



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2024,
Volumen 8, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2

**MATERIA SECA Y CONTENIDO DE
MACRONUTRIENTES DE ABONOS VERDES
INCORPORADO EN DOS SUELOS ANDISOLES,
DEL MUNICIPIO DE PASTO – COLOMBIA**

**DRY MATTER AND MACRONUTRIENT CONTENT OF GREEN
FERTILISERS INCORPORATED IN TWO ANDISOL SOILS,
MUNICIPALITY OF PASTO – COLOMBIA**

Paulo Cesar Cabrera Moncayo
Universidad de Nariño, Colombia

Iván A. Delgado-Vargas
Universidad de Nariño, Colombia

Jorge Alberto Velez Lozano
Universidad de Nariño, Colombia

Mónica Elizabeth Chamorro
Universidad de Nariño, Colombia

Andrés Camilo Chachinoy
Universidad de Nariño, Colombia

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10901

Materia seca y Contenido de Macronutrientes de Abonos Verdes Incorporado en dos Suelos Andisoles, del Municipio de Pasto – Colombia

Paulo Cesar Cabrera Moncayo¹

paulocabrera28@udenar.edu.co

<https://orcid.org/0009-0006-1835-7157>

Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad de Nariño
Colombia

Iván A. Delgado-Vargas

ivan.delgado@udenar.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-9017-1986>

Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad de Nariño
Colombia

Jorge Alberto Velez Lozano

jvelezlozano@udenar.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-6726-7004>

Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad de Nariño
Colombia

Mónica Elizabeth Chamorro

monicaelizabeth06@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-9133-754X>

Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad de Nariño
Colombia

Andrés Camilo Chachinoy

Andresch9@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-8197-737X>

Facultad de Ciencias Agrícolas
Universidad de Nariño
Colombia

RESUMEN

En la zona alto andina el continuo cambio en el uso de cobertura, viene evidenciando efectos en la calidad del suelo, por tanto los abonos verdes se presentan como una alternativa amigable con el ambiente. Con lo anterior, El objetivo de esta investigación fue determinar el contenido de materia seca y macronutrientes en siete abonos verdes (AV) y comparar su aplicación en dos suelos andisoles. Mediante un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con tres repeticiones y ocho tratamientos: *Vicia sativa*, *Plantago lanceolata*, *Medicago sativa*, *Trifolium repens*, *Alnus jorullensis*, *Lupinus mutabilis* y *Brassica napus*. Se implementó los AV y se tomaron muestras a los 60 días, en laboratorio se determinó las variables V1: Materia Seca, V2: contenido de humedad, V3: Contenido de N, V4: P y V5: K. Se evidenció algunas diferencias significativas entre AV y variables; pero no entre localidades, lo que sugiere una gran adaptación de las especies evaluadas a los tipos de suelo.

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

¹ Autor principal.

Correspondencia: ivan.delgado@udenar.edu.co

Dry Matter and Macronutrient Content of Green Fertilisers Incorporated in two Andisol Soils, Municipality of Pasto – Colombia

ABSTRACT

In the high Andean area the continuous change in the use of cover, has been evidencing efficiencies in the quality of the soil, therefore the green fertilizers are presented as an environmentally friendly alternative. With the above, the objective of this research was to determine the content of dry matter and macronutrients in seven green fertilizers (GF) and compare their application in two andisol soils. Through an experimental design of Random Complete Blocks (BCR) with three repetitions and eight treatments: *Vicia sativa*, *Plantago lanceolata*, *Medicago sativa*, *Trifolium repens*, *Alnus jorullensis*, *Lupinus mutabilis* and *Brassica napus*. The GF was implemented and samples were taken at 60 days, in laboratory the variables V1 were determined: Dry Matter, V2: moisture content, V3: N content, V4: P and V5: K. Some significant differences between GF and variables were evident; but not between localities, which suggests a great adaptation of the species evaluated to soil types.

Keywords: soil, species, localities, nutrients, biomass

Artículo recibido 21 febrero 2024
Aceptado para publicación: 23 marzo 2024



INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural no renovable, compuesto de minerales, agua, aire y materia orgánica, el cual proporciona ciclos fundamentales para la vida vegetal y animal, oferta diversos servicios ambientales. Desacando entre ellos, ser la mayor reserva de carbono orgánico terrestre, liberación de nutrientes, filtración de elementos contaminantes, entre otros (Montaño et al., 2018). Sin embargo, este recurso se enfrenta a presiones antropicas sin precedentes, derivando en su degradación y agotamiento, la labranza intensiva, la compactación, el desequilibrio de nutrientes, la pérdida de materia orgánica, acidificación, salinización y contaminación (Delgado-Vargas et al., 2022).

Este panorama no es ajeno a la zona andina de Nariño, en donde la degradación de los suelos agrícolas es cada vez un problema más acentuado, procesos causados por prácticas insostenibles de gestión de la tierra que resultan de diversos factores sociales, económicos y de gobernanza de recursos (Muñoz & Tonguino, 2005). Para ello una de las estrategias para realizar un manejo de suelos deteriorados es el empleo de abonos verdes con la incorporación de materia orgánica (Volverás-Mambuscay et al., 2021). La siembra e incorporación de abonos verdes, es una alternativa tecnológica para la conservación y el mejoramiento, que brindan sustento a propiedades físicas, químicas y biológicas (Castro-Rincon et al., 2018 y Muñoz-Rodríguez y Santacruz-Ortiz, 2024). Los abonos verdes, en ese sentido, mantienen el potencial productivo del suelo, al ser la materia orgánica un contenido estable en el tiempo y ser materiales rápidamente mineralizables, lo que mejora la disponibilidad de nutrientes (Bayu, 2020; Panday et al., 2024).

mejora la disponibilidad de nutrientes (Prager et al., 2012; Ukalska-Jaruga et al., 2020).

Los abonos a demás de acumular nitrógeno en la capa arable del suelo, acumula diversos nutrientes, permiten reducir en cierto grado la acidez del suelo, la movilidad del aluminio, eleva la capacidad buffer, afecta la capacidad de absorción, permiten la retención de humedad y mejora la estructura del suelo (Salamanca et al., 2004; Yao et al., 2021). Con base a lo anterior, la presente investigación busca evaluar especies con potencial de abono verde, que permita mejorar las condiciones nutricionales en el suelo. Para la cual se hizo la identificación de la cantidad de materia seca y macronutrientes de siete abonos verdes y su efecto en dos tipos de suelo andisoles.

METODOLOGÍA

Localización

La presente investigación se realizó en municipio de Pasto, zona altonadina de Nariño-Colombia, en dos localidades: a) En la finca El Fondo, ubicado en la vereda Nueva Campiña (Localidad 1), corregimiento de Genoy (1°16' 21.09" N - 77 °19 '57.80" O) y b) En la Granja Experimental de la Universidad de Nariño, ubicado en la vereda Botana (Localidad 2), corregimiento de Catambuco (1° 10' 11,4" N - 77° 18' 58" O), a continuación, en la tabla 1 se presenta las condiciones edafoclimáticas de las localidades de estudio.

Tabla 1. Condiciones edafoclimáticas de las zonas de estudio, Nariño – Colombia.

Variables	Localidad 1 (Genoy)	Localidad 2 (Botana)
Altitud	2700 m.s.n.m.	2820 m.s.n.m.
humedad relativa	70%	80%
temperatura promedio	15°C	12° C
precipitación media anual	1527 mm	900 mm
clasificación taxonómica suelo	Typic Melanocryands, Lithic Melanocryands y Misceláneo Rocoso (MEBf), Se han desarrollado depósitos espesos y delgados de ceniza volcánica sobre andesitas.	Acrudoxi Melanudands- Acrudoxic Hapludands- Acrudoxic Placudand, que pertenecen al grupo de andisoles.
Descripción suelo	pH fuertemente ácido a moderadamente ácido, con alto contenido de carbono orgánico y alto contenido de aluminio intercambiable en superficie y bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo, lo que la cataloga con moderada fertilidad	Son suelos muy profundos, con texturas moderadamente gruesas, de buen drenaje, alta saturación de aluminio y altos contenidos de materia orgánica.

Fuente: Climate-Data, 2018; Montezuma, 2012; IDEAM, 2010; IGAC, 2004.



Diseño experimental

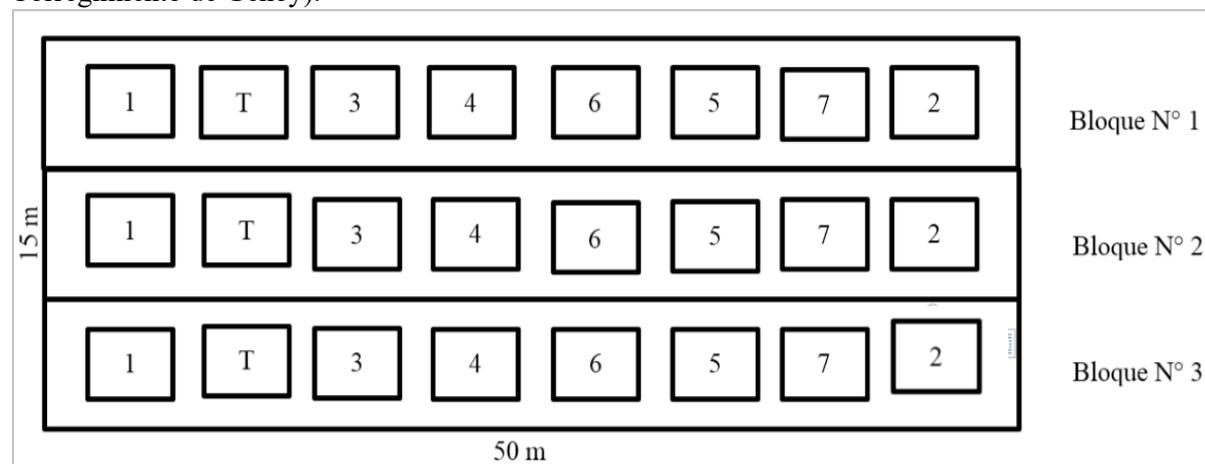
Para esta investigación constó ocho tratamientos (subparcela) con tres repeticiones (Tabla 2), en un diseño experimental de Bloques Completos al Azar - BCA, para un total de 24 unidades experimentales. La unidad experimental fue la parcela con un área de 15 x 50 m en cada localidad, con un espacio entre bloques de 1,4 m y para los tratamientos de 0,27 m. Respecto a la ubicación espacial se realizó de acuerdo a las condiciones de las parcelas y pendiente: En la localidad 1 (Figura 1) con un gradiente del 20%, se distribuyó de manera uniforme, para evitar mezcla entre tratamientos por efecto de la escorrentía, incurriendo en un incremento de error (Urbano et al., 2019). Para la localidad 2, con un gradiente del 5%, se hizo una distribución al azar (Figura 2).

Tabla 2. Tratamientos de los abonos verdes

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

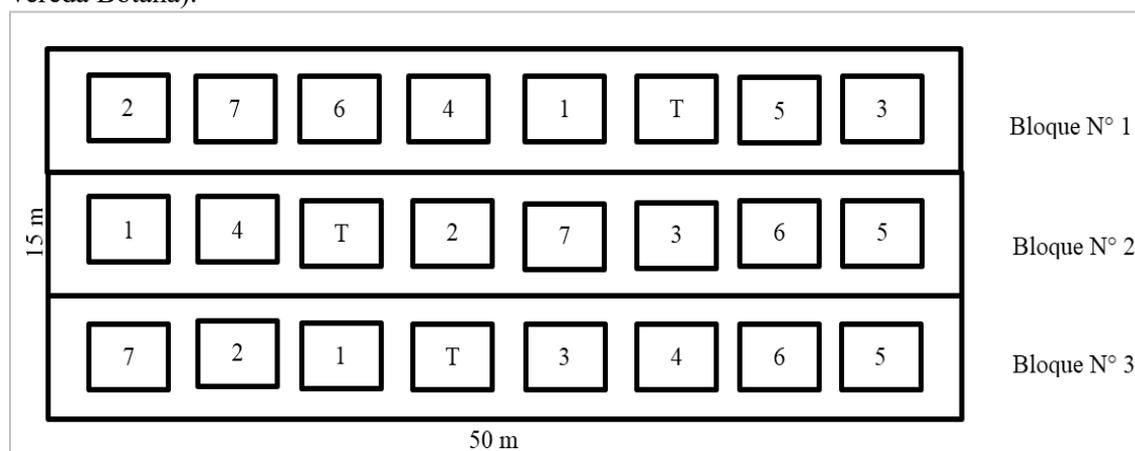
Fuente: Esta investigación.

Figura 1. Distribución espacial en la localidad 1 (Finca El fondo, Vereda Nueva Campiña, Corregimiento de Genoy).



Fuente: Esta investigación.

Figura 2. Distribución espacial en la localidad 2 (Granja Experimental de la Universidad de Nariño, Vereda Botana).



Fuente: Esta investigación.

Establecimiento de los abonos verdes

Para la siembra de los AV, se inició con la preparación del terreno, mediante prácticas de deshierba y arado manual. Se prosiguió a la delimitación de la parcela y señalización de las subparcelas. La siembra de las semillas de los AV se realizó al voleo, por lo cual, se tuvo en cuenta el porcentaje de germinación de cada especie con las siguientes cantidades por unidad experimental: *L. mutabilis* 661,6 g, *V. sativa* 166,6 g, *P. lanceolata* 166,16 g, *M. sativa* 154 g, *T. repens* 151 g y *B. napus* 141,6 g.

Muestreo de abonos verdes

Según la metodología de Birbaumer, (2000), transcurrido 60 días después de la siembra, se realizó la toma de muestra del forraje verde antes del período de floración. Se hizo tres puntos de corte de forma aleatoria por unidad experimental, mediante el lanzamiento de un aforo de 0,45m x 0,45m (0,45m²/subparcela). Se tomó 100 g de cada material vegetal. Se obtuvo un total de 21 muestras/localidad, se depositó en bolsas ziploc y se realizó la respectiva identificación (Localidad, tipo de AV, subparcela, fecha, peso fresco, peso seco).

Análisis bromatológico de materia seca y macronutrientes en abonos verdes

Las muestras de AV se llevaron a laboratorios especializados de la Universidad de Nariño. Se determinó la materia seca gravimétricamente, siendo el resultado el residuo remanente después del secado, para lo cual se cortó en trozos pequeños cada AV, se depositaron en bolsas de papel y se inició con el secado parcial en horno a 65° C por 24 h, y se pasa a un secado total a 105° C. Posteriormente, se realiza el análisis de macronutrientes mediante la pulverización de las muestras y la aplicación de los siguientes

métodos: para el nitrógeno mediante el método Kjeldahl, para el fósforo mediante el método colorimétrico de ácido ascórbico, y para el potasio mediante el método de espectrometría de absorción atómica (Salinas & García, 1985).

Análisis estadístico

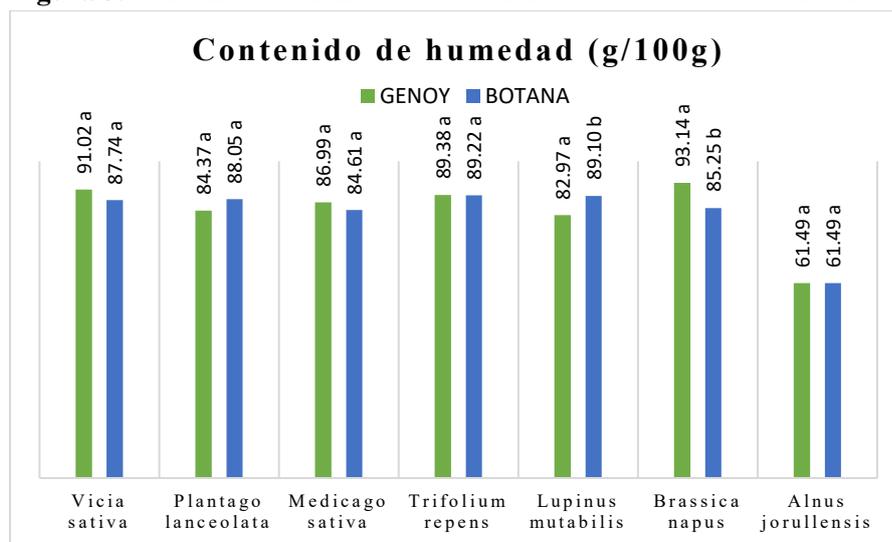
Para el análisis de las variables de AV, se aplicó una ANOVA y la aplicación de pruebas de comparación de medias de T a dos colas para los tratamientos de AV, para lo cual se trabajó con el programa estadístico R (R Core Team, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de humedad - CH

El análisis de varianza no evidenció diferencias significativas ($p > 0,05$), respecto a las localidades, se presentó un comportamiento similar en todas las variables que se calcularon. Sin embargo, se puede apreciar que los AV *L. mutabilis* y *B. napus* sobresalen entre los dos. Respecto al CH, se evidenció diferencias significativas ($p > 0,05$) en los AV *L. mutabilis* y *B. napus* (Figura 3). De acuerdo con Castro-Rincón et al. (2018), en relación al CH, permite inferir en el nivel de humedad que puede aportar al suelo, lo cual es directamente proporcional al tiempo de descomposición de los AV. El residuo de la materia seca, permite disponer la cantidad total de nutrientes aprovechables en el suelo (Iraira & Saldaña, 2003).

Figura 3. Contenido de Humedad de abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles.

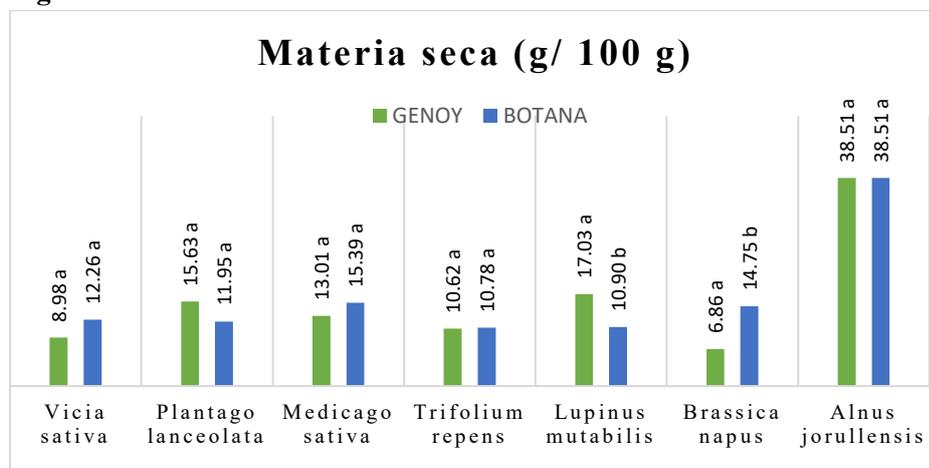


* Promedios con diferentes subíndices en las columnas hay diferencias significativas.
Fuente: Esta investigación.

Materia seca - MS

Se evidenció diferencias significativas ($p>0,05$) en los contenidos de materia, el AV *L. mutabilis* con un contenido de 17,02 g/MS en la localidad 1 y de 10,90 g/MS en la localidad 2 (Figura 4), siendo una especie de con un rango amplio de adaptación entre los 2.000 y 3.850 m.s.n.m. (Ojeda & Salazar, 2011), generándose plantas con mayor altura y mayor cantidad de biomasa en yacón establecido a mayores altitudes (Correa y Ovideo, 2017). Por su parte, para el AV *B. napus* se encontró para la localidad 1 un valor de 6,85 g/MS, siendo meno al valor encontrado en la localidad 2 de 14,75 g/MS. Siendo una especie hibrida interespecifica (mezcla entre nabo y kale), puede presentarse un rendimiento promedio de 10 ton/ha/MS. Presentando mejores promedios en zonas de clima frío, además, se adapta bien a pH 5,5 (Vélez, 2012; Syngenta, 2018), Tiene una acumulación de biomoléculas de mayor peso molecular como la lignina, lo que permite una descomposición mas lenta del material vegetal, al no ser totalmente mineralizada, debido a su resistencia por estructura aromática y la complejidad de estructura química (García-Gómez et al., 2005).

Figura 4. Contenido de Materia Seca de abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles.



* Promedios con diferentes subíndices en las columnas hay diferencias significativas.

Fuente: Esta investigación.

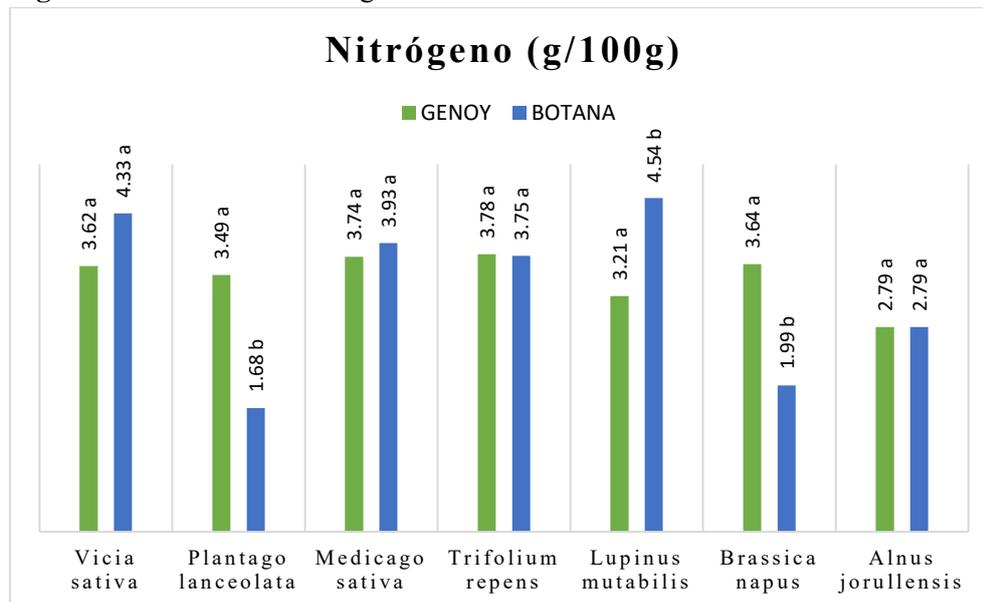
Macronutriente nitrógeno - N

Se evidenció diferencias significativas ($p>0,05$) entre localidades para los AV *L. mutabilis* con el mayor contenido de N en la localidad 1 de 4,54 g/N frente a la localidad 2 con 3,21 g/N. Seguido de *B. napus* y *P. lanceolata* se presento mayores valores en la localidad 2, con un valores de 3,64 g/N y 3,49/N g respectivamente (Figura 5). Siendo *L. mutabilis* una especie que contribuye significativamente en el

mejoramiento de la estructura del suelo, al aportar también altos contenidos de materia orgánica y fósforo, además, es capaz de fijar hasta 100 kg N/ha de su propio nitrógeno (Tapie y Veloso, 2020).

Se presenta un mejor rendimiento de *L. mutabilis*, en zonas moderadamente frías y baja precipitación pluvial, temperatura promedio de 11° C, en suelos tipo franco arenosos, con un pH ligeramente ácido (5 – 6), con la presencia moderada de fósforo y potasio, concordando con lo reportado en la localidad 1, no obstante, es de recalcar que dicha especie es esencial en el momento de extraer nutrientes de capas profundas del suelo mediante su sistema radical (Rodas et al., 2001; Barrera, 2015).

Figura 5. Contenido de Nitrógeno de abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles.



* Promedios con diferentes subíndices en las columnas hay diferencias significativas.
Fuente: Esta investigación.

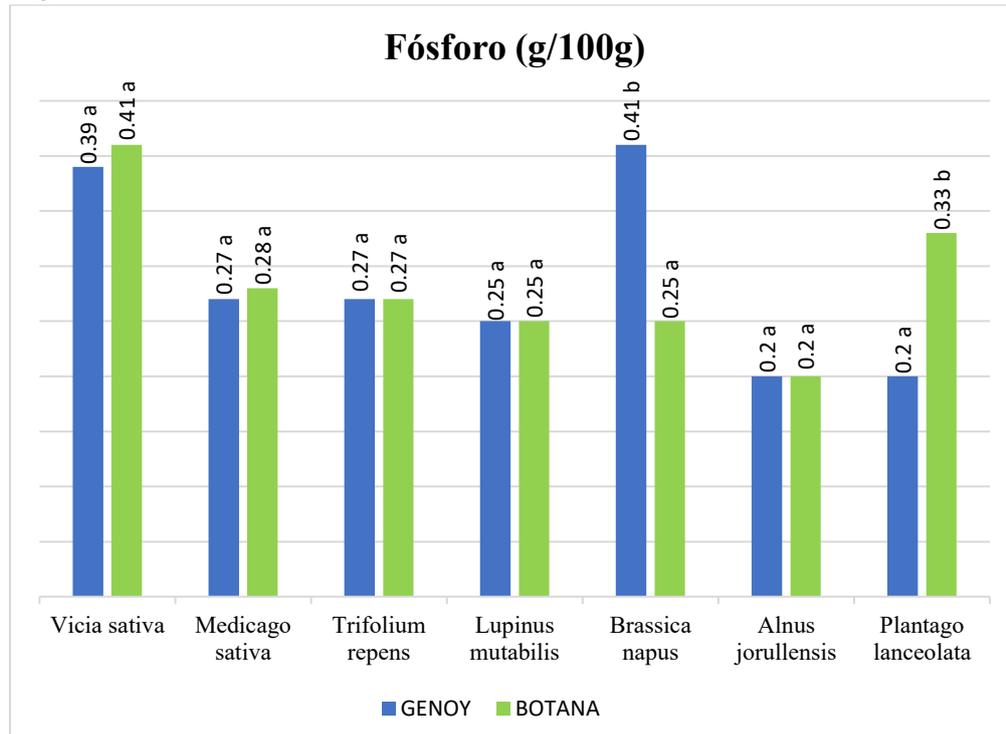
Macronutriente Fósforo - P

No se evidenció diferencias significativas ($p > 0,05$) entre localidades, sin embargo se encontró diferencias para los AV *B. napus* y *P. lanceolata* (Figura 6). En la localidad 1 presenta un mayor aporte de *B. napus*, lo que permite inferir en el gran aporte que da al suelo, al generar un reciclaje de nutrientes mediante su sistema radical, con la solubilización a mediano plazo del P (INIA, 2008; Syngenta, 2018). Respecto al AV *P. lanceolata* es una especie que posee una raíz pivotante, se adapta a diferentes tipos de suelo y condiciones ambientales, con un pH promedio de 6,4. Requiere de N para su adecuado crecimiento (González, 2012).

Diversos autores, concuerdan que el sistema radical de las leguminosas, tiene la capacidad de producir

exudados químicos, lo cuales, contribuyen al proceso de solubilización del P edáfico. Además, se evidencia una interacción de los AV en la misma unidad de área con leñosas perennes, en el caso de *A. jarullensis* y *B. napus* cuenta con una relación tripartita entre Frankia – micorriza, que permite la fijación de N y permite a la planta una mayor eficiencia de absorción del P y otros nutrientes (Molina et al., 2006; Prager et al., 2012; Delgado-Vargas et al., 2022).

Figura 6. Contenido de Fósforo de abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles.



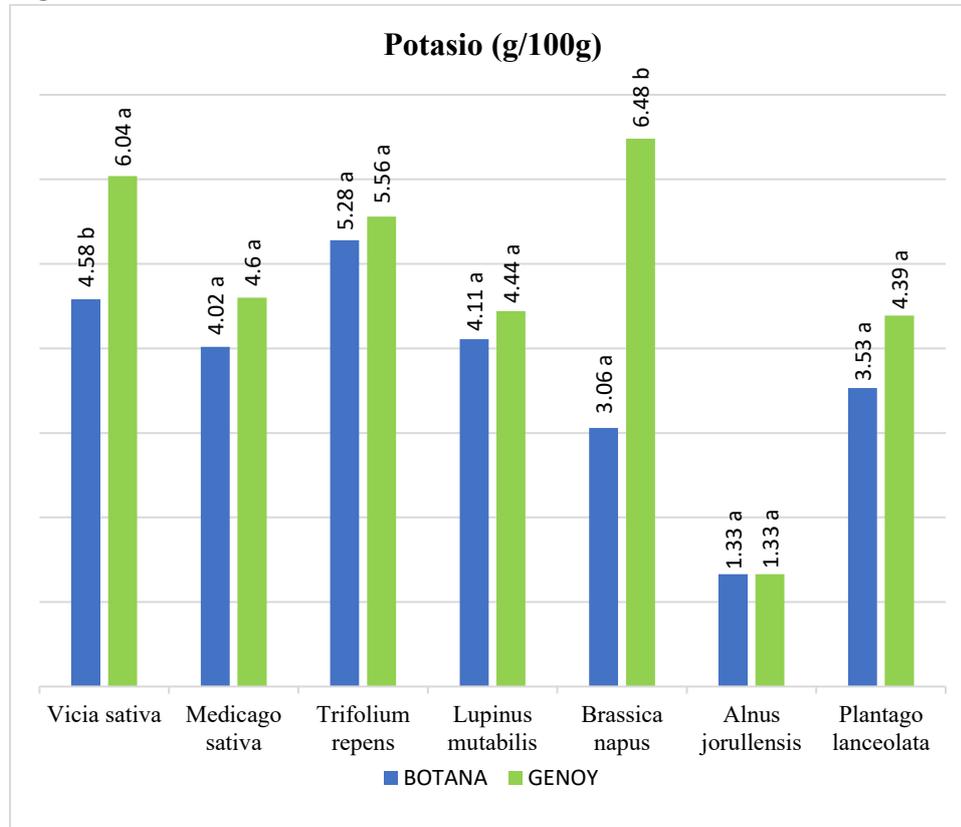
* Promedios con diferentes subíndices en las columnas hay diferencias significativas.
Fuente: Esta investigación.

Macronutriente potasio - K

No se evidenció diferencias significativas ($p > 0,05$) entre localidades, sin embargo se encontró diferencias en la localidad 1 para los AV *V. sativa* y *B. napus* (Figura 7). Evidenciándose factores que benefician la capacidad de suministro de P en el suelo, presentándose en la zona de Genoy contenidos adecuados de agua en el suelo, el nivel de K intercambiable y su capacidad de restitución la concentración de dicho elemento en la solución del suelo (Zhang et al., 2021). La absorción de K por parte de los AV, pueden diferir de acuerdo a la capacidad de intercambio catiónico de las raíces de cada especie, en el caso de *V. sativa*, es una leguminosa y presenta el doble de capacidad de cambio frente a otras especies como las gramíneas. Para *B. napus* se reconoce sus características de reciclaje nutrientes

mediante su sistema radical, sin embargo, no es una leguminosa (Pandey & Mahiwal, 2020; Meychik et al., 2021).

Figura 7. Contenido de Potasio en abonos verdes establecidos en dos suelos andisoles.



* Promedios con diferentes subíndices en las columnas hay diferencias significativas.
Fuente: Esta investigación.

CONCLUSIONES

La similitud en el comportamiento de los diferentes abonos verdes en ambas localidades sugiere una cierta uniformidad en la respuesta de los cultivos a las condiciones edafoclimáticas de la región, lo cual permite inferir en la selección y recomendación de dichas herbáceas y leñosa perenne para mejorar la calidad del suelo, en por de fortalecer la productividad agrícola en zonas de suelos andisoles.

La variación significativa en el contenido de nutrientes entre abonos verdes resalta la importancia de la asociación de dichas especies, las cuales tienen diversas capacidades para acumular y redistribuir nutrientes en el suelo, lo que influye en la eficacia de la fertilización y en el rendimiento de los cultivos posteriores, siendo el caso del fósforo el cual evidenció una estabilidad notable en ambas localidades y entre las diferentes especies, lo que sugiere una relativa homogeneidad en su disponibilidad en el suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barrera, E. (2015). Evaluación del frijól lupinus (*Lupinus mutabilis*) como abono verde para la producción agroecológica en el municipio de Subachoque, Cundinamarca. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO. Facultad de Ingeniería. 80p.
- Bayu, T. (2020). Review on contribution of integrated soil fertility management for climate change mitigation and agricultural sustainability. *Cogent Environmental Science*, 6(1), 18-26. <https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1823631>
- Birbaumer, G. (2000). *Cultivar sin arar labranza mínima y siembra directa en los Andes* (1.^a ed.). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- Car. <http://hdl.handle.net/20.500.11786/36128>
- Castro-Rincón, E., Mojica-Rodríguez, J., Carulla-Fornaguera, J. y Lascano-Aguilar. C. (2018). Evaluación de leguminosas como abono verde en cultivos forrajeros para ganaderías en el Caribe seco colombiano. *Agron. Mesoam.* 29(3):597-617. doi:10.15517/ma.v29i3.32350
- Correa, A., y Oviedo, A. (2017). Estudio de un método para determinar fosforo en leguminosas mediante espectroscopia ultravioleta visible. 53 - 66.
- Climate-Data. (2018). *Clima Genoy*. Datos climáticos mundiales. <https://es.climate-data.org/americas-del-sur/colombia/narino/genoy-465490>
- Delgado-Vargas, I.A., Leonel, H.F., Molina-Moreno, Á.A., Chávez, N.O. & Pinta Paz, P.A. (2022). Ethnoedaphology as an Integrating Process between Academy and Peasant Knowledge in the Productive System of Coffee (*Coffea arabica* L.) of Southwestern Colombia. *Agricultural Sciences*, 13, 1013-1030. <https://doi.org/10.4236/as.2022.1310062>
- 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.
- García-Gómez, A., Bernal, M. P., & Roig, A. (2005). Organic Matter Fractions Involved in Degradation and Humification Processes During Composting. *Compost Science & Utilization*, 13(2), 127-135. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2005.10702229>
- Gómez, J. (2000). *La materia orgánica en los agroecosistemas*. Universidad Nacional de Colombia.



- González, R. M. (2012). *Estudio taxonómico de las Plantagináceas en los Andes Centrales (Ancash, Lima, Huánuco, Pasco y Junín) del Perú* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- IDEAM. (2010). *Reporte técnico estación meteorológica Botana*. Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales.
- IGAC. (2004). *Estudio general de los suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Iraira, S., & Saldaña, R. (2003). Determinación de materia seca de forraje y ensilajes a través del uso del microondas. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 43, 1-2.
- Jara-Peña, E., Villegas, A., & Sánchez, P. (2002). Contenido de N, P, K y rendimiento de frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) ‘Autumn bliss’ orgánica asociada con lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet.). *Revista Peruana de Biología*, 9(2), 84-93. <https://doi.org/10.15381/rpb.v9i2.2527>
- Meychik, N., Nikolaeva, Y., & Kushunina, M. (2021). The significance of ion-exchange properties of plant root cell walls for nutrient and water uptake by plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.05.048>
- 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(1), 39-48.
- Montaño, N., Navarro, M., Patricio, I., Chimal, E., & de la Cruz, J. (2018). El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo?. *CIENCIA Ergo-Sum*, 25(3).
doi:10.30878/ces.v25n3a9
- Montezuma, J. (2012). *Oficios perdidos de Nariño*. Universidad de Nariño.
- Muñoz-Rodríguez, M. A., & Santacruz-Ortiz, A. C. (2024). Edaphic macrofauna in the establishment of an agroforestry system in the High Andean region of Southern Colombia. *Revista De Ciencias Agrícolas*, 41(1). Retrieved from <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/7236>



- 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]. Universidad de Nariño.
- Ojeda, L., & Salazar, J. (2011). *Efecto de la suplementación con harina de chocho (lupinus mutabilis sweet) en el comportamiento productivo de cuyes (Cavia porcellus) en la fase de levante y engorde* [Monografía, Universidad de Nariño]. <https://sired.udenar.edu.co/2967/>
- Panday, D., Bhusal, N., Das, S., & Ghalegholabbehbahani, A. (2024). Rooted in Nature: The Rise, Challenges, and Potential of Organic Farming and Fertilizers in Agroecosystems. *Sustainability*, 16(4), 15-30. <https://doi.org/10.3390/su16041530>
- Pandey, G. K., & Mahiwal, S. (2020). Role of Potassium: An Overview. En G. K. Pandey & S. Mahiwal (Eds.), *Role of Potassium in Plants* (pp. 1-9). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45953-6_1
- Prager, M., Reyes, E., Sánchez, M., Gallego, & Sánchez, I. (2012). Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología*, 7(1), 53-62.
- R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>. <https://www.r-project.org/>
- Rodas, A., Nuñez, R., Espinosa, V., & Alcántar, G. (2001). Asociación lupino-maíz en la nutrición fosfatada en un Andosol. *Terra Latinoamericana*, 19(2), 141-154.
- Salamanca, W. F., Bonilla, C. R., & Sánchez, M. S. (2004). *Evaluación de seis abonos verdes en un vertisol ústico en condiciones del valle del cauca* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/22025>
- Salinas, J. G., & García, R. (1985). *Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Syngenta. (2018). *Soluciones para el cultivo de Colza*. El cultivo de la colza con Syngenta. <https://www.syngenta.es/cultivos/colza>
- Ukalska-Jaruga, A., Siebielec, G., Siebielec, S., & Pecio, M. (2020). The Impact of Exogenous Organic Matter on Wheat Growth and Mineral Nitrogen Availability in Soil. *Agronomy*, 10(9), 3-14. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091314>



- Urbano, M. F., Pantoja, M. F., Delgado, I. A., & Cabrera, P. C. (2019). The effect of green fertilizers on the ecological structure of soil invertebrate communities in an andisol of Southwestern Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 67(6), 1394-1405.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v67i6.37023>
- Vélez, F. J. (2012). *Efecto de abonos verdes en la agregación y micorrización en el cultivo de maíz (Zea mays L.) en un suelo de ladera de Palmira (Colombia)* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20085>
- Volverás-Mambuscay, B., Merchancano-Rosero, J., Campo-Quesada, J. (2021). Pérdida de suelo en el sistema ancestral wachado en el trópico alto de Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 120–136. <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.39284>
- Yao, Z., Xu, Q., Chen, Y., Liu, N., Li, Y., Zhang, S., Cao, W., Zhai, B., Wang, Z., Zhang, D., Adl, S., & Gao, Y. (2021). Leguminous green manure enhances the soil organic nitrogen pool of cropland via disproportionate increase of nitrogen in particulate organic matter fractions. *CATENA*, 207, 10-55. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105574>
- Zhang, Z., Liu, D., Wu, M., Xia, Y., Zhang, F., & Fan, X. (2021). *Long-term Differences in K Balance Under Rice–wheat Cultivation Alter Potassium Supplying Ability of Soils* [Preprint]. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-739403/v1>