas para esta variable, probablemente este resultado está relacionado con la competencia que pudo haberse presentado entre plantas por nutrientes, agua y luminosidad, también se podría asumir que este resultado tendría que ver con una leve competencia por parte de la barrera a distancias menores de 1.5 metros para la variable (p100g) Terán (2008) atribuyó a factores ambientales y a competencia interespecificas los resultados obtenidos en su investigación realizada en los cultivos de haba y papa en los cuales se obtuvieron los mejores promedios a distancias mayores a 1 mt con respecto a la barrera viva, pero Martínez y Martínez (1997) aseguran que la variable peso de 100 semillas es poco afectada por el ambiente y que las diferencias presentadas se deben más a la carga genética de las mismas.

Grafico 1. Promedios obtenidos por distancia para la variable (p100g).



Prueba de Tukey, letras distintas indican diferencias estadísticas ($p <= 0,05$).

Las diferencias estadísticas altamente significativas presentadas en el Análisis de Varianza y en la prueba de comparación de medias Tukey para las variables Nro. de vainas por plantas, Nro. de granos por vainas, relación granos/vaina, peso de 100 granos y peso de 100 vainas entre tratamientos, se pueden deber al efecto causado por la barrera en la disminución del lavado de nutrientes y minerales por causa de la pendiente, ya que el fin principal del establecimiento de las barreras vivas es el de lograr controlar en cierto grado los niveles de erosión de los suelos. Ellas actúan como reductoras de la velocidad del agua de escorrentía pendiente abajo y además sirven como filtros vivos, que retienen los sedimentos, nutrientes del suelo y residuos vegetales que transporta el agua que escurre sobre el terreno (Cubero, 1999).

Según Chávez y Quistial (2010) cuando el número de granos se sitúa entre tres y cuatro se considera bajo, medio entre cinco y seis y alto mayor de seis; es decir que para el tratamiento 1 (parcelas con barrera), se presentó un nivel alto de granos/vaina, que en comparación al tratamiento 2 (parcelas sin barrera) con 4,42 g/v. este se encuentra entre los niveles bajos de granos/vaina, resultados que pueden ser favorables para el rendimiento del cultivo, en donde se puede reflejar el efecto que la barrera puede producir.

Tabla 3. Análisis de Varianza para la variable altura de planta en arveja (*Pisum sativum* L.).

FV	GL	CM
		Altura de planta
Modelo	7	0,03
Rep.	2	0,00
Trat	1	0,18 **
Dist	2	0,00 ^{ns}
Trat. x Dist	2	0,01 ^{ns}
Error	100	0,00
Total	107	

***Diferencias altamente significativas ($P < 0,05$); ns, no significativo ($P > 0,05$).*

Tabla 4. Análisis de Varianza para la variable longitud de vaina en arveja (*Pisum sativum* L.).

FV	GL	CM
		Long. Vaina
Modelo	7	1,80
Rep.	2	0,46
Trat.	1	11,36 **
Dist.	2	0,06 ^{ns}
Trat. x Dist	2	0,13 ^{ns}
Error	172	0,06
Total	179	

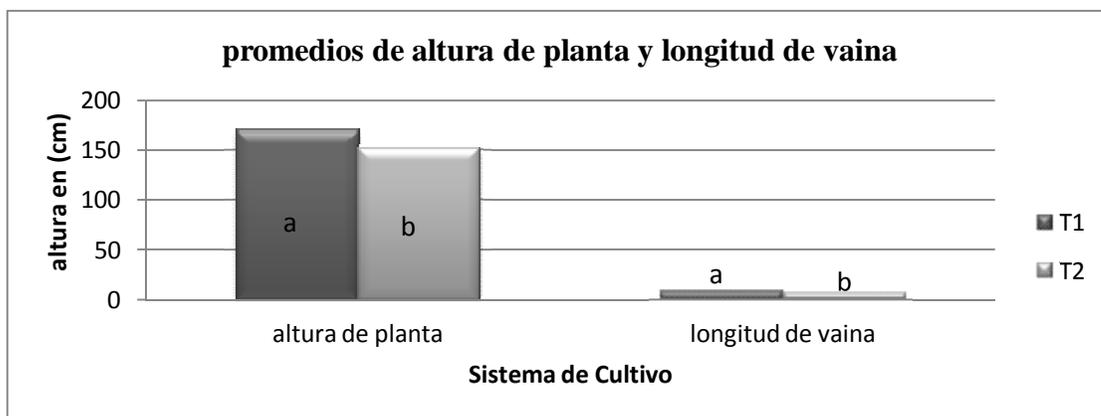
***Diferencias altamente significativas (P 0,05); ns, no significativo (P 0,05).*

El análisis de varianza para las variables altura de planta y longitud de vaina detecta diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. No se encontraron diferencias estadísticas significativas para distancias, ni para su interacción (Tabla 3 y Tabla 4).

La prueba de comparación de medias Tukey para la variable altura de planta, indica que el tratamiento 1 (parcelas con barrera) presentó diferencias altamente significativas con 171 cm de alto, en contraste con el tratamiento 2 (parcela sin barrera) con 157cm (grafico 2). Este comportamiento puede deberse a que la variedad sembrada (San Isidro) tiene un hábito de crecimiento indefinido y su longitud es mayor de 1.50m (Arteaga *et al*, 2007); Además, cabe anotar que posiblemente el efecto que produce la barrera en la disminución de la velocidad del agua, previniendo el arrastre del suelo, beneficiando un mejor desarrollo de las plantas

La variable longitud de vaina según la prueba de comparación de medias Tukey indica que el promedio en el tratamiento 1 (parcelas con barrera) fue de 8,42 cm, el cual presenta diferencias estadísticas altamente significativas con respecto al tratamiento 2 (parcelas sin barrera) con un promedio de 7,30 cm (Tabla 5). Estas diferencias podrían deberse a la variabilidad de las condiciones ambientales como exceso de humedad en el suelo en la etapa temprana del desarrollo del cultivo o por la reducción en la luminosidad a lo largo del cultivo. Además, de acuerdo con la longitud de vaina la planta de arveja desarrolla un número de óvulos guardando un espaciamiento necesario para el desarrollo posterior de los granos, por tanto la longitud de la vaina y el número de óvulos por vaina guarda exactamente la misma relación de distanciamiento de acuerdo con el tamaño final del grano (Clavijo y Galindo, 2007).

Grafico (2). Prueba de comparación de medias Tukey para las variables altura de planta y longitud de vaina en arveja (*Pisum sativum* L.).



Promedios con letras distintas en la misma columna presentan diferencias estadísticas según la prueba de medias Tukey (P 0,05).

Según lo anterior, se puede deducir que esta variable es una de las más importantes dentro del cultivo tradicional de arveja, puesto que se relaciona directamente con el rendimiento, ya que a mayor longitud de vaina mayor número de óvulos que madurarán convirtiéndose en granos.

Tabla 5. Análisis de Varianza para la variable rendimiento del cultivo tradicional de arveja (*Pisum sativum* L.).

FV	GL	CM
		Rendimiento (ton ha ⁻¹)
Modelo	7	29,03
Rep.	2	0,14
Trat.	1	201,16 **
Dist.	2	0,54 ^{ns}
Trat. x Dist	2	0,35 ^{ns}
Error	28	0,68
Total	35	

***Diferencias altamente significativas (P 0,05); ns, no significativo (P 0,05).*

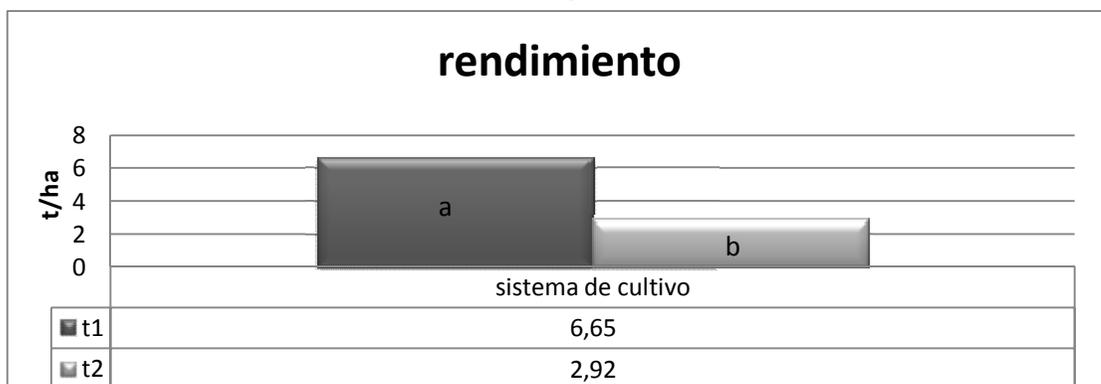
El Análisis de Varianza para el rendimiento del cultivo tradicional de arveja (*Pisum Sativum* L.), detecta diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos.

No se encontraron diferencias significativas entre distancias, ni su interacción (Tabla 6).

La prueba de comparación de medias Tukey indica que el promedio de rendimiento fue de 6,6 t/ha⁻¹ en el tratamiento 1 (parcelas con barrera), que difiere estadísticamente del tratamiento 2 (parcelas sin barrera) con un promedio de 2,92 t/ha⁻¹ (grafico 3). Las barreras conservacionistas proporcionan mayor eficiencia en el control del escurrimiento superficial por la acción filtrante de la vegetación, que provoca la acumulación de suelo deslavado y de sedimentos, mejorando las condiciones para los cultivos (INIFAP, 2009).

Por tanto, existe gran probabilidad de que la influencia y el beneficio que presta la barrera protectora-productiva de *phalaris.sp.* Es eficiente y aporta al rendimiento de los cultivos tradicionales producidos en ladera. Sur y Sandhu (1996) reportaron incremento del rendimiento hasta 122% en cultivos de maíz, 98% en ajonjolí y 142% en soya. Todos asociados a barreras protectoras de pasto; lo que demuestra el efecto positivo que descarga la adecuación de las barreras protectoras-productivas sobre los cultivos tradicionales producidos en zonas de pendiente, al reducir la velocidad de la escorrentía y sectorizar la longitud de la pendiente; lo que convierte a esta medida en una alternativa viable para los agricultores al momento de implementar un sistema productivo.

Grafico(2). Prueba de comparación de medias Tukey para la variable de rendimiento del cultivo tradicional arveja (*Pisum sativum* L.).



Promedios con letras distintas en la misma columna presentan diferencias altamente significativas según la prueba de medias Tukey (P 0,05).

Determinación de producción y calidad del pasto brasileiro.

El pasto brasileiro presentó una (**ap**) altura de planta promedio de 87 cm durante los dos meses de evaluación(Tabla 6), periodo en que se realizo el corte, el resultado obtenido está por encima el reportado por (Urbano, 1995). En estudios realizados en el Campo Experimental Mucuchíes Quien obtuvo una altura promedio de 60 cm en un periodo de 53 días, la altura presentada en este ensayo se debe a la adaptabilidad que presenta el pasto Phalaris a las condiciones de la zona según Moreno (2007).

Se estimó un (**rth**) rendimiento ton/ha/corte de forraje verde promedio para la producción del pasto brasilero de 7.66. T/ha/corte Promedio que está en el rango de lo descrito por urbano, (1995). Quien obtuvo rendimientos que oscilaron entre 5 y 8 ton/ha/corte de forraje verde, Concerniente a la producción de (**ms**) materia seca se obtuvo un porcentaje promedio del 26 %, lo que expresado a ton/ha/corte de materia seca equivale a 1,99. Promedio que está por debajo de lo reportado por salamanca (1986) quien estableció un rango que oscila entre 2 y 5 toneladas de materia seca/ha/corte, pero se asemeja al resultado obtenido por urbano (1995) cuyo promedio fue de 1,8 a 2,5 ton/ha/corte de materia seca Narváez y Tabla (2009) afirma que la producción de forraje verde y el porcentaje de materia seca del pasto brasilero se ven influenciada por factores climáticos, edáficos y nutricionales.

El análisis bromatológico determino un porcentaje de (**pc**) proteína cruda para el pasto brasilero de 20.4%, este difiere con el porcentajes obtenidos por urbano, (1995). El cual fue 9.86 a 17.53%, pero es comparable con el obtenido por Espinosa (2008) quien reporta promedios que van de 19,43 a 21.74% en su investigación realizada en la vereda Los Lirios, Municipio de Pasto. Esto hace del pasto brasilero una muy buena fuente de alimenticia para la producción de especies menores.

En cuanto al porcentaje de (**fc**) fibra cruda, mediante el análisis se obtuvo un 23.0% para el pasto *Phalaris*, dato que afirma el promedio establecido por Villacres (1976) en su investigación efectuada en tumbaco ecuador el cual está entre 22.2 a 34,6% en pasto brasilero a 60 días después del último corte. Esto garantiza que el pasto producido en esta zona es una muy buena fuente de fibra para los animales producidos por los agricultores.

Las características de producción y calidad que presento el pasto obtenido de las barreras vivas, estuvieron dentro de los rangos óptimos especificados por dgpa (2009) para la producción de especies menores, lo que hace de la barrera protectora- productiva una muy buena alternativa para los productores de la zona.

Tabla 6. Promedios de producción y calidad del pasto brasilero (*Phalaris* sp)

Producción forraje verde (t/ha/corte)	Producción materia seca (t/ha/corte)	Porcentaje proteina cruda	Porcentaje fibra cruda
7,66	1,99	20,4	23,0

Los promedios en esta tabla corresponden a los obtenidos en la determinación de producción y calidad del pasto brasilero.

Componente suelo

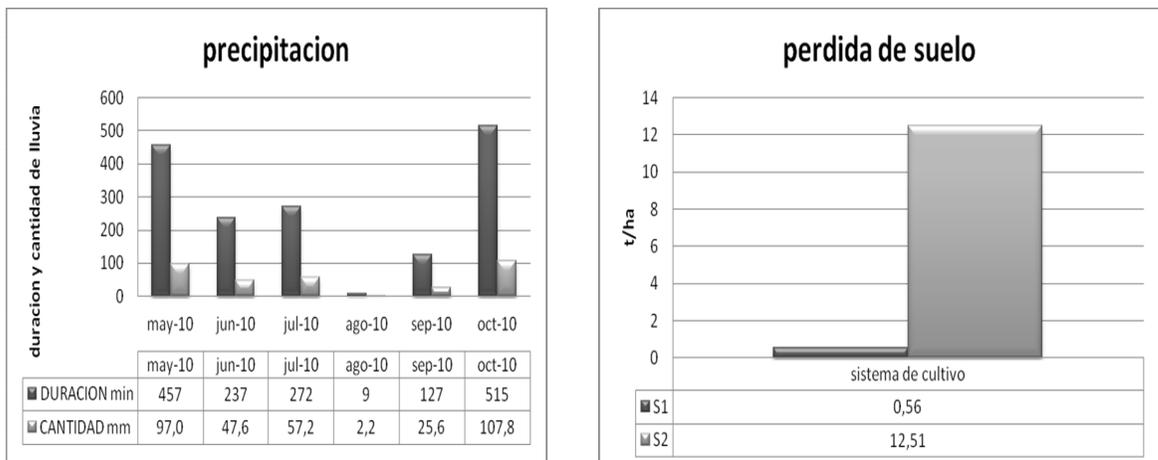
Al realizar la prueba de T para medir la perdida de suelo se pudo establecer que existen diferencias estadística ($p \leq 0,05$), entre los tratamientos (grafico 5 y 6), ya que los resultados muestran que las pérdidas de suelo en el periodo evaluado fue en promedio de

0,56 t ha⁻¹ en el tratamiento 1 (parcelas con barrera) y de 12,51 t ha⁻¹ en T2 (parcelas sin barrera),

Los resultados presentados por este estudio también pueden deberse a la acción del sistema de raíces del pasto sobre el escurrimiento por efecto de la pendiente (40%), ya que estas plantas poseen raíces que se distribuyen en los primeros 30 cm del suelo y tienen una disposición horizontal hasta más de 1 m (Cabezas, 2008) y según Valdés (2010) las raíces desempeñan una función ecológica importante porque su estructura forma una especie de malla que protege el suelo, evitando que se desprenda ante los elementos que la golpean; adicionalmente, al adherirse a las partículas del suelo, lo mantienen unido como si tuviese una especie de pegamento y, por último, absorben el exceso de agua que al acumularse debilita el terreno haciendo que se desprenda, como en el caso de las pendientes inclinadas. Todavía algo mejor, entre mayor es la cantidad de raíces a lo largo y a lo ancho, más protegido queda el suelo porque más grande es la malla que lo cubre.

Castillo (1991), Fernández (1995) y Urdina y Rodríguez (1995) consiguieron disminuir aun más la pérdida de suelo, agua y nutrientes cuando combinaron barreras de vetiver a los cultivos en zonas de ladera, resaltando de esta manera el comportamiento favorable que presenta la barrera protectora-productiva contra la erosión y la escorrentía, Oropeza y Ramírez (2001) afirman que estudios sobre la mecánica del proceso erosivo indican que la erosión del suelo es más importante en terrenos con pendientes fuertes, grandes longitudes y estructura frágil, donde la cubierta vegetal es insuficiente para disminuir el impacto de las lluvias de alta intensidad, que incrementan el escurrimiento en laderas

Grafico (5y6). Precipitación presentada durante el periodo de evaluación y Prueba de T para el componente suelo (suponiendo varianzas iguales).



T1 parcelas con barrera; T2 parcelas sin barrera
 * Diferencias significativas según Prueba de T (P 0,05).

CONCLUSIONES

El sistema de cultivo T1 en comparación con el sistema T2, presentó los mejores resultados en las variables evaluadas (altura de planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 vainas, peso de 100 granos, relación grano/vaina, longitud de vaina y rendimiento), a si evidenciando el gran aporte que realiza la barrera protectora-productiva de pasto *Phalaris. Sp* en la producción de cultivos establecidos en zonas de ladera.

El promedio más bajo de pérdida de suelo se presentó en el sistema T1 (parcela con barrera) demostrando la eficacia de la barrera de pasto brasilero para retener sedimento y a su vez disminuir la degradación del suelo causada por la escorrentía, garantizando al agricultor la conservación de sus fincas por mucho más tiempo.

El pasto *Phalaris* presentó muy buenas características nutricionales, al igual que un buen Rendimiento de forraje verde y materia seca, lo que convierte a las barreras de pasto brasilero en una solución sustentable de doble propósito para el agricultor de la zona; que además de mejorar el rendimiento de sus cultivos, brinda un alimento acto para la producción de especies menores, lo que podría generar un ingreso económico extra para los productores.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias a la colaboración y apoyo de las siguientes Instituciones:

MADR- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural quienes financiaron esta investigación.

FEDEPAPA- Federación Colombiana de productores de papa. Regional Nariño, quien facilitó las instalaciones de su centro de investigación en Obonuco.

Al profesor Jesús A. Castillo Franco I. Agr. Msc. PhD, presidente de tesis. Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

A los profesores Efrén Insuasty Santacruz Zootecnista. Msc. y Jairo Mosquera I. Agr. Msc, Jurados De Tesis. Docentes De La Facultad De Ciencias Agrícolas De La Universidad De Nariño

A la Dra. Sonia Lucia Navia, Presidente de la junta nacional de FEDEPAPA

La Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, al Programa de Ingeniería Agronómica, sus docentes, directivos y diversos estamentos.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, B Y RODRÍGUEZ, P. (evaluación de la eficiencia de barreras vivas como sistema de conservación de suelos en ladera, bioagro 14(3): 123-333. 2002
- ARTEAGA G.; BETANCOURTH C.; CORAL S., OROZCO C. Y SAÑUDO B. 2007. La Arveja Como Opción Competitiva en la Región Andina. Editorial universitaria – Universidad de Nariño: Pasto, Colombia. 91 p.
- CABEZAS, M. 2008. Evaluación nutritiva y nitraceútica de la mora de castilla (*Rubus glaucus* B.) deshidratada a tres temperaturas por el método de secado en bandejas. Tesis de grado Bioquímico Farmacéutico, Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
- CADAVID L LF; HOWELER RH. 1987. El problema de la erosión en los suelos de Mondomo, Cauca, Colombia, dedicados al cultivo de la yuca y sus posibles soluciones. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional, sede Palmira, Colombia. 129 p.
- CADAVID L LF. 1990. Investigaciones realizadas para la conservación de los suelos de ladera. Suelos Ecuatoriales 20(1):136-144.
- 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, M. 1991. Evaluación de sistemas de conservación de suelos y aguas en áreas montañosas bajo cultivo de papa, durazno y otras coberturas permanentes. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 76 p.
- CENICAFÉ. 2005– Centro Nacional de Investigación del Café. El suelo: formación, fertilidad y conservación. Chinchiná – Caldas. 253 p.
- CHÁVEZ, D. Y QUISTIAL, J. 2010. Evaluación agronómica de 20 líneas de arveja voluble (*Pisum sativum* L.) en cinco municipios del sur del departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 26 p.
- CLAVIJO, J. Y GALINDO, J. 2007. Área de la hoja compuesta y variaciones de forma en los fitómeros de arveja (*Pisum sativum* L.) en respuesta a diferentes ambientes de Trópico Alto Andino. En: Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 8(1). En: <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Revista/6.readelahojacompuesta.pdf>, p. 44-51; consulta: octubre 2011.

CUBERO, D. 1999. Las barreras vivas y su aplicación en la agricultura conservacionista. En: XI Congreso Nacional Agronómico/III Congreso Nacional de Suelos, Costa Rica. En: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_003.pdf, 8 p.; consulta: octubre 2011.

DGPA. 2009 Manual de pastos cultivados para zonas alto andina, dirección general de producción agraria, ministerio de agricultura dirección de crianza, ecuador- quito,

DURAN, A. J. Degradación y manejo ecológico de suelos tropicales, con énfasis en los de Cuba. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. 1998 Revista Puntos Alternos N° 3. p 55-64.

ESPINOSA, G.2008. Reporte laboratorio de bromatología, universidad de Nariño, pasto-Nariño.

FERNÁNDEZ, N. 1995. Evaluación de prácticas de conservación de suelos y aguas en cultivos hortícolas (repollo y coliflor). Revista de la Facultad de Agronomía (UCV). Alcance 47: 1-12

HOLDRIGDE, L. 1982. Ecología Basada en Zonas de Vida. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa). 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA. En: <http://www.cct.or.cr/pdf/zonasdevida.pdf>, 9 p.; consulta: octubre 2011.

HOWELER RH. 1986. El control de la erosión con prácticas agronómicas sencillas. Suelos Ecuatoriales 16(1):70-84.

IDEAM. 2011–Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Sistema de Información Nacional Ambiental. Estación Obonuco – Pasto, Nariño. 1 p.

IGAC. (2004)Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Nariño. Pasto- Colombia. 735 p.

INIFAP. 2009-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Barreras vivas antierosivas para la agricultura de ladera en la Huasteca potosina. En: <http://www.campopotosino.gob.mx/módulos/tecnologíasdesc.php?id=111>, 1 p.; consulta: septiembre 2011.

LIGARRETO.M, Y OSPINA.2009. Análisis de parámetros heredables asociados al rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum*) tipo santa Isabel, agronomía colombiana, vol. 27.num. 3,pp.333-339, universidad nacional de Colombia, Bogotá-Colombia.

MARTÍNEZ, J. Y MARTÍNEZ, E. 1997. Evaluación del comportamiento agronómico de veinte líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) de crecimiento determinado en el altiplano de

Pasto, Departamento de Nariño. Pasto. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. P 71.

MORENO, L. 2007. Estudio del comportamiento de las especies de pastos alfalfa (*medicago sativa* L.), king grass (*pennisetum* sp) y brasilero (*phalaris spp*) para ser usadas como barreras vivas en sistemas agroforestales de la zona andina del departamento de nariño. Tesis de grado Ingeniero Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto

MÜLLER-SÄMANN. (1996). El efecto de la erosión en la productividad del suelo. (Auswirkungen von Bodenerosion auf die Produktivität eines Inceptisols.) In: Memorias del Seminario Nacional sobre Actualización en Conservación de Suelos en Ladera. Febrero 6-8, 1996. Santafé de Bogotá. CECIL-INAT, pp. 131-136.

NARVÁEZ, J. Y TABLA, J. 2009. determinación de los factores edafoclimaticos que inciden en la producción y calidad nutritiva del pasto brasilero (*phalaris spp*) en condiciones de no intervención, en el municipio de pasto, departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 26 p.

OROPEZA, J. Y RAMÍREZ, M. 2001. Eficiencias de dos prácticas productivo - conservacionistas para controlar erosión de laderas en el trópico. En: Agrociencia. 35 (005). En: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/302/30235502.pdf>, p. 489 – 495; consulta: septiembre 2011.

RODRIGUEZ, O. 1993. Evaluación de coberturas, barreras vivas y otras medidas de conservación de suelo en laderas. Trabajo de grado de ascenso. Facultad de agronomía. Universidad central de Venezuela. Maracay. 133p.

SALAMANCA, R. Pastos y Forrajes, producción y manejo. Bogotá, Colombia. Santo Tomás de Aquino, USTA, 1986. p. 339.

SIVARJ, T. 1996. Impact of growing vetiver grass on the water holding capacity and moisture percentage of soil in wasteland international conference of vetiver: a miracle grass. The chaipattana foundation and the royal development proyecto boar Chiang Rai, Thailand. Abstracts p. 58.

SUR,H; y I, SANDHU. 1996. Studies on the establishment of vegetative barriers and their effect on erosion control and crop yield international conference of vetiver: a miracle grass. The chaipattana foundation, the mae fah luang foundation and the royal development projects board. Chiang Rai, Thailand. Abstracts p.77

TERAN,V. 2008. Efecto de las barreras de pasto *falaris*; *phalaris tuberoarundinacea*, en la conservación de suelos y producción de forrajes, en comunidades del municipio de colomi.

URBINA, C. Y O. RODRÍGUEZ. 1995. Evaluación de sistemas de conservación en tierras altas bajo cultivo de trigo. Revista de la Facultad de Agronomía (UCV). Alcance 47: 75-88.

URBANO, D. 1995. Uso del pasto brasileiro en las zonas altas merideñas. Venezuela. Ceniap.

VALDÉS, A. 2010. Cómo controlan la erosión las raíces de las plantas. En: Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana. 1p