

MATERIA SECA Y CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES DE SIETE ABONOS  
VERDES EN DOS SUELOS ANDISOLES, MUNICIPIO DE PASTO

MÓNICA ELIZABETH CHAMORRO CERÓN  
ANDRÉS CAMILO CHACHINOY

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2019

MATERIA SECA Y CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES DE SIETE ABONOS  
VERDES EN DOS SUELOS ANDISOLES, MUNICIPIO DE PASTO

MÓNICA ELIZABETH CHAMORRO CERÓN  
ANDRÉS CAMILO CHACHINOY

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
INGENIERO AGROFORESTAL

Presidente:

PAULO CESAR CABRERA MONCAYO I.AF

Copresidente:

IVÁN ANDRÉS DELGADO VARGAS MsC

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2019

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

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

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

Firma presidente de tesis

---

Firma de copresidente de  
tesis

---

Firma de jurado

---

Firma de jurado

SAN JUAN DE PASTO, JULIO DEL 2019.

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro presidente de tesis Paulo Cesar Cabrera Moncayo, I.AF. M.Sc. A nuestro copresidente Iván Andrés Delgado, I.AF. M. Sc, Docentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño; por sus aportes y colaboración.

A nuestros jurados de tesis Jorge Fernando Navia Estrada Ph.D. y Jesús Castillo Ph. D. Docentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño; por su asesoramiento y compromiso durante el desarrollo de nuestra tesis.

A Gloria Sandra Espinosa Narváez, Laboratorista de la Universidad de Nariño, por su asesoría, tiempo y gentileza.

A Jorge Vélez Ph.D. Docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño; por el interés y la colaboración prestada en el desarrollo estadístico de nuestro trabajo.

Agradecemos a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en esta investigación, pues sin su ayuda no habría sido posible su realización.

## **DEDICATORIA**

A DIOS, por ser mi guía, quien con su bendición llena siempre mi vida.

A mi madre, por su esfuerzo, dedicación, confianza, por ser la fuente de energía constante que siempre me ha apoyado incondicionalmente.

A mi hermana y toda mi familia por estar siempre presente.

A ti mita, que tu ejemplo y bendición me acompañen siempre.

A mi pareja por brindarme su cariño, consejo y apoyo total.

A mi compañero de tesis por sus aportes y colaboración.

A mis Maestros que con sabiduría, conocimiento y apoyo me han formado durante estos años.

A todas las personas que me acompañaron durante este maravilloso proceso.

Mil Gracias...

*Mónica Elizabeth Chamorro Cerón.*

## **DEDICATORIA**

A mis padres Jesús Eduardo Chachinoy y María Eugenia Tepud por ser los pilares constantes en cada paso que tome en este camino y por ser mi apoyo incondicional a lo largo de mi vida y mis logros. A ellos les debo todo lo alcanzado.

A mi hermano Edward Alexander Chachinoy como mi ejemplo a seguir y tomar un buen rumbo en mis decisiones.

A mis abuelos que en gran parte me han brindado sabiduría en sus consejos y palabras a lo largo de mi camino. Deseo que Dios los tenga presentes en cada uno de mis logros.

A mi compañera Mónica Elizabeth Chamorro por la realización en conjunto de este trabajo y su entrega y disposición para el mismo.

A mis compañeros que día a día siempre me han brindado alegría y momentos inolvidables a lo largo de mi carrera, a ellos les debo parte de mi madurez y mi visión de vida.

A mis asesores y jurados de este trabajo y en general a todos los maestros que me brindaron su enseñanza a lo largo de mi carrera y espero continúen en su labor de la enseñanza.

Y sobre todo a Dios por darme fuerza y motivación en todo lo logrado.

Y a todas las personas que hicieron parte fundamental en todo lo realizado en este camino.  
Gracias

*Andrés Camilo Chachinoy.*

## **TABLA DE CONTENIDO**

RESUMEN .....	11
INTRODUCCIÓN.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
Localización.....	14
Diseño experimental.....	15
Siembra de abonos verdes.....	17
Toma de muestras de abonos verdes.....	17
Análisis de materia seca y macronutrientes en abonos verdes.....	17
Análisis estadístico.....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	18
Contenido de humedad y materia seca.....	20
Macronutrientes (NPK).....	21
CONCLUSIONES.....	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución espacial de los tratamientos en la finca El fondo, Vereda Nueva Campiña, Corregimiento de Genoy. ....	16
Figura 2. Distribución espacial de los tratamientos en la Granja Experimental de la Universidad de Nariño, Vereda Botana. ....	17
Figura 3. Promedio en contenido de humedad de siete abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles. ....	20
Figura 4. Promedio en contenido de materia seca de siete abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles. ....	21
Figura 5. Promedio en contenido de Nitrógeno (N) de siete abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles. ....	22
Figura 6. Promedio en contenido de Potasio (K) en AV con diferencias significativas en dos suelos andisoles. ....	24

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características químicas, textura y densidad aparente del suelo en la Granja Experimental de la Universidad de Nariño, Vereda Botana.....	14
Tabla 2. Características químicas, textura y densidad aparente del suelo en la finca El fondo, Vereda Nueva Campiña, Corregimiento de Genoy.....	15
Tabla 3. Tratamientos aplicados en dos suelos andisoles.....	16
Tabla 4. Prueba de T para siete abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles.....	19

## **Materia seca y contenido de macronutrientes de siete abonos verdes en dos suelos andisoles, municipio de Pasto**

Dry matter and macronutrient content of seven green manures in two floors andisoles, municipality of Pasto

**Mónica Elizabeth Chamorro<sup>1</sup>**  
**Andrés Camilo Chachinoy<sup>2</sup>**  
**Paulo Cesar Cabrera<sup>3</sup>**  
**Iván Andrés Delgado<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. monicaelizabeth06@gmail.com. 2019.

<sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Agroforestal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. Andresch9@gmail.com. 2019.

<sup>3</sup> I. AF. M.Sc. Docente investigador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. paulocabrera28@gmail.com. 2019.

<sup>4</sup> I, AF. M. Sc. Docente investigador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. ivandelgado5@gmail.com. 2019.

### **RESUMEN**

El estudio se realizó en dos localidades del municipio de Pasto - Nariño; el primero ubicado en la Granja Experimental de la Universidad de Nariño, situado en la vereda Botana, coordenadas geográficas 77°18'58''LO y 1°10'11,4''LN, y el segundo ubicado en el corregimiento de Genoy, coordenadas geográficas 77°19'57.80"LO y 1°16'21.09"LN, con el objetivo de determinar contenido de materia seca y macronutrientes de siete abonos verdes (AV), realizando una comparación entre localidades, utilizando un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), con tres repeticiones y ocho tratamientos, ejecutando: siembra de abonos, toma de muestras y determinación de materia seca gravimétricamente, para contenido de macronutrientes (NPK) se utilizaron tres métodos: Kjendahl, colorimétrico de ácido ascórbico y espectrometría de absorción atómica respectivamente. Las variables fueron (V1: Materia Seca, V2: contenido de humedad, V3: N, V4: P y V5: K, estas se sometieron a un análisis de varianza y a pruebas de comparación de medias de T. El análisis mostró diferencias estadísticas significativas para los AV y variables: *Lupinus mutabilis* S. y *Brassica napus* L. indicaron diferencias (V1- V2) *Plantago lanceolata* L., *B. napus* y *L.mutabilis* (V3), *B. napus* y *Vicia sativa* L.(V5), no se encontró diferencias en ninguna variable de *Medicago. Sativa* L., *Trifolium repens* L. y *Alnus. Jorullensis* K. (V5) no existieron diferencias estadísticas en ningún AV. Aunque existieron diferencias en los abonos evaluados, se concluye que las especies evaluadas son de gran adaptación en los dos tipos de suelos.

**Palabras clave:** biomasa, especies, localidades, nutrientes, suelo.

## ABSTRACT

The study was conducted in two towns of the municipality of Pasto - Nariño; the first located in the Experimental Farm of the University of Nariño, located in the Botana village, geographic coordinates 77°18'58"LO and 1°10'11,4"LN, and the second located in the corregimiento of Genoy, coordinates 77°19'57.80"LO and 1°16'21.09"LN, with the objective of determining the dry matter and macronutrients content of seven green fertilizers (AV), making a comparison between localities, using an experimental design of Complete Blocks Azar (BCA), with three repetitions and eight treatments, executing: sowing of fertilizers, sampling and determination of dry matter gravimetrically, for macronutrient content (NPK) three methods were used: Kjendahl, colorimetric ascorbic acid and absorption spectrometry The variables were (V1: Dry matter, V2: moisture content, V3: N, V4: P and V5: K, these were subjected to an analysis of variance and comparison tests of means of T. The analysis showed significant statistical differences for VA and variables: *Lupinus mutabilis* S. and *Brassica napus* L. indicated differences (V1-V2) *Plantago lanceolata* L., *B. napus* and *L. mutabilis* (V3), *B. napus* and *Vicia sativa* L. (V5), no differences were found in any variable. *Medicago Sativa* L., *Trifolium repens* L. and *Alnus Jorullensis* K. (V5) there were no statistical differences in any VA. Although there were differences in the evaluated fertilizers, it is concluded that the species evaluated are highly adapted in the two types of soil.

**Keywords:** soil, species, localities, nutrients, biomass.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural no renovable, compuesto de minerales, agua, aire y materia orgánica, el suelo proporciona el ciclo de nutrientes primarios para la vida vegetal y animal, actúa como una base para muchos servicios ecosistémicos esenciales, entre ellos se constituye como la mayor reserva de carbono orgánico terrestre, más del doble de la cantidad almacenada en la vegetación, sin embargo, la humanidad se enfrenta a presiones sin precedentes sobre el recurso suelo, la degradación de la tierra y el agotamiento del suelo es una amenaza mundial real y creciente e implica una serie de procesos, como: la erosión por el viento, el agua y la labranza, compactación, sellado, desequilibrio de nutrientes, pérdida de materia orgánica del suelo, acidificación, salinización y contaminación, estos procesos, son causados por prácticas insostenibles de gestión de la tierra que resultan de diversos factores sociales, económicos y de gobernanza (FAO, 2015).

Este es el caso en la zona andina de Nariño, la degradación de los suelos agrícolas es cada vez más acentuado trayendo consigo una actividad agrícola menos rentable. Una de las formas prácticas de iniciar un manejo de suelos deteriorados es el empleo de abonos verdes (Muñoz y Tonguino, 2005). La siembra e incorporación de abonos verdes, es una alternativa tecnológica para la conservación y el mejoramiento de la fertilidad de los suelos (Salazar *et al.*, 2004). Los abonos verdes mantienen el potencial productivo del suelo, incrementa el contenido de materia orgánica estable en el tiempo y materiales orgánicos rápidamente mineralizables que mejoran la disponibilidad de nutrientes (Prager *et al.*, 2012). También acumula en la capa arable del suelo, además del nitrógeno, otras sustancias nutritivas e iguales que los demás abonos orgánicos enterrados, reduce en cierto grado la acidez del suelo, disminuye la movilidad del aluminio, eleva la capacidad buffer, capacidad de absorción, de retención de humedad y mejora la estructura del suelo (Salamanca *et al.*, 2004).

Para la ejecución de esta alternativa en la práctica agrícola, se hace necesario evaluar las especies que se adecuen a los sistemas de producción que caractericen a las diferentes regiones (García *et al.*, 1996). Con respecto a lo anterior la presente investigación se realizó con el propósito de encontrar la cantidad de materia seca y macronutrientes que incluyen siete AV y proveen al suelo, a su vez identificar en qué tipo de suelo lograron presentar mayor efecto los AV.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** La investigación, se realizó en dos localidades del municipio de Pasto -Nariño; el primero ubicado en la Granja Experimental de la Universidad de Nariño, situado en la vereda Botana al occidente del Meridiano de Greenwich a 77°18'58''LO y 1°10'11,4''LN, a una altitud de 2820 msnm, temperatura promedio de 12° C, precipitación media anual de 800 a 1000 mm, humedad relativa 70 a 80% con 900 horas sol promedio año (IDEAM, 2010). Los suelos de esta zona tienen una clasificación taxonómica Acrudoxic Melanudands- Acrudoxic Hapludands- Acrudoxic Placudand, que pertenecen al grupo de andisoles y se caracterizan por ser suelos muy profundos, presentan texturas moderadamente gruesas, bien drenados, alta saturación de aluminio y usualmente con altos contenidos de materia orgánica (IGAC, 2004).

A continuación se muestra el estudio de suelo realizado previo a la siembra de abonos para la Granja Experimental de la Universidad de Nariño (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características químicas, textura y densidad aparente del suelo en la Granja Experimental de la Universidad de Nariño, Vereda Botana.

Componente	Unidad	Valor
pH		5,95
Materia Orgánica	%	2,72
Fósforo disponible	mg/Kg	109
Capacidad de intercambio Catiónico (CIC)	cmol*/Kg	12,4
Calcio de Cambio	cmol*/Kg	5,35
Magnesio de Cambio	cmol*/Kg	2,93
Potasio de Cambio	cmol*/Kg	0,6
Hierro disponible	mg/Kg	320
Manganeso disponible	mg/Kg	27,5
Cobre disponible	mg/Kg	3,42
Zinc disponible	mg/Kg	4,56
Boro disponible	mg/Kg	0,17
Nitrógeno Total	%	0,1
Carbono Orgánico	%	1,58
Azufre disponible	mg/Kg	5,24
Textura	Grado de textura	Arcilloso
Densidad aparente	mg/Kg	0,76

El segundo ubicado en la finca El Fondo de la vereda Nueva Campiña del corregimiento de Genoy, ubicada al sur occidente del departamento de Nariño, a 13km de la ciudad de Pasto, con coordenadas geográficas 77°19'57.80''LO y 1°16'21.09''LN, a una altitud 2700 msnm,

temperatura promedio 15°C (Montezuma, 2012), precipitación media anual 1527 mm, humedad relativa del 70% (Climate-Data.Org, 2018). Los suelos de esta zona tiene una clasificación taxonómica Typic Melanocryands, Lithic Melanocryands y Misceláneo Rocoso (MEBf), son suelos que se han desarrollado a partir de depósitos espesos y delgados de ceniza volcánica sobre andesitas; son suelos fuertemente ácidos a moderadamente ácidos, con altos contenidos de carbono orgánico y altos contenidos de aluminio intercambiable en superficie, poseen alta capacidad catiónica de cambio, bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo y moderada fertilidad (IGAC, 2004).

En seguida se muestra el estudio de suelo realizado antes de la siembra de abonos para la finca El Fondo (Tabla 2).

**Tabla 2.** Características químicas, textura y densidad aparente del suelo en la finca El fondo, Vereda Nueva Campiña, Corregimiento de Genoy.

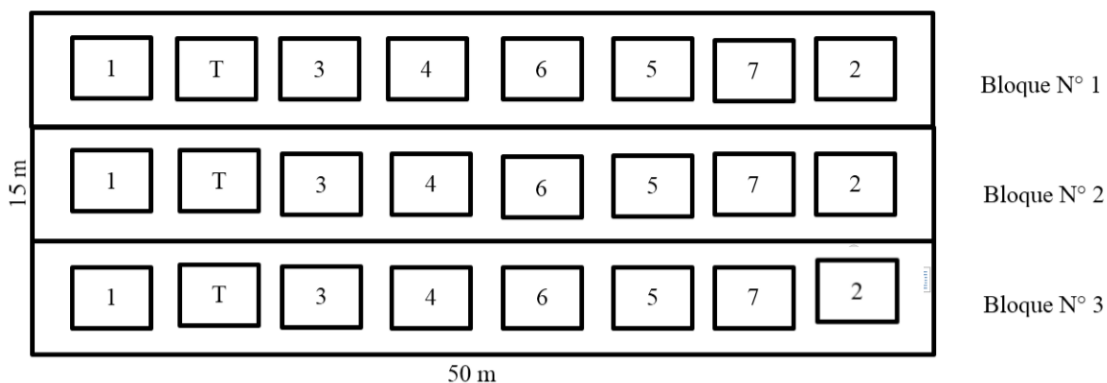
Componente	Unidad	Valor
pH		5,46
Materia Orgánica	%	11,8
Fósforo disponible	mg/Kg	15,1
Capacidad de intercambio Catiónico (CIC)	cmol*/Kg	35,7
Calcio de Cambio	cmol*/Kg	9,31
Magnesio de Cambio	cmol*/Kg	2,73
Potasio de Cambio	cmol*/Kg	1,51
Hierro disponible	mg/Kg	206
Manganeso disponible	mg/Kg	9,06
Cobre disponible	mg/Kg	2
Zinc disponible	mg/Kg	3,44
Boro disponible	mg/Kg	0,19
Nitrógeno Total	%	0,43
Carbono Orgánico	%	6,48
Azufre disponible	mg/Kg	11,8
Textura	Grado de textura	Franco-Arcilloso-Arenoso
Densidad aparente	mg/Kg	0,87

**Diseño experimental.** Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), con ocho tratamientos (Tabla 3) y tres repeticiones para un total de 24 unidades experimentales, organizadas en una parcela de 15 x 50 m por localidad, la separación entre tratamientos fue de 0,27 m y entre bloques 1,4 m. La ubicación espacial de los tratamientos en la finca El Fondo

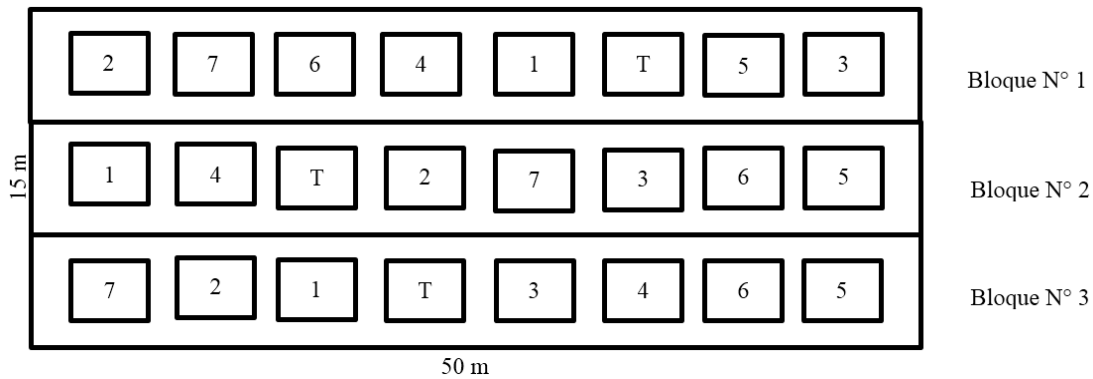
(Figura 1) se distribuyó de manera uniforme debido a un gradiente del 20% de pendiente, evitando que los procesos de escorrentía en días de lluvias favorecieran la mezcla entre tratamientos incurriendo en un incremento de error experimental (Urbano y Pantoja, 2018). Mientras que la ubicación espacial de los tratamientos en La Granja Experimental de la Universidad de Nariño se distribuyeron al azar (Figura 2).

**Tabla 3.** Tratamientos aplicados en dos suelos andisoles.

Tratamientos	Abono Verde	Nombre científico
T0	Testigo	
T1	Alverjilla	<i>Vicia sativa</i> L.
T2	Llantén forrajero	<i>Plantago lanceolata</i> L.
T3	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i> L.
T4	Trébol	<i>Trifolium repens</i> L.
T5	Chocho	<i>Lupinus mutabilis</i> S.
T6	Nabo	<i>Brassica napus</i> L.
T7	Aliso	<i>Alnus jorullensis</i> K.



**Figura 1.** Distribución espacial de los tratamientos en la finca El fondo, Vereda Nueva Campiña, Corregimiento de Genoy.



**Figura 2.** Distribución espacial de los tratamientos en la Granja Experimental de la Universidad de Nariño, Vereda Botana.

**Siembra de abonos verdes y recolección de biomasa forestal.** Se preparó el terreno con anterioridad desyerbando y delimitando la parcela y subparcelas, la siembra se realizó al voleo en altas densidades, teniendo en cuenta el porcentaje de germinación de cada una de las especies se utilizaron las siguientes cantidades: Alverjilla (*V. sativa*): 166,6 g, llantén forrajero (*P. lanceolata*): 166,16 g, alfalfa (*M. sativa*): 154 g, trébol (*T. repens*): 151 g, nabo (*B. napus*): 141,6 g y chocho (*L. mutabilis*): 661,6 g por unidad experimental y/o subparcela; para el caso de recolección de biomasa de *A. jorullensis* se tomó 300 g de hojarasca de individuos establecidos con anterioridad. Según Garro (2017), recomienda utilizar la hojarasca por su menor contenido de lignina, a diferencia de ramas y tallos en los cuales el proceso de descomposición toma mayor tiempo.

**Toma de muestras de abonos verdes.** El muestreo se realizó a los 60 días de siembra, antes de la floración como lo recomienda (Birbaumer *et al.*, 2000), se tomó las plantas correspondientes a un área de 0.45m<sup>2</sup>/sub-parcela, apoyados de un marco de 0,45 x 0,45m, el cual se lanzó tres veces aleatoriamente dentro de cada unidad experimental, por tiro se cortaron 100 gr de la parte aérea del material vegetal, obteniendo un total de 21 muestras por localidad, las cuales se identificaron y depositaron en bolsas.

**Análisis de materia seca y macronutrientes en abonos verdes.** La 21 muestras tomadas en campo se cortaron en trozos pequeños y fueron subdivididas en dos partes iguales con el fin de lograr un secado uniforme en el menor tiempo posible, estas se depositaron en bolsas de papel con su respectiva identificación (procedencia, abono, subparcela, peso bolsa, peso fresco, peso

seco). Después se llevaron a un secado parcial a 65° C por 24 horas seguido de un secado total a 105°C, al finalizar el secado se extrajeron las muestras del horno y se determinó la materia seca gravimétricamente, siendo el resultado el residuo remanente después del secado.

Una vez determinada la materia seca se llevó a pulverizar las muestras para proceder a analizar macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) mediante tres métodos diferentes Kjeldahl, colorimétrico de ácido ascórbico y espectrometría de absorción atómica respectivamente (Salinas y García, 1985), en laboratorios especializados de la Universidad de Nariño.

**Análisis estadístico.** Las variables de respuesta fueron: materia seca, contenido de humedad, nitrógeno, fósforo, y potasio, evaluados (g contenidos en 100 g de muestra). La información obtenida en el ensayo, fue sometida a un análisis de Varianza y a pruebas de comparación de medias de T mediante el programa EXCEL con nivel de significancia ( $p < 0,005$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

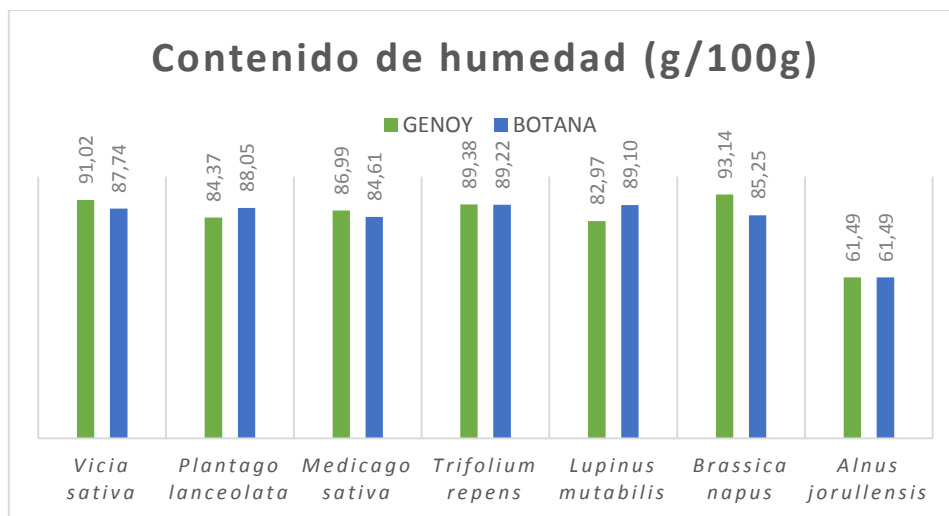
De acuerdo a la (Tabla 4) se puede observar que en la mayoría de AV no hay diferencias significativas por localidades, su comportamiento fue muy similar en las variables que se calcularon, aunque se puede apreciar que *L. mutabilis* y *B. napus* cuentan con mayor diferencias por localidades ante las demás, en la variable de fósforo se puede apreciar que no existen diferencias para ninguna de las especies y localidades, además en las especies *M. sativa*, *T. repens* y *A. jorullensis* no se encontró diferencias estadísticas en ninguna variable.

**Tabla 4.** Prueba de T para siete abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles.

Especies	Genoy (Suelo 1)					Botana (Suelo 2)				
	Materia seca	Contenido de humedad	N	P	K	Materia seca	Contenido de humedad	N	P	K
Alverjilla ( <i>Vicia sativa</i> L.)	8,97 a	91,02 a	3,61 a	0,39 a	6,04 a	12,25 a	87,74 a	4,33 a	0,41 a	4,58 b
Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.)	13 a	86,99 a	3,74 a	0,27 a	4,60 a	15,39 a	84,61 a	3,93 a	0,28 a	4,02 a
Trébol ( <i>Trifolium repens</i> L.)	10,61 a	89,38 a	3,77 a	0,27 a	5,56 a	10,78 a	89,21 a	3,75 a	0,27 a	5,28 a
Chocho ( <i>Lupinus mutabilis</i> S.)	17,02 a	82,97 a	3,20 a	0,25 a	4,44 a	10,90 b	89,09 b	4,54 b	0,25 a	4,11 a
Nabo Forrajero ( <i>Brassica napus</i> L.)	6,85 a	93,14 a	3,64 a	0,41 a	6,48 a	14,75 b	85,25 b	1,99 b	0,25 a	3,06 b
Aliso ( <i>Alnus jorullensis</i> K.)	38,50 a	61,49 a	2,78 a	0,2 a	1,33 a	38,50 a	61,49 a	2,78 a	0,2 a	1,33 a
Llantén ( <i>Plantago lanceolata</i> L.)	15,63 a	84,36 a	3,49 a	0,20 a	4,39 a	11,95 a	88,05 a	1,68 b	0,33 a	3,53 a

\* Promedios con diferentes subíndice en las columnas hay diferencias significativas.

**Contenido de humedad y materia seca.** Según Iraira y Saldaña (2003) al determinar el porcentaje de humedad se está eliminando el agua libre que contiene la muestra vegetal dejando como residuo la materia seca donde se encuentra disponible la cantidad total de nutrientes que potencialmente pueden ser aprovechados, como resultado las especies que tuvieron diferencias significativas son *L. mutabilis* y *B. napus* respecto a las demás, ver (Figura 3).

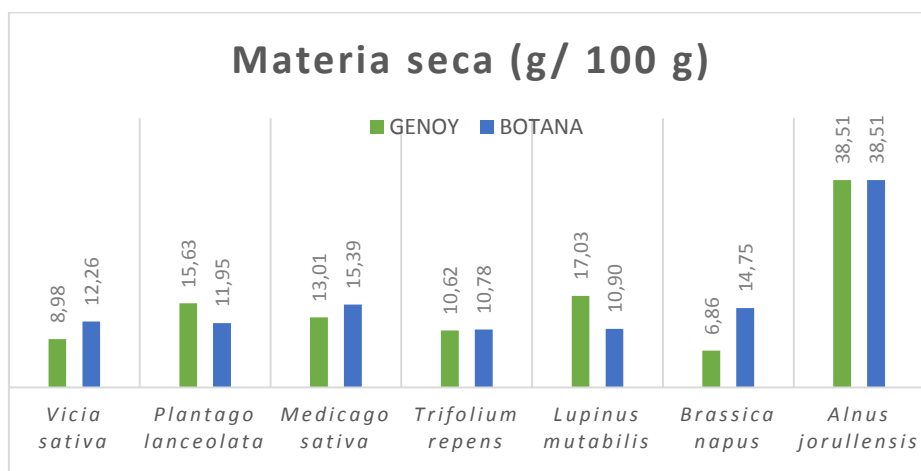


**Figura 3.** Promedio en contenido de humedad de siete abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles.

En consecuencia estas especies obtuvieron diferencias significativas en el contenido de materia seca como se observa en la (Figura 4). Para *L. mutabilis* se encontró un contenido de materia seca de 17,02 g en Genoy, siendo mayor en comparación a Botana con 10,90 g, aunque esta especie se desarrolla entre 2.000 y 3.850 m.s.n.m. (Jacobsen y Mujica, 2006), sus valores de composición pueden variar según la influencia ambiental como también sus etapas de desarrollo (Ojeda y Salazar, 2011).

Para *B. napus*, se encontró un valor de 6,85 g en Genoy menor que el valor encontrado en Botana de 14,75 g. INIA (2008) afirma que esta especie es un híbrido interespecífico entre nabo y kale, además es un material multipropósito para verano, otoño e invierno, pese a ello el mayor aporte en este estudio se obtuvo en la localidad de Botana. Según Echo Community (2017) las

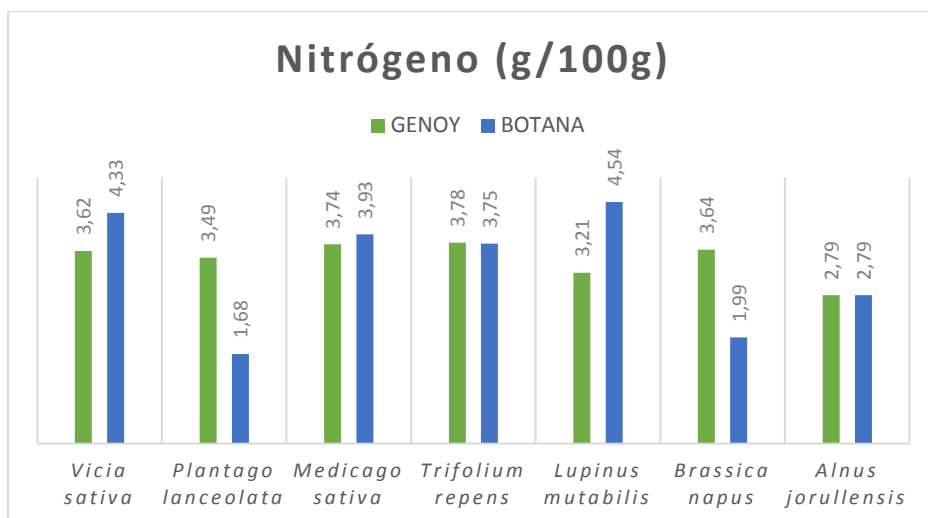
características de los suelos varían según las zonas, aspectos que limitan o favorecen el máximo crecimiento de las plantas.



**Figura 4.** Promedio en contenido de materia seca de siete abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles.

Por otro lado Gómez (2000), señala que el mayor contenido de estas especies frente a las demás puede deberse a su propio desarrollo y a la acumulación de biomoléculas de mayor peso molecular como la lignina, componente a tener en cuenta al momento de ser empleados como AV, ya que la lignina es un elemento adverso en la velocidad de descomposición puesto que no es totalmente mineralizada, debido a su resistencia por estructura aromática y la complejidad de estructura química (García *et al.*, 2005), este es el caso de *A. jorullensis* que a pesar de no tener diferencias estadísticas registro el mayor contenido de materia seca entre los diferentes abonos, para Vélez (2012) las condiciones tropicales (temperatura alta, estable y régimen de humedad) influyen para que se produzca una rápida descomposición de los materiales orgánicos que se adicionan al suelo, mientras Salamanca *et al.* (2004), manifiesta cuanto más rápido se descompongan los residuos vegetales, menor es la protección que brindan al suelo.

**Macronutrientes (NPK).** Se encontró en las especies *L. mutabilis*, *B. napus* y *P. lanceolata*, diferencias estadísticas entre localidades a comparación del resto, para la especie *L. mutabilis* se encontró mayor contenido de N en la localidad de Botana con 4,54 g frente a 3,21 g en Genoy, mientras que en *B. napus* y *P. lanceolata* su mayor contenido se registró en la localidad de Genoy con un valor de 3,64 g y 3,49 g respectivamente (Figura 5).



**Figura 5.** Promedio en contenido de Nitrógeno (N) de siete abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles.

De acuerdo con Tapia (2000), los requerimientos climáticos de *L. mutabilis* son áreas moderadamente frías, pH ligeramente ácido (5.6), temperatura óptima de 8 a 14° C, se adapta a condiciones de baja precipitación pluvial y suelos de baja fertilidad (Rodas, 2001), no necesita elevados niveles de nitrógeno pero si la presencia de fósforo y potasio, lo anterior concuerda con las características químicas que posee el suelo de Botana descritas en la (Tabla 1) y sus condiciones climáticas, lugar donde se obtuvo el mayor aporte de nitrógeno de esta especie.

Pese a que estos suelos no contienen una alta cantidad de fósforo para su recomendable desarrollo *L mutabilis*, se caracteriza por ser buen extractor de nutrimentos de las capas más profundas del suelo por su sistema radical, no solo tiene la capacidad de solubilizar los nutrimentos del suelo como el potasio y fósforo, que permite autoabastecerse y hacerlos disponibles para las plantas, sino también fija nitrógeno atmosférico llevado a cabo por bacterias fijadoras de nitrógeno que viven en simbiosis en sus raíces, así satisfacen su requerimiento de nitrógeno en ausencia de nitrógeno mineral del suelo (Peña *et al.*, 2002).

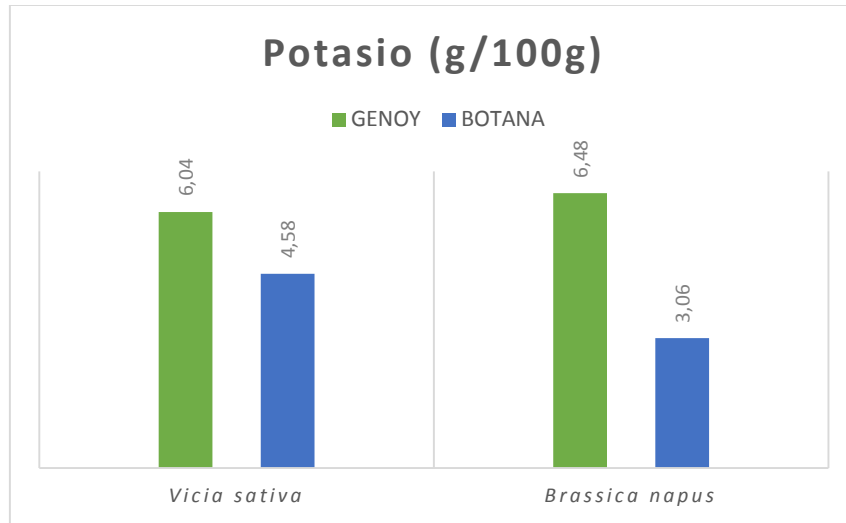
Con respecto a *B. napus* se infiere que su mayor contenido en la localidad de Genoy este influenciado también por las características del suelo, condiciones climáticas, como también por su sistema radicular, según Syngenta (2018), *B. napus* es una planta recicladora de nutrientes

debido al sistema radical, en especial nitrógeno, además solubiliza elementos como P que quedan disponibles para futuros cultivos (INIA, 2008).

*P. lanceolata*, cuenta con una raíz pivotante pero difiere de la raíz de *B. napus* al contener pocas raíces secundarias (González, 2012), pese a ello no se encuentran estudios donde se compruebe si la raíz influye en la obtención de nutrientes, no obstante se conoce que esta planta se encuentra naturalmente en un amplio rango de acidez (pH 4.2 - 7.8) y una amplia gama de texturas del suelo, además en pastizales naturales, es un componente común en condiciones de baja fertilidad, suelos bajos en fósforo y potasio, adicionalmente esta planta promueve el número de hojas cuando hay disponibilidad de nitrógeno en el suelo, hay crecimiento de brotes y aumento de biomasa (Stewart, 1996), cualidades que se observaron en campo específicamente en la localidad donde obtuvo mayor contenido de nitrógeno, como también se halló coincidencia en un mayor contenido de biomasa reportado en este estudio.

Para la variable de Fósforo no se encontró diferencias estadísticas en ninguna de las especies evaluadas entre localidades. Para Vélez *et al.*, (2007), este comportamiento se debe a un efecto del sistema radical de la planta, donde las raíces de las leguminosas, tiene la capacidad de producir exudados de variada naturaleza química que contribuye al proceso de solubilización del fósforo presente en el suelo, aumentando su disponibilidad de P aprovechado para su crecimiento. En el caso de *A. jarullensis* aunque no es una leguminosa cuenta con una relación tripartita entre Frankia-micorriza- aliso, esta relación ayuda a la fijación de N y capacita a la planta para absorber con mayor eficiencia el P disponible en el suelo, además de otros nutrientes (Molina, 2006), esta misma capacidad la posee de *B. napus* pero se lleva a cabo por su tipo de raíz. En el caso de *P. lanceolata* se ha mencionado con anterioridad que es una especie que se adapta a amplios tipos de suelo.

Por otro lado en la localidad de Genoy las especies *V. sativa* y *B. napus* indicaron diferencias significativas en la variable de K con respecto a la localidad de Botana, con valores de 6,04 y 6,48 g frente a 4,58g y 3,06 g correspondientemente (Figura 6).



**Figura 6.** Promedio en contenido de Potasio (K) en AV con diferencias significativas en dos suelos andisoles.

Aunque las dos especies fueron las únicas en mostrar diferencias significativas, los contenidos de potasio encontrados en Genoy fueron mayores frente a los obtenidos en Botana. Esto se debe a factores importantes que determinan la capacidad de suministro de potasio en el suelo como: concentración del elemento en la solución del suelo, nivel de potasio intercambiable, la capacidad de restitución de potasio y el contenido de agua en el suelo (Henaó y Hernández, 2002). En cuanto a la diferencia de contenido de potasio que presentó *V. sativa* y *B.napus*, Infoagro (2017) indica que las plantas difieren en su capacidad de utilizar las distintas formas de potasio, según la capacidad de intercambio catiónico de la raíz, en caso de ser una leguminosa cuenta con el doble de capacidad de cambio frente a otras especies como las gramíneas. A pesar que *B. napus* no es una leguminosa se indicó inicialmente su característica de reciclar nutrientes gracias a su sistema radical.

## **CONCLUSIONES**

En las dos localidades en las que realizó este estudio, el comportamiento de los abonos verdes empleados fue muy similar en las variables que se calcularon.

De las variables evaluadas las que difieren para las dos localidades y abonos verdes fueron (CH, MS, N, K), en cuanto a la variable de fósforo (P), presentó similar comportamiento en localidades y en los diferentes abonos verdes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Birbaumer, G. & Grupos Temáticos del Proyecto. (2000). Cultivar sin arar labranza mínima y siembra directa en los Andes. Proyecto de Conservación de Suelo y Agua en la Zona Andina - Proyecto Checua. Recuperado de <http://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/36128>
- Climate-DATA.ORG. (2018). Datos climáticos mundiales. Clima Genoy. Recuperado de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/narino/genoy-465490>
- Echo Comunity (2017). Selecting Legumes as Green Manure. Recuperado de <https://www.echocommunity.org/es/resources/38fc8ceb-988f-43bf-9ef3-d0cfd9fea169>
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (2015). La FAO y el post-2015. Objetivos de desarrollo sostenible. Tierra y Suelos. Recuperado de <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/land-and-soils/es/>
- García, A., Bernal, M., Asunción, P. & Asunción R. (2005). Organic Matter Fractions Involved in Degradation and Humification Processes during Composting. *Compost Science & Utilization*. 13 (2): 127-135. doi: <https://doi.org/10.1080/1065657X.2005.10702229>
- Gómez, J. (2000). *La materia orgánica en los agroecosistemas*. Palmira. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 70 p.
- García, M., Treto, E., Alvarez, M., Fernández, L. & Hernández, T. (1996). Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y cuantificación del aporte de nitrógeno en el cultivo de la calabaza. *Cultivos tropicales*. 17(3): 9-16.
- Garro, J. (2017). *El suelo y los abonos orgánicos*. San José, Costa Rica: INTA. 109 p.

- González, R. (2012). Estudio taxonómico de las Plantagináceas en los Andes Centrales (Ancash, Lima, Huánuco, Pasco y Junín) del Perú. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Mayor de San Marcos. Lima, Peru. 91p.
- Henao, M. & Hernández, E. (2002). Disponibilidad de potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas y su relación con la nutrición del café en la etapa vegetativa. *Cenicafé*. 53(2): 293-305.
- IDEAM - Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales. (2010). Reporte técnico estación meteorológica Botana. San Juan de Pasto: IDEAM.
- INFOAGRO (2017). Nutrientes presentes en el suelo. Recuperado de <http://mexico.infoagro.com/nutrientes-presentes-en-el-suelo/>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (2004). Estudio general de los suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño. Bogotá. Colombia: IGAC. 733p.
- INIA- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2008). Jornada de abonos verdes: Jardín de abonos verdes de invierno. Recuperado de [www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/537/1/18429261108095122.pdf](http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/537/1/18429261108095122.pdf)
- Iraira, S. & Saldaña, R. (2003). *Determinación de materia seca de forraje y ensilaje a través del uso del microondas*. Remehue, Chile: Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA).
- Jacobsen, S. & Mujica, A. (2006). El Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. En: Moraes, M., Ollgaard, B., Kvist, L., Borchsenius, F. y Balslev, H. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. 28: 458-482.
- Molina, M., Medina, M. & Orozco, H. (2006). El efecto de la interacción Frankia - micorrizas - micronutrientes en el establecimiento de árboles Aliso (*Alnus acuminata*) en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 19: 39-48.

- Montezuma, J. (2012). "Oficios perdidos de Nariño". Tesis de pregrado Facultad de Artes. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, Nariño. 110 p.
- Muñoz, C. & Tonguino, G. (2005). Evaluación del comportamiento de tres especies vegetales como abonos verdes, bajo tres densidades de siembra y abonamiento orgánico en la Granja Experimental de Botana, Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto, Nariño. 76 p.
- Ojeda, L. & Salazar, J. (2011). Efecto de la suplementación con harina de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el comportamiento productivo de cuyes (*Caavia porcellus*) en la fase de levante y engorde. Facultad de Ciencia Pecuarias. Universidad de Nariño. Pasto, Nariño. 84p.
- Peña, J., Villegas, A. & Sánchez, P. (2002). Contenido de N,P,K y rendimiento de frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) "Autumn bliss" orgánico asociada con lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet.). *Revista Peruana de Biología*. 9(2): 84-93. doi: <https://doi.org/10.15381/rpb.v9i2.2527>
- Prager, M., Sanclemente, O., Sánchez, M., Gallego, J. & Ángel, D. (2012). Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología*. 7: 53-62.
- Rodas, A., Escobar, R., Espinosa, V. & Alcántar, G. (2001). Asociación lupino-maíz en la nutrición fosfatada en un Andosol. *Terra*. 19 (2): 141-154.
- Salazar, M., Prager, M. & Ararat, J. (2004). Evaluación de abonos verdes en el cultivo de yuca (*Manihot sculenta* Krantz) en un inceptisol de la zona de ladera del departamento del Cauca, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 57 (2): 2413- 2422.
- Salamanca, W., Bonilla, C. & Sánchez, M. (2004). Evaluación de seis abonos verdes en un vertisol ústico en condiciones del Valle del Cauca. *Acta Agronómica*. 53 (3): 55-60.

- Salinas, J., García, R. (1985). *Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 87 p.
- Stewart, A. (1996). Plantain (*Plantago lanceolata*) a potential pasture species. *Proceedings of the Conference- New Zealand Grassland Association*. 58: 77-86.
- Syngenta. (2018). El cultivo de la colza con Syngenta. Recuperado de: <https://www.syngenta.es/sites/g/files/zhg516/f/cuaderno-colza.pdf>
- Tapia, M. (2000). *Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. 2° ed. Santiago de Chile: FAO. 157p.
- Vélez, F. (2012). Efecto de dos abonos verdes en la agregación y micorrización en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en un selo de ladera de Palmira (Colombia). Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 96 p.
- Vélez, J., Arteaga, G., Castillo, J. & Cenjivar, J. (2007). Efecto de fuentes fosfatadas en andisoles de Pasto, Nariño, con cobertura de *Vicia sativa* sobre el fósforo aprovechable, fósforo unido al hierro y aluminio. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 24: 109-123.
- Urbano, M. & Pantoja, M. (2018). Evaluación de algunas propiedades biológicas del suelo bajo la incorporación de siete abonos verdes en un andisol de Pasto, Nariño. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. 22p.