**PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN EL ARREGLO AGROFORESTAL
LAUREL DE CERA *Morella pubescens* H.B.K CON CHOCHO *Lupinus mutabilis* L.
EN EL MUNICIPIO DE PASTO**

**JENNY NATALI GAVIRIA MARTINEZ
EIDER ARIANNA HERRERA SOLARTE**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO-COLOMBIA
2013**

**PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN EL ARREGLO AGROFORESTAL
LAUREL DE CERA *Morella pubescens* H.B.K CON CHOCHO *Lupinus mutabilis* L.
EN EL MUNICIPIO DE PASTO**

**JENNY NATALI GAVIRIA MARTINEZ
EIDER ARIANNA HERRERA SOLARTE**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniería Agroforestal**

**Presidente de Tesis
JORGE ALBERTO VELEZ LOZANO I. AF., M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO-COLOMBIA
2013**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

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

Artículo 1^o 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, Noviembre de 2013

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	6
ABSTRAC.....	7
INTRODUCCIÓN	8
MATERIALES Y METODOS.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
CONCLUSIONES	22
AGRADECIMIENTOS.....	22
BIBLIOGRAFIA.....	23

**PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN EL ARREGLO AGROFORESTAL
LAUREL DE CERA *Morella pubescens* H.B.K CON CHOCHO *Lupinus mutabilis* L.
EN EL MUNICIPIO DE PASTO¹**

**SOIL PHYSICAL PROPERTIES IN ARRANGEMENT AGROFORESTAL
LAUREL OF CERA *Morella pubescens* H.B.K WITH CHOCHO *Lupinus mutabilis* L.
IN THE MUNICIPALITY PASTO**

Natali Gaviria M.²

Arianna Herrera S.²

Jorge Alberto Vélez L.³

RESUMEN

El estudio se realizó en la granja experimental Botana, municipio de Pasto, ubicada en las coordenadas 77° 18' 58" longitud oeste y 1° 10' 11,4" latitud Norte, a 2820 m.s.n.m, temperatura promedio de 12° C, precipitación media anual de 800 mm, humedad relativa entre 70 a 80%. El laurel de cera se encontró establecido y presentaba una altura de 30 cm, a una distancia de siembra de 4 m x 4 m. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial 3x3, donde el factor A correspondió a los arreglos agroforestales (arreglo 1: *M. pubescens*, arreglo 2: *M. pubescens-L mutabilis* 0,15 m x 0,20 m y arreglo 3: *M. pubescens-L. mutabilis* 0,30 m x 0,60 m) y el factor B a distancias de muestreo respecto al árbol (0 m, 1 m y 2 m) con 9 tratamientos tres repeticiones para un total de 27 unidades experimentales. Los promedios se compararon con pruebas LSD Fisher. Se evaluaron agregados del suelo en seco, en húmedo, densidades aparente, real, porosidad, porcentaje de humedad y diámetro ponderado medio. Para las variables densidad aparente, densidad real, porcentaje de humedad, porosidad total y diámetro ponderado medio no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas. Las muestras de suelo tomadas en los diferentes

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

² Estudiantes tesisistas, Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño, 2013; E-mail: gavirianatalii@gmail.com, a.rianna16@hotmail.com

³ Profesor Tiempo Completo. I. AF. M. Sc. Suelos. Facultad Ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. Pasto – Colombia. E-mail:jvelezlozano@gmail.com

arreglos a distancias cercanas del árbol (0 m y 1 m), muestran los mayores porcentajes de agregados en seco de 4 mm y 0,5 mm. En la variable agregados en húmedo, los arreglos donde se obtuvo menor susceptibilidad a la degradación fueron *M. pubescens-L. mutabilis* 0,30 m x 0,60 m para agregados en húmedo de 2 mm y *M. pubescens-L. mutabilis* 0,15 m x 0,20 m para agregados en húmedo de 0,5 mm. Las mejores distancias para la toma de muestras de suelo fueron 0 m y 1 m respecto al componente arbóreo.

Palabras clave: agregados del suelo, incorporación, abono verde.

ABSTRAC

The study was conducted at the experimental farm Botana, municipality of Pasto, located at coordinates 77 ° 18 '58" W and 1 ° 10' 11.4" north latitude, at 2820 m, temperature of 12 ° C, average annual rainfall 800 mm, relative humidity 70 to 80%. Laurel found wax and had established a height of 30 cm, at a distance of 4 seeding mx 4 m. Design was a randomized complete block in a factorial arrangement 3x3, where the factor A is agroforestry arrangements (arrangement 1: *M. pubescens*, arrangement 2: *M. pubescens-L mutabilis* 0.15 mx 0.20 m under 3: *M. pubescens-L. mutabilis* 0.30 mx 0.60 m) and factor B sampling distances relative to the shaft (0 m, 1 m and 2 m) 9 treatments with three replicates for a total of 27 experimental units . The means were compared with Fisher LSD tests. Soil aggregates were evaluated in dry, wet, apparent and real density, porosity, moisture content and average weighted diameter. For variable density, true density, moisture content, porosity and average weighted diameter differences were not statistically significant. Soil samples taken in different arrangements tree at near distances (0 m and 1 m), show the highest percentages of dry aggregates of 4 mm and 0.5 mm. In the variable wet aggregates, arrangements which yielded lower susceptibility to degradation were *M. pubescens-L. mutabilis* 0,30 mx 0,60 m to wet aggregate of 2 mm and *M. pubescens-L. mutabilis* 0,15 mx 0,20 m to wet aggregates of 0.5 mm. The best distance to take the soil sample were 0 m and 1 m to the component tree.

Keywords: soil aggregates, incorporating, green manure.

INTRODUCCIÓN

En Colombia la degradación de los suelos muestra niveles preocupantes, según el IGAC, (1998) la pérdida de suelo está entre 170,000 y 200,000 t ha⁻¹ por año. Cerca de 56 millones de hectáreas se encuentran afectadas por erosión y de ellas el 60% se ubican en la región andina Rivera y Gómez (1991). En el Departamento de Nariño la capacidad productiva de los suelos del trópico de altura, se ha visto afectada por el mal manejo de los sistemas de producción agropecuaria, generados por el esquema tradicional de monocultivos, el excesivo número de labores para preparar el suelo y el uso de implementos de preparación inadecuados sin tener en cuenta las prácticas de conservación, generando un proceso acelerado de degradación por erosión y/o alteración de las propiedades físicas (Aguirre y Angulo, 2005).

Para contrarrestar las anteriores problemáticas los sistemas agroforestales son una alternativa importante que ayudan a resolver los conflictos de uso del suelo a través de algunas funciones productivas y de servicios ambientales, tales como un efecto positivo en la productividad de los cultivos (IITA, 1984), reducción de la erosión y mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos (Young, 1990).

De igual forma Montagnini, *et al.*, (1992) afirman que las técnicas agroforestales son utilizadas en regiones de diversas condiciones ecológicas, económicas y sociales. En zonas con suelos fértiles los SAF pueden ser productivos y sostenibles, y evitar así la degradación del suelo o disminución de la productividad, a través de una selección adecuada de especies.

La incorporación de leñosas perennes y leguminosas en los sistemas tradicionales, permite incrementar la fertilidad del suelo, mejorar su estructura y ayuda a disminuir los procesos de erosión, debido al ciclaje de nutrientes, fijación de N y al crecimiento de raíces, en cuanto a las leguminosas estas se asocian con bacterias del género *Rhizobium* spp para captar nitrógeno atmosférico (Mujica, 1992).

Las especies pueden diferir en la habilidad para influenciar la agregación del suelo. La materia orgánica es incorporada a este, principalmente por deposición de residuos

orgánicos de materia vegetal y por raíces; como también el tipo de raíces producidas por diferentes especies, su densidad y arquitectura pueden influir en la distribución de agregados (Miller y Jastrow, 1990).

Volverás y Amézquita, (2009) estudiaron la estabilidad estructural del suelo bajo diferentes sistemas y tiempo de uso en laderas andinas de Nariño, Colombia, determinaron diferencias significativas entre el tipo e intensidad de uso del suelo por largos periodos en distribución de tamaño de agregados en secos al aire, estabilidad de agregados al agua. El incremento de la intensidad de uso disminuyó la estabilidad estructural y afectó la porosidad del suelo. El porcentaje de agregados estables al agua mayores a 2.0 mm fue significativamente mayor en suelo no intervenido. El cambio a uso agrícola durante 25, 45 y 70 años disminuyó los agregados estables mayores a 2.0 mm.

Por esta razón Six *et al.*, (1998) afirman que la importancia de estudiar macro y microagregados del suelo radica en que estos, promueven, estabilizan y retienen materia orgánica. Así mismo, Perfect y Key, (1990) y Diniel *et al.* (1991) han demostrado que algunos componentes de la materia orgánica y el incremento en la actividad microbiana se correlacionan significativamente con la estabilidad de los agregados del suelo. Beare *et al.*, (1994) apoyaron la hipótesis de que los microagregados son estabilizados por la materia orgánica más humificada y que su estabilidad aumenta conforme disminuye su tamaño. Por otra parte, Hillel (1982) señala que las raíces de las especies vegetales y los microorganismos del suelo agregan las partículas por mecanismos complejos como adsorción, envoltura o enrollamiento físico y cementación por secreciones mucilaginosas.

(Jacobsen y Mujica. 2006). La gran diversidad genética de los cultivos andinos encontrada en la zona andina demuestra ser una de las áreas de mayor diversidad y variabilidad de muchas especies entre ellas el Chocho (*Lupinus mutabilis*) que es una leguminosa la cual fija nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 100 kg/ha, restituyendo la fertilidad del suelo cultivada en el área andina desde épocas preincaicas, además de los diferentes subproducto que ofrece como alimenticio, medicinal y su valor nutricional.

(Luna. 2011)El laurel de cera (*Morella pubescens*), es una especie promisoriosa de múltiples bondades ecológicas, industriales y medicinales, por su amplio rango de adaptación.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de esta investigación propiedades físicas del suelo en el arreglo agroforestal Laurel de Cera *Morella pubescens* H.B.K con Chocho *Lupinus mutabilis* L. en el municipio de Pasto. Esta investigación fue financiada por la Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales (VIPRI) de la Universidad de Nar

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño, ubicada en la vereda Botana, municipio de Pasto localizada al occidente del meridiano de Greenwich a 77° 18' 58'' longitud oeste y 1° 10' 11,4'' latitud Norte, a 2820 m.s.n.m, temperatura promedio de 12° C, precipitación media anual de 800 mm, humedad relativa 70 a 80% con 900 horas sol promedio año IDEAM, (2000). Según Holdridge, (1990) pertenece a la zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh – MB).

En un lote de topografía ondulada, con área total de 2350 m², el arreglo consta de tres bloques con tres parcelas cada una; distribuidos de la siguiente forma la primera parcela de *M. pubescens* sembrado a una distancia de 4 m x 4 m, la segunda parcela *M. pubescens*-*L. mutabilis* sembrado a una distancia de 0,15 m x 0,20 m y la tercera parcela *M. pubescens* con *L. mutabilis* sembrado a una distancia de 0,30 m x 0,60 m, teniendo en cuenta que *M. pubescens* ya se encontraba instalado (altura de 30 cm) al momento de sembrar *L. mutabilis*. Previo a la siembra de *L. mutabilis* se realizo la preparacion del terreno de forma manual.

Se trabajó en un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial 3x3, donde el factor A correspondió a los arreglos agroforestales (arreglo 1: *M. pubescens*, arreglo 2: *M. pubescens*-*L. mutabilis* 0,15 m x 0,20 m y arreglo 3: *M. pubescens*-*L. mutabilis* 0,30 m x 0,60 m) para 9 tratamientos y el factor B a distancias de muestreo respecto al árbol (0 m, 1 m y 2 m) con tres repeticiones para un total de 27 unidades experimentales (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de tratamientos de los arreglos *M. pubescens* con *L. mutabilis*

DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS	
ARREGLO AGROFORESTAL	DISTANCIA DE MUESTREO (m)
T1 <i>M. pubescens</i>	0
T2 <i>M. pubescens</i>	1
T3 <i>M. pubescens</i>	2
T4 <i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> (0.15 m x 0,20 m)	0
T5 <i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> (0.15 m x 0,20 m)	1
T6 <i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> (0.15 m x 0,20 m)	2
T7 <i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> (0.30 m x 0,60 m)	0
T8 <i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> (0.30 m x 0,60 m)	1
T9 <i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> (0.30 m x 0,60 m)	2

Se realizaron tres muestreos, el primero al iniciar la investigación, el segundo 3 meses después de la siembra de *L. mutabilis* 8 días antes de su floración y el tercer muestreo se tomó 90 días después de la incorporación de *L. mutabilis*, en donde se consideraron tres distancias respecto al árbol central de cada parcela esto para evitar efecto de borde (0 m, 1 m y 2 m) tomadas a una profundidad de 20 cm, el muestreo se realizó con cilindros metálicos. Las muestras se llevaron al laboratorio de docencia de física de suelos de la Universidad de Nariño donde se realizó la evaluación de algunas propiedades físicas del suelo: Distribución del tamaño de agregados del suelo en seco (A_{grs}), agregados del suelo en húmedo (A_{grh}), densidad aparente (D_a), densidad real (D_r), porcentaje de porosidad (%Poros), porcentaje de humedad (%H) y diámetro ponderado medio (DPM) (Tabla 2).

Tabla 2. Metodología utilizada para la evaluación de las variables físicas en el presente estudio.

VARIABLE	METODOLOGIA	REFERENCIAS
Agregados en Seco	Yoder	Yoder (1936)

Agregados en Húmedo	Yoder	Yoder (1936)
Densidad real	Picnómetro	Unigarro y Carreño (2005)
Densidad aparente	Cilindro del volumen conocido	IGAC (1990)
Porosidad total	$P=[1-(D_a/D_r)]*100$	IGAC (1990)
Porcentaje de humedad	$\%Por=[m(\text{suelo})-m(\text{suelo seco al horno})/m(\text{suelo seco al horno})]*100$	Forsythe, (1980)
Diámetro Ponderado Medio	Tamizado en húmedo o de Tiulin	Kemper y Rosenau (1997)

Análisis Estadístico.

Se realizó análisis de varianza y los promedios se compararon con pruebas LSD Fisher

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad aparente, densidad real, porosidad total, porcentaje de humedad y diámetro ponderado medio del suelo

El análisis de varianza (Tabla 3) indica que no hay diferencia estadísticas para los efectos simples arreglo y distancia ni para la interacción arreglo x distancia. A pesar de no encontrar significancia en estas variables resultados preliminares en el estudio de las propiedades químicas en este mismo arreglo, Muñoz y Cabrera (2013) encontraron incremento en el contenidos de calcio, materia orgánica, magnesio y fosforo.

Tabla 3. Cuadrados medios para densidad aparente, densidad real, porosidad total y porcentaje de humedad del suelo bajo el arreglo agroforestal *M. pubescens* con *L. mutabilis* en el municipio de Pasto, 2013.

FV	GL	Da	Dr	%Poros	%Hu	DPM
Modelo	10	2.3×10^{-3ns}	0.01^{ns}	4.15^{ns}	90.93^{**}	0.13^{**}
Bloques	2	0.01^*	0.02^{ns}	11.1^{ns}	425.4^{**}	0.52^{**}

Arreglo	2	2.1x10 ^{-5ns}	0.01 ^{ns}	1.3 ^{ns}	1.17 ^{ns}	0.04 ^{ns}
Distancia	2	3.5x10 ^{-4ns}	0.01 ^{ns}	3.46 ^{ns}	2.11 ^{ns}	2.1x10 ^{-3ns}
Arreglo*Distancia	4	1.5x10 ^{-3ns}	0.01 ^{ns}	2.43 ^{ns}	13.01 ^{ns}	0.05 ^{ns}
Error	16	1.9x10 ^{-3ns}	0.01 ^{ns}	6.97 ^{ns}	12.29 ^{ns}	0.02 ^{ns}
Total	26					

** : Altamente significativo al 99% de confiabilidad

* : Significativo al 95% de confiabilidad

ns: No Significativo.

Estos resultados concuerdan con los presentados por Ramírez y Vélez (2002) en el estudio realizado en el arreglo agroforestal en líneas de laurel de cera *Morella pubescens* con papa *Solanum tuberosum* y ajo *Allium sativum* en dos períodos en áreas de menor y mayor influencia del componente arbóreo, en donde no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas en cada una de las propiedades físicas evaluadas.

Al respecto, los mismos autores mencionan que las propiedades determinadas no son afectadas por incrementos o disminuciones de los promedios, debido a que los cambios dependen más del origen del suelo, su evolución y los contenidos de materia orgánica, lo cual indicaría la posibilidad de cambios cuando el sistema muestre más evolución y haga aportes de material orgánico a través del tiempo.

Rangel y Rivera (1974) afirman que de igual manera se debe destacar que la densidad aparente del suelo es una propiedad que no puede ser afectada por el manejo a corto y a mediano plazo; de acuerdo a lo anterior la posibilidad de cambios en las propiedades físicas del suelo tendría más relevancia a través del tiempo.

Porcentaje de agregados de diferentes tamaño en seco.

El análisis de varianza indica diferencias altamente significativas para el factor arreglo en agregados de tamaño 1, 0.25 y <0.25 mm y significativas para agregados de 6 mm; en el factor distancia, se encontraron diferencias altamente significativas para agregados 6, 0.25 y <0.25 mm y significativas para agregados de 1 mm; en la interacción arreglo por distancia se encontraron diferencias significativas para agregados en seco 4 y 0.5 mm,

finalmente no se presentaron diferencias estadísticas para agregados 4, 2 y 0.5 mm en los factores Arreglos y Distancia, y en la interacción arreglos por distancia para los agregados 2, 1, 0.25 y <0.25 mm (Tabla 4).

Tabla 4. Cuadrados medios para agregados en seco 6 – 4 – 2 – 1 - 0.5 - 0.25 y <0.25 mm del suelo bajo el arreglo agroforestal *M. pubescens* con *L. mutabilis* en el municipio de Pasto, 2013.

F.V.	GL	Agrs6	Agrs4	Agrs2	Agrs1	Agrs0.5	Agrs0.25	Agrs<0.25
Modelo	10	160.92**	5.53*	29.27**	12.89**	4.2**	2.57**	9.06**
Bloques	2	637.33**	13.19**	128.6**	53.55**	10.86**	6.1**	1.26 ^{ns}
Arreglo	2	45.92*	1.87 ^{ns}	0.09 ^{ns}	5.53**	0.84 ^{ns}	1.43**	22.48**
Distancia	2	96.29**	1.1 ^{ns}	2.11 ^{ns}	4.02*	3.32 ^{ns}	4.75**	15.93**
Arreglo*Distancia	4	12.54 ^{ns}	5.74*	7.77 ^{ns}	0.68 ^{ns}	2.99*	0.30 ^{ns}	2.82 ^{ns}
Error	16	11.44	1.58	4.05	0.68	0.93	0.13	1.14
Total	26							

** : Altamente significativo al 99% de confiabilidad

* : Significativo al 95% de confiabilidad

ns: No Significativo.

Agregados en seco de 4 mm en el arreglo agroforestal *M. pubescens* con *L. mutabilis*.

La prueba de comparación de medias para la interacción arreglo por distancia evidencia efectos de interacción, es decir los arreglos afectan los agregados en seco de 4mm de forma diferencial a ciertas distancias del árbol, siendo el suelo bajo los sistema productivos (*M. pubescens* y *M. pubescens-L. mutabilis* 0.15 m x 0.20 m, tomando la muestra de suelo a una distancia de 2 m y 0 m respectivamente). Los arreglos que obtuvieron los mayores porcentajes con valores de (10,79%) y (10,32%), diferenciándose estadísticamente del

arreglo *M. pubescens* tomada a la muestra a una distancia de 1 m, quien obtuvo el menor porcentaje (7,38%) (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba de comparación de medias para la interacción arreglo x distancia en la variable agregados en seco 4 mm en el arreglo agroforestal *M. pubescens* con *L. mutabilis* en el municipio de Pasto, 2013.

ARREGLO	DISTANCIA (m)	Agrs 4 (%)
<i>M. pubescens</i>	2	10.79 a
<i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> 0.15 m x 0.20 m	0	10.32 a
<i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> 0.30 m x 0.60 m	1	9.48 ab
<i>M. pubescens</i>	0	9.25 ab
<i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> 0.15 m x 0.20 m	1	9.04 ab
<i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> 0.15 m x 0.20 m	2	8.94 ab
<i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> 0.30 m x 0.60 m	0	8.14 b
<i>M. pubescens</i> - <i>L. mutabilis</i> 0.30 m x 0.60 m	2	7.99 b
<i>M. pubescens</i>	1	7.38 b

Letras distintas indican diferencias significativas (p<0.05)

El mayor porcentaje de agregados de 4 mm se presentó en los arreglos, *M. pubescens* y *M. pubescens*-*L. mutabilis* 0.15 m x 0.20 m tomando la muestra a 2 m (10,79%) y 0 m (10,32%) respectivamente. El arreglo *M. pubescens* se encontraba asociado con una gramínea, razón por la cual fue uno de los arreglos que obtuvo la mejor agregación del suelo, efecto del sistema radical de las gramíneas, la cual explora un mayor volumen del suelo en relación a los cultivos anuales.

En el caso del arreglo *M. pubescens*-*L. mutabilis* 0.15 m x 0.20 m fue uno de los mejores arreglos en la formación de agregados 4 mm, tomando la muestra a una distancia de 0 m, según Navarro *et al.*, (2012) establece que el sistema de gramíneas favorece la formación de agregados con mayor tamaño, en relación a los cultivos anuales, debido al mayor aporte de carbono orgánico del suelo.

Según estudios realizados por Mera M, y Rouanet J. (2003) destacan que la descomposición de una raíz pivotante de *L. mutabilis* crea espacios que propician la aireación y mayor retención de humedad en el suelo.

En el caso del *M. pubescens* las raíces presentan nódulos radicales, que fijan nitrógeno y permiten el crecimiento del arbusto en terrenos carentes de éste elemento, razón por la cual es recomendable su utilización en la recuperación de suelos erosionados Gallardo (1993). Además es capaz de oxigenar nuevas plantas a partir de sus raíces, lo que le permite extenderse fácilmente por el suelo y cuando la leñosa alcanza una altura superior a los 30 cm se desarrollan raíces laterales y superficiales (Hoyos y Luna, 1999; Trejos, 1960).

Igualmente, Ojeda y Ojeda (1964) afirman que el cultivo de leguminosas pueden ayudar a la restauración de agregados destruidos por el laboreo, debido al extenso sistema de raíces, así como el efecto de la granulación del sistema de raíces incrementa la actividad biológica.

Agregados en seco de 0,5 mm

La prueba de comparación de medias evidencia efectos de interacción para los factores arreglos por distancia, es decir los arreglos afectan a las distancias de forma diferencial al porcentaje de agregados del suelo, siendo el suelo bajo los arreglos *M. pubescens-L. mutabilis* 0.15 m x 0.20 m x 0 m y *M. pubescens-L. mutabilis* 0.15 m x 0.20 m x 1 m, con los mayores porcentajes de agregados de 0,5 mm; con valores de 6.68 % y 5.58 % respectivamente, diferenciándose estadísticamente del arreglo *M. pubescens* x 2m y *M. pubescens-L. mutabilis* 0.15 m x 0.20 m x 2 m con porcentaje 3.84% y 4.20% (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba de comparación de medias para la interacción arreglo x distancia en la variable agregados en seco 0,5 mm en el arreglo agroforestal *M. pubescens* con *L. mutabilis* en el municipio de Pasto, 2013.

ARREGLO	DISTANCIA (m)	Agrs 0,5mm (%)
<i>M. pubescens-L. mutabilis</i> 0.15 m x 0.20 m	0	6.68 a
<i>M. pubescens-L. mutabilis</i> 0.15 m x 0.20 m	1	5.58 ab

<i>M. pubescens-L. mutabilis</i> 0.30 m x 0.60 m	2	5.57 ab
<i>M. pubescens</i>	1	5.38 abc
<i>M. pubescens</i>	0	5.22 abc
<i>M. pubescens-L. mutabilis</i> 0.30 m x 0.60 m	0	5.10 abc
<i>M. pubescens-L. mutabilis</i> 0.30 m x 0.60 m	1	4.20 bc
<i>M. pubescens-L. mutabilis</i> 0.15 m x 0.20 m	2	3.94 bc
<i>M. pubescens</i>	2	3.84 c

Letras distintas indican diferencias significativas (p<0.05)

Teniendo en cuenta los resultados anteriores Palma *et al.*, (1917) establecieron que el crecimiento de las plantas se ve afectado cuando existe una mayor proporción de agregados menores de 0,5mm ya que estos bloquean los poros más gruesos dificultando la penetración del aire en el suelo. Respaldo lo anterior Boersma y Kooistra (1994), afirman que una menor proporción de microagregados es el reflejo de una menor degradación del suelo. La causa de que la mayor proporción del suelo se concentre en los macro agregados, se debe a un incremento en la materia orgánica del suelo; ellos mencionan que la adición de materia orgánica incrementa la macro agregación, lo que favorece la estabilidad y la agregación del suelo (Whalen y Chang, 2002).

Estos resultados guardan relación con los reportados por Cast (2002) quien encontró que la fertilidad del suelo, la cantidad de materia orgánica y estructura de los agregados, fue más alta en sistemas que incluyen árboles, influida principalmente por la cantidad de hojarasca y penetración que hacen las raíces hacia las partes más profundas del suelo, además la descomposición sucesiva de la biomasa microbiana y la materia orgánica modificada, da lugar a la formación de una materia orgánica más compleja llamada humus, la cual incrementa la agregación del suelo y la estabilidad de los agregados; mejorando la capacidad de intercambio catiónico, aportando nitrógeno, fósforo y otros nutrientes durante su lenta descomposición.

Según reportes de USDA (1999) cuando aumenta la proporción de macro sobre microagregados aumenta la calidad el suelo. En esta investigación en particular, se prestó

especial atención al arreglo *M. pubescens-L. mutabilis* 0.15 m x 0.20 m x 0 m por ser el sistema que presentó el mayor porcentaje de agregados de 4 mm y solo una pequeña parte fue dirigida a 0,5 mm. A pesar de que el sistema lleva muy poco tiempo establecido, esta investigación indica que esta asociación es muy propicia, porque dentro de las propiedades para la formación de agregados de la especie *L. mutabilis*, la raíz desarrolla un proceso de simbiosis con bacterias nitrificantes que forman nódulos de variados tamaños (1 a 3 cm) y en suelos con presencia de bacterias, la formación de nódulos se inicia a partir del quinto día después de la germinación Meza (1974). Los nódulos pueden alcanzar un diámetro de hasta 3cm; los cuales se localizan principalmente en la raíz primaria, por encima de la ramificación radical e incluso en raíces secundarias Lange y Parker (1960), por lo tanto la presión física de las raíces va creciendo a través del suelo y ayuda a formar agregados (FAO, 2000).

Agregados en húmedo 2 – 1 - 0.5 - 0.25 mm

Según el análisis de varianza se encontró diferencias significativas para agregados en húmedo 2 y 0.5 mm para el factor arreglo y distancia, no encontrando diferencias estadísticas para 1 - 0,25 mm de igual forma no se encontraron diferencias estadísticas para la interacción arreglo por distancia para 2 – 1 - 0,5 - 0,25 mm. (Tabla 7).

Tabla 7. Cuadrados medios para agregados en húmedo 2 – 1 - 0.5 - 0.25 mm del suelo bajo el arreglo agroforestal *M. pubescens* con *L. mutabilis* en el municipio de Pasto, 2013.

FV	GL	Agrh2	Agrh1	Agrh0.5	Agrh0.25
Modelo	10	60.55**	10.59*	8.33**	3.31**
Bloques	2	156.49**	27.8**	21.89**	10.28**
Arreglo	2	46.2*	11.04 ^{ns}	7.37*	0.41 ^{ns}

Distancia	2	59.62 [*]	5.02 ^{ns}	7.17 [*]	2.09 ^{ns}
Arreglo*Distancia	4	20.21 ^{ns}	4.54 ^{ns}	2.61 ^{ns}	1.89 ^{ns}
Error	16	10.59 ^{ns}	3.39 ^{ns}	1.38 ^{ns}	0.86 ^{ns}
Total	26				

** : Altamente significativo al 99% de confiabilidad

* : Significativo al 95% de confiabilidad

ns: No Significativo.

Agregados en húmedo 2 mm y 0,5 mm

Efecto simple arreglo

Según la prueba de comparación de medias para agregados en húmedo, los arreglos que tienen la menor susceptibilidad a degradación corresponde a *M. pubescens- L. mutabilis* 0.30 m x 0.60 m para agregados de 2 mm (73,61%) y *M. pubescens- L. mutabilis* 0.15 m x 0.20 m para agregados de 0,5 mm (7,23%). (Tabla 8).

Tabla 8. Prueba de comparación de medias para agregados en húmedo 2 mm y 0,5 mm en el arreglo agroforestal *M. pubescens* con *L. mutabilis* en el municipio de Pasto, 2013.

ARREGLO			
Agregados	<i>M. pubescens</i>	<i>M. pubescens- L. mutabilis</i> 0.30 m x 0.60 m	<i>M. pubescens- L. mutabilis</i> 0.15 m x 0.20 m
2 mm	70,83ab	73,61 ^a	69,12b

0,5 mm	7,17a	5,64b	7,23a
---------------	-------	-------	-------

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

El porcentaje de agregados estables al agua permite evaluar la calidad del suelo (Alvear *et al.*, 2007; Aravena *et al.*, 2007), y puede definirse como el resultado de la fuerza de unión entre las partículas elementales de los agregados del suelo siendo de gran importancia en la protección contra la pérdida de suelo por erosión Cerdá (1998). En los suelos derivados de cenizas volcánicas, la distribución de los agregados está más fuertemente relacionada con la distribución y el tamaño de los poros y la retención de agua que con la distribución y tamaño de las partículas (Shoji *et al.*, 1993).

Según Sullivan (2007) la cobertura vegetal permite la acumulación de residuos en la superficie. Los materiales orgánicos en la superficie del suelo pueden proporcionar el «amortiguamiento» físico contra el impacto de las gotas de lluvia y la insolación directa. La descomposición de las raíces muertas provee canales descendentes a través de los cuales el agua puede rápidamente alcanzar los niveles más bajos de la zona radical (FAO, 2000)

Según (Mehta *et al.*, 1960; Brady y Weil, 1999) las raíces, en particular los pelos radicales y las hifas de los hongos exudan polisacáridos y otros compuestos orgánicos formando una malla pegajosa que une a las partículas individuales del suelo y microagregados para formar macroagregados. Las bacterias también producen polisacáridos y otros materiales. Muchos de estos pegamentos resisten a la disolución por agua y no sólo permiten la formación de agregados, sino le dan estabilidad por un periodo largo.

Agregados en húmedo 0,5 mm y 2 mm

Efecto simple distancia

Los resultados de esta investigación indica que los mayores porcentajes de agregados para tamaño 2 y 0,5 mm, se obtuvieron en el muestreo tomado en las distancias 0 m y 1 m para la asociación de *M. pubescens* con *L. mutabilis*, lo cual indica que existe mayor protección del suelo contra las gotas de lluvia.

Tabla 9. Prueba de comparación para agregados en húmedo 0,5 mm y 2 mm en el arreglo agroforestal *M. pubescens* con *L. mutabilis* en el municipio de Pasto, 2013.

DISTANCIA			
Agregados en húmedo	0 m	1 m	2 m
2 mm	68,21b	72,74 ^a	70,6a
0,5 mm	7,67a	6,45 ^a	5,92b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Según reportes de la FAO, (2000) para prevenir la erosión es necesario, evitar que las partículas de suelo sean afectadas por el impacto de las gotas de lluvia cuando golpean el suelo. Los agregados de menor tamaño favorecen la formación de costras superficiales y capas compactadas, el tamaño ideal de los agregados es un diámetro entre 0.5 y 2 mm, resultados que concuerdan con esta investigación.

Respaldando lo anterior Gavande, (1986) señala que las condiciones físicas óptimas para el crecimiento de las plantas se encuentran en suelos con agregados de 2 mm y la mayor estabilidad estructural en un porcentaje alto de agregados mayores de 2 mm.

Si el mayor porcentaje de agregados se hubiera concentrado en tamaños inferiores a 0,5 mm, traería como consecuencia la limitación del volumen del suelo explorado por las raíces dando lugar a poros demasiados pequeños en los cuales el agua no drena, afectando las relaciones aire-agua, formando así suelos saturados de agua (Zamudio y Castillo, 2010).

Sin embargo los resultados estadísticos indican el mayor porcentaje en agregados es de tamaño de 2 y 0,5 mm. En general, mayores cantidades de agregados estables son mejores para la calidad del suelo, permitiendo así que la materia orgánica promueva la estabilidad de los agregados porque reduce el hinchamiento del agregado y disminuye la permeabilidad (Fortun *et al.*, 1989).

De acuerdo con lo anterior estudios reportados por Ruipérez *et al.*, (2004), demostraron que algunas de las propiedades del suelo (estabilidad de agregados), dependen más de la continuidad de materia orgánica acumulada en las fracciones de tamaño (macroagregados y microagregados) que, a los contenidos de materia orgánica en el suelo (MOS), por ejemplo, la cantidad de macroagregados aumenta cuando la materia orgánica fresca o lábil, está compuesta por residuos orgánicos recientemente acumulados. Por otro lado, la microagregación del suelo mejora con la cantidad de materia orgánica humificada de tamaño fino (Meneses *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

No hubo efecto de los tratamientos para las variables densidad aparente, densidad real, porcentaje de humedad, porosidad total y diámetro ponderado medio.

Las muestras de suelo tomadas en los diferentes arreglos a distancias cercanas del árbol (0 m y 1 m), muestran los mayores porcentajes de agregados en seco de 4 mm y 0,5 mm.

En la variable agregados en húmedo, los arreglos donde se obtuvo menor susceptibilidad a la degradación fueron *M. pubescens-L. mutabilis* 0,30 m x 0,60 m para agregados en húmedo de 2 mm y *M. pubescens-L. mutabilis* 0,15 m x 0,20 m para agregados en húmedo de 0,5 mm.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios, a nuestras familias por el apoyo moral y económico para el desarrollo de esta investigación, a Jorge Vélez Lozano, presidente de tesis docente tiempo completo, Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Daniel Marino Rodríguez Rodríguez, docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas. UDENAR, a German Chávez docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas. UDENAR, a Cristina Luna, docente tiempo completo, Ingeniería Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas. UDENAR, a Hugo Ferney Leonel, docente tiempo completo, Ingeniería Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrícolas. a Juan Carlos Delgado laboratorista de la Universidad de Nariño, a UDENAR por su colaboración y apoyo en el proceso de la investigación, a la Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales de la Universidad de Nariño

por la financiación de la investigación., a PIFIL por fortalecer nuestro espíritu investigativo y amigos y demás personas que nos brindaron todo su respaldo, colaboración, apoyo y acompañamiento en este proceso.

BIBLIOGRAFIA

Aguirre, L. Angulo, F. 2005. Evaluación de Algunas Propiedades Físicas, Químicas y la Macrofauna del Suelo en Tres Épocas del Año, Bajo un Sistema Silvopastoril. San Juan de Pasto, p. 20.

Alvear, M., Reyes, F., Morales, A., Arriagada, C., Reyes, M., 2007. Actividad biológica y agregados estables al agua en dos tipos de formaciones vegetales de un bosque templado del Centro-Sur de Chile con perturbación antrópica. *Ecología Austral*. 17: 113- 122.

Aravena, C., Diez, M.C., Gallardo, F; Mora, M.L., Valentín, C., 2007. Utilización de lodo de la industria de celulosa y su efecto sobre las propiedades físico-químicas en suelos volcánicos degradados. *Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. 7(1):1-14.

Beare, M., Hendrix, P., Coleman, D. 1994. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional and no-tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 777-786.

Boersma, O., y Kooistra, M. 1994. Differences in soil structure of silt loam Typic Fluvaquents under various agricultural management practices. *Agric Ecosyst Environ* 21-42p

Brady, N., y Weil, R. 1999. *The nature and properties of soils*. 20th ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ.

Cerdà, A., 1998. Soil aggregate stability under different Mediterranean vegetation types. *Catena*. 32: 73-86.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (USDA). 1999. *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. Departamento de Agricultura Servicio de

Investigación Agrícola Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Instituto de Calidad de Suelos. Agosto.

Diniel, H. Mahuys, G. Lévesque, M. 1991. Influence of humic and fibric material on the aggregation and aggregate stability of a lacustrine silty clay. *Soil. Sci.* 151: 146-158.

Forsythe, W. 1980. Física de Suelos, Manual de laboratorio. San José de Costa Rica: IICA, 211p.

Fortun, A. Fortun, C. y Ortega, C. 1989. Effect of farmyard manure and its organic colloidal fractions on the aggregate stability of a loam sandy soil. *Journal of Soil Science* 40 (2) 293-298.

Gallardo, M., 1993. El laurel de cera (*Myrica centena*). Mecanografiado, San Juan de Pasto. Parlamento de prevideo.

Gavande, S. 1986. Física de suelos: principios y aplicaciones. México, limusa. 351 pag.

Hillel, D. 1982. Introduction to soil physics. Academic Press. San Diego, California. 49 p.

Holdridge, R. 1990. Zonas de vida de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, p. 81.

Hoyos, J., y Luna, C., 1999. Guía para el cultivo, aprovechamiento y conservación del Laurel de cera *Myrica pubescens* H.&B. ex Willdenow. Convenio Andrés Bello. Santafé de Bogotá, Colombia.

International Institute for Tropical Agriculture. 1984. Cowpea production under drought conditions with and without in-situ mulch in Burkine Faso. In: IITA. Research Highlights. 151p.

Instituto Geográfico Agustina Codazzi, IGAC, 1990. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. Bogotá. 502p.

Instituto Geográfico Agustina Codazzi, IGAC, 1998. Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección General de Ecosistemas. Plan estratégico para la restauración y el establecimiento de bosques en Colombia –Plan Verde– Bosques para la paz. 50 p.

Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales. 2000. Reporte técnico estación meteorológica Botana, Pasto, Nariño: IDEAM, 1p.

Jacobson, S. y Mujica, A. 2006 .El tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet.*) y sus parientes silvestres. Botánica Económica de los Andes Centrales. Editores: M- Moraes R., B. Ollgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 458-482.

Kemper, W. Rosenau, R. 1997. Aggregate stability and size distribution. In: methods of soil analysis, part I. Physical and mineralogical methods. Second edition. Edit. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA. 213p.

Lange R. y Parker C. 1960 En: tesis de Grado: “Extracción refinación y caracterización Físico química y nutracéutica del aceite de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*)”. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Ribamba – Ecuador. 2010. 211 p.

Luna C. 2011. Laurel de cera (*Morella pubescens*), especie promisorio de usos múltiples empleada en agroforestería. Agroforestería Neotropical, No. 1. Pasto Nariño, 44 p.

Mehta, N., Streuli, H., Muller M., y Deuel, H., 1960. Role of polysaccharides in soil aggregation. J. Sci. Food Agric. 40-47. Miller, R.M.

Mera M, y Rouanet J. 2003 Contribución de las leguminosas de grano en rotación con cereales. In: E Acevedo (ed) Sustentabilidad de Cultivos Anuales: Cero Labranza y Manejo de Rastrojos, 135-156. Universidad de Chile, Santiago. Serie Ciencias Agronómicas N°8. 184 pp

Miller, R., Jastrow, J., 1990. Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. *Biol Biochem.* 2(5): 579-584.

Meza, G. 1974. Estudio preliminar del ritmo de modulación simbiótica en el tarwi. Tesis, UNSAAC. Cusco, Perú.

Meneses, C; Martínez, M.; Burbano, H., Unigarro, A. 2012. Fraccionamiento físico de la materia orgánica bajo diferentes usos del suelo en un Typic Fulvudand, Universidad de Nariño. Pasto. 38p.

Montagnini, F. y 18 colaboradores. 1992. Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos. 2 e.d. Costa Rica : Organización para estudios tropicales, p.102.

Mujica, A. 1992. Granos y leguminosas andinas. P.129-146 En: Hernández Bermejo, J.E. & J.E. León (eds.) *Cultivos Marginados Otra Perspectiva de 1542*. Colección FAO, Producción y Protección Vegetal 26, Córdoba.

Muñoz, H. Cabrera, J. 2013 evaluación de algunas propiedades químicas de suelo en un arreglo agroforestal LAUREL DE CERA *Morella pubescens* H.B.K CON CHOCHO *Lupinus mutabilis* L. en el municipio de Pasto. 29p.

Navarro, L., Cora, J., Garrido, J. 2012. Carbono orgánico total y estabilidad de agregados de suelos sometidos al uso intensivo de agricultura. *ECI Perú*, vol.9, no.1, p.37-40. ISSN 1813-0194.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO). 2000 Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo. *Manual on integrated soil management and conservation practice*.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO). 2000 Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. *Materia orgánica y actividad biológica*.

Ojeda, P. Ojeda, R. 1964. Influencia de la rotación de maíz con soya o con alfalfa en algunas propiedades físicas de un suelo del C.N.I.A.P. Universidad Nacional de Colombia. Sede de Palmira. Facultad de Agronomía. 50p.

Palma, M., Arrigo, N., Conti, M. 1917 Caracterización química de los agregados del suelo. Catedra de Edafologia, Facultad de Agronomia, U: B: A., Av San Martín 4453, (1417) Buenos Aires.

Perfect, E. y Key, B. 1990. Relations between aggregate stability and organic components for a silt loam soil, Can. J. Soil Sci. 70: 731-735.

Ramirez, A y Vélez J. 2002. Evaluación preliminar del arreglo agroforestal en líneas de Laurel de cera *Myrica pubscens* con Papa *Solanum tuberosum* y Ajo *Allium sativum* en la vereda Botana. San Juan de Pasto, p.39. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Rangel, y Rivera, C. 1974. Evaluación de algunas propiedades físicas indicadores del grado de deterioro de los suelos productivos del municipio de Imues. San Juan de Pasto, p. 110. Trabajo de grado. (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Rivera, P., y Gómez, A. 1991. Erosividad de las lluvias de la zona cafetera central colombiana. Caldas, Quindió y Risaralda. Cenicafé, Colombia. 42(2):37-52.

Ruipérez, C., Calafate, R., Mulas, F., Lafuente, O., Turrion, M. 2004. El fraccionamiento Granulométrico de la materia orgánica como índice de su comportamiento y evolución en los suelos. Sociedad española de ciencias forestales. ISSN: 1575-2410. pp 6.

Six, J., Elliott, K., Paustian, J., Doran. 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 62: 1367-1377.

Shoji, S., Nanzyo, M., Dahlgren, R. 1993. Volcanic ash soils. Genesis. Properties and utilization. Dev. in Soil Sc. 21. Amsterdam. Elsevier, 288 p.

Sullivan, Preston. 2007. El Manejo Sostenible de Suelos. CAT Especialista Agrícola ATTRA. El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible

Trejos, A., 1960. Estudio sobre “El palomo, torcaz, roble, mimillo o palomito” (*Myrica* sp). Ministerio de cría. Dirección de Recursos Naturales Renovables. División de Ejecución de Programas. Caracas, Venezuela. U.T.E.H.A. México. 1973. 529p.

Unigarro, A. Carreño, M. 2005. Métodos químicos y físicos para el análisis de suelos, San Juan de Pasto: Universidad de Nariño. 72p.

Volverás, B. Amézquita E. 2009. Estabilidad estructural del suelo bajo diferentes sistemas y tiempo de uso en laderas andinas de Nariño, Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria- CORPOICA, Pasto, Nariño, Colombia. Unidad de Física de Suelos, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Cali, Colombia. 15p

Whalen, J., y Chang, C. 2002. Macroaggregate Characteristics in soils alter 25 annual manure applications. *Soil Sci. Soc. A. J.* 66:1637-1647.

Yoder, R. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and study of the physical nature of erosion losses. *J. Am Soc. Agron.* 28: 337-351

Young, A. 1990. Agroforestry for soil conservation. Wallingford, UK, CAB International. 76p.

Zamudio, I. y Castillo, J. 2010. Evaluación de algunas propiedades físicas de un andisol en siete sistemas de producción integral sostenible con papa en el altiplano de pasto – Nariño, 10p.

CIBERGRAFIA

Cast. 2002. Environmental impacts of livestock on US grazing lands. Issue Paper [on line. Disponiblen http://oregonstate.edu/dept/range/sites/default/files/1_Impacts_of_Livestock_on_USGrazing_Lands.pdf]. no. 22, p. 1-16. Consulta: 20 de enero 2013.