

**EVALUACIÓN DEL EFECTO SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO DE CUATRO  
LEGUMINOSAS FORRAJERAS HERBÁCEAS EN LA VEREDA LAS GUACAS,  
POPAYÁN-CAUCA**



Universidad  
del Cauca

**PAOLA MARICELA FIGUEROA VALLEJO  
YULI ALEJANDRA TIVANTA GARZÓN**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
INGENIERIA AGROPECUARIA  
POPAYAN  
2021**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO DE CUATRO  
LEGUMINOSAS FORRAJERAS HERBÁCEAS EN LA VEREDA LAS GUACAS,  
POPAYÁN-CAUCA**

**PAOLA MARICELA FIGUEROA VALLEJO  
YULI ALEJANDRA TIVANTA GARZÓN**

**TRABAJO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE: INGENIERO AGROPECUARIO**

**DIRECTOR  
Ph.D. NELSON JOSE VIVAS QUILA Zoot.  
M. Sc. JESUS GERARDO GALINDEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
INGENIERIA AGROPECUARIA  
POPAYAN  
2021**

## **Nota de aceptación**

Los Directores y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

---

**Ph. D. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA**  
Director

---

**M. Sc. JESÚS GERARDO GALINDEZ**  
Director

---

**Ph. D. ROMAN MARTIN STECHAUNER**  
Jurado

---

**M. Sc. FABIO ALONSO PRADO**  
Jurado

Popayán, 21 diciembre de 2021

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mi hermano en el cielo, por ser mis compañeros en cada paso que doy. A mis padres Martha Magola Vallejo y Gerardo Figueroa, ejemplo de perseverancia y valentía, infinitas gracias por su amor y lucha diaria. A mi tío Luis Figueroa, mi segundo padre, por su cariño y consejos recibidos. A mi hermana gemela María Natalia por ser ese motor que me impulsa a continuar; a mis hermanos Mery, Hernando, Jairo y Alejandro Figueroa por estar al pendiente de mí. A mis seis sobrinos, por ser esas personitas que llenan mi vida de felicidad, su sonrisa me mantuvo siempre en pie. A mi amiga Yenni Yule que estuvo presente en los momentos buenos y malos dispuesta a ayudarme sin condición alguna.

### **Paola Maricela Figueroa Vallejo.**

Dedico este logro a mi madre Noemí Garzón, a quien amo inmensamente, quien estuvo siempre presente en todo este proceso académico, y con su apoyo y comprensión me ayudo a nunca perder la fe y seguir adelante. A mis hermanas Paola Garzón y Sandra Tivanta por su apoyo incondicional, amor y acompañamiento durante esta etapa de mi vida. A mis sobrinas Angie y Saray Molina por ser una gran fuente de motivación. A mi tío Boris Garzón y su esposa Ruby Ordoñez quienes siempre estuvieron pendientes de mi proceso y apoyándome en los momentos más difíciles. A mi abuela Teresa Urrea quien me dio fortaleza y me apoyo en todo momento. Y muy especialmente, a una persona muy importante en mi vida José Luis Puenguenan por estar en todo momento a mi lado, brindándome su amor, paciencia y motivación para culminar con este proyecto de mi vida. A todas las personas que creyeron en mí y que de alguna u otra manera hicieron posible este logro.

### **Yuli Alejandra Tivanta Garzón.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirnos culminar un logro más en nuestra vida

A nuestra familia por su amor y apoyo en todo momento

A la universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias por los conocimientos adquiridos en el transcurso de nuestra carrera

Al semillero de investigación en Nutrición Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Agrarias (NUTRIFACA) por el acompañamiento y enseñanza de cada uno de los miembros de este gran equipo.

A nuestros directores Ph.D. Nelson José Vivas y M.Sc. Jesús Gerardo Galindez por los conocimientos compartidos y su acompañamiento en el transcurso de la investigación.

A la M.Sc. Sandra Morales y M.Sc. Mike Holmes Bastidas por su enseñanza y vinculación activa en el desarrollo de este proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. MARCO REFERENCIAL	17
1.1 LOCALIZACIÓN	17
1.2 MARCO TEÓRICO	17
1.2.1 Suelo.	17
1.2.2 Degradación de suelo.	18
1.2.3 Erosión de suelo	18
1.2.4 Calidad del suelo.	18
1.2.4.1 Indicadores biológicos del suelo.	19
1.2.4.2 Indicadores químicos del suelo.	21
1.2.5 Estrategias de conservación del suelo.	23
1.2.6 Leguminosas	23
1.2.6.1 <i>Arachis pintoi</i> .	24
1.2.6.2 <i>Centrosema macrocarpum</i>	25
1.2.6.3 <i>Pueraria phaseoloides</i>	26
1.2.6.4 <i>Canavalia brasiliensis</i> .	27
1.3 ANTECEDENTES	28
2. METODOLOGÍA	31
2.1 MATERIAL EXPERIMENTAL	31

2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	31
2.3 ACTIVIDADES AGRONÓMICAS	32
2.3.1 Selección del lote	32
2.3.2 Limpieza	32
2.3.3 Preparación del suelo	33
2.3.4 Trazado	33
2.3.5 Siembra	34
2.3.6 Resiembra	34
2.3.7 Mantenimiento en el establecimiento	34
2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
2.5 VARIABLES EVALUADAS	35
2.5.1 Parámetros químicos	35
2.5.1.1 Análisis químico del suelo	35
2.5.2 Parámetros Biológicos	36
2.5.3 Evaluación agronómica	37
2.5.3.1 Fase de establecimiento	38
2.5.3.2 Fase de producción	39
2.5.4 Análisis bromatológico	41
2.5.5 Tasa de degradación y producción de hojarasca	41
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1 VARIABLES ATMOSFÉRICAS	43
3.2 ANÁLISIS DE SUELOS	64

3.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS	68
3.3.1 Macrofauna (Metodología monolito)	68
3.3.2 Metodología pitfall	72
3.4 VARIABLES AGRONÓMICAS	44
3.4.1 Altura	44
3.4.2 Cobertura	46
3.4.3 Vigor	48
3.4.4 Malezas	50
3.4.5 Área descubierta	52
3.4.6 Plagas	54
3.4.7 Enfermedades	55
3.4.8 Floración	57
3.4.9 Forraje verde	59
3.4.10 Producción de materia seca	61
3.5 CALIDAD NUTRICIONAL	62
3.6 TASA DE PRODUCCIÓN Y DEGRADACIÓN DE HOJARASCA	74
3.6.1 Producción de hojarasca	74
3.6.2 Degradación de la hojarasca.	75
3.7 CORRELACIÓN VARIABLES AGRONÓMICAS	78
4. CONCLUSIONES	80
5. RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	82



## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Descripción de algunos órdenes de fauna edáfica	20
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de <i>Arachis pintoi</i>	24
Cuadro 3. Características de <i>Arachis pintoi</i>	24
Cuadro 4. Clasificación taxonómica de <i>Centrosema macrocarpum</i>	25
Cuadro 5. Características de <i>Centrosema macrocarpum</i>	26
Cuadro 6. Clasificación taxonómica de <i>Pueraria phaseoloides</i>	26
Cuadro 7. Características de <i>Pueraria phaseoloides</i>	27
Cuadro 8. Clasificación taxonómica de <i>Canavalia brasiliensis</i>	27
Cuadro 9. Características de <i>Canavalia brasiliensis</i>	28
Cuadro 10. Especies forrajeras evaluadas en el ensayo.	31
Cuadro 11. Parámetros químicos y métodos de análisis	35
Cuadro 12. Tendencias de las propiedades químicas en cada uno de los tratamientos	65
Cuadro 13. Interpretación de los resultados del análisis de suelo de cada tratamiento	66
Cuadro 14. Composición taxonómica y abundancia de la macrofauna edáfica colectada por cada tratamiento por medio de monolito	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Cuadro 15. Diversidad taxonómica y distribución de los individuos totales por cada tratamiento y por profundidad	72
Cuadro 16. Composición taxonómica y abundancia de la macrofauna edáfica colectada por cada tratamiento con metodología pitfall	72
Cuadro 17. Análisis bromatológico de las leguminosas evaluadas	62

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación	17
Figura 2. Distribución de los tratamientos <i>P. phaseoloides</i> , <i>A. pintoii</i> , <i>C. brasiliensis</i> , <i>C. macrocarpum</i> y el testigo en el área experimental	32
Figura 3. Selección de lote	32
Figura 4. Limpieza del terreno	33
Figura 5. Preparación de suelo	33
Figura 6. Trazado	33
Figura 7. Siembra	34
Figura 8. Toma de muestra de suelo para análisis	36
Figura 9. Muestreo de macrofauna mediante bloque (monolito)	36
Figura 10. Caracterización de macrofauna mediante trampas de caída tipo Pitfall	37
Figura 11. Caracterización taxonómica mediante estereoscopios	37
Figura 12. Toma de datos de la variable de altura	38
Figura 13. Toma de datos para determinar el porcentaje de cobertura	39
Figura 14. Aforo para la determinación de forraje verde	40
Figura 15. Determinación de materia seca.	40
Figura 16. Determinación del aporte de hojarasca	42
Figura 17. Determinación de la tasa de degradación. a. Tamizaje de hojarasca. b. Toma del peso de hojarasca.	42
Figura 18. Comportamiento de las variables climáticas	43

Figura 19. Abundancia relativa encontrada por cada tratamiento, método de monolito. a) muestra inicial, b) muestra final	71
Figura 20. Abundancia relativa encontrada por cada tratamiento, metodología de pitfall	74
Figura 21. Comportamiento de altura entre tratamientos	44
Figura 22. Comportamiento de altura entre fases	45
Figura 23. Comportamiento de cobertura entre tratamientos	47
Figura 24. Comportamiento de cobertura entre fases	48
Figura 25. Comportamiento de vigor entre tratamientos	49
Figura 26. Comportamiento de vigor entre fases	50
Figura 27. Comportamiento de malezas entre tratamientos	50
Figura 28. Comportamiento de la variable malezas entre fases	52
Figura 29. Comportamiento de área descubierta entre tratamientos	52
Figura 30. Comportamiento de área descubierta entre fases	54
Figura 31. Comportamiento de plagas entre tratamientos	55
Figura 32. Comportamiento de plagas entre fases	55
Figura 33. Comportamiento de enfermedades entre tratamientos	56
Figura 34. Comportamiento de enfermedades entre fases	57
Figura 35. Comportamiento de floración entre tratamientos	58
Figura 36. Comportamiento de floración entre fases	59
Figura 37. Comportamiento de producción de forraje verde	60
Figura 38. Comportamiento de producción de materia seca	61
Figura 39. Producción de hojarasca Kg/MS /ha	75

Figura 40. Porcentaje de hojarasca degradada de los tratamientos en tres periodos de evaluación	76
Figura 41. Correlación, variables agronómicas	78

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Resultados de análisis de suelo por tratamiento	96
ANEXO B. Resultados de análisis bromatológico por cada tratamiento	100
ANEXO C. Homogeneidad de varianzas entre bloques	105
ANEXO D. Análisis de varianza entre tratamientos	107
ANEXO E. Prueba de Tukey entre tratamientos	108
ANEXO F. Análisis estadístico de hojarasca degradada	110

## RESUMEN

En el departamento del Cauca, la topografía del suelo se caracteriza por presentar fuertes pendientes, las cuales por la actividad humana y las condiciones climáticas han causado la degradación edáfica. Sin embargo, los cultivos de cobertura son una alternativa para la conservación del suelo; entre estos se encuentran las leguminosas que contribuyen a la regulación del ciclo de nutrientes y el mantenimiento de la fertilidad. Por ello, dada la importancia de estas especies en los sistemas integrados de producción agropecuaria, es necesario realizar investigaciones de su adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona y su influencia sobre las propiedades químicas y biológicas del suelo.

Por lo anterior, se realizó una evaluación agronómica de cuatro especies de leguminosas en la vereda Las Guacas, Municipio de Popayán, a una altura de 1900 m.s.n.m. El diseño experimental utilizado fue en bloques completamente al azar con cinco tratamientos (*Pueraria phaseoloides*, *Arachis pintoii*, *Canavalia brasiliensis*, *Centrosema macrocarpum* y vegetación natural como testigo) cada uno con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: vigor, cobertura, altura de plantas, área descubierta, malezas, presencia de plagas y enfermedades y producción de forraje verde, materia seca y calidad nutricional. Así mismo, se evaluaron las propiedades químicas del suelo mediante un análisis químico completo; sus propiedades biológicas con la caracterización de macrofauna, y aporte y degradación de hojarasca en cada leguminosa.

Después de realizar el análisis estadístico con los resultados obtenidos en campo se determinó que *Canavalia brasiliensis* fue la especie que presentó mejor comportamiento agronómico en la fase de establecimiento. En la fase de producción, esta especie mantuvo sus características agronómicas y nutricionales; sin embargo, en este periodo *Pueraria phaseoloides* alcanzó parámetros similares y superiores en algunas variables como cobertura y menor porcentaje de malezas. Además, *Canavalia brasiliensis* fue la especie con mayor producción de hojarasca y *Arachis pintoii* fue la de mayor porcentaje de degradación. Finalmente, entre las características biológicas, los órdenes más representativos fueron Hymenoptera, Coleoptera, Haplotaxida, Hemiptera y Orthoptera.

Palabras clave: Cultivos de cobertura, leguminosas, hojarasca, calidad del suelo

## ABSTRACT

In the department of Cauca, the soil topography is characterized to present strong slopes, which due to human activity and climatic conditions have caused soil degradation. Cover crops are an alternative for soil conservation; Among these are legumes that contribute to the regulation of nutrient cycle and the maintenance of fertility. Therefore, given the importance of these species in integrated agricultural production systems, it is necessary to conduct researchs on their adaptation to the edaphoclimatic conditions of the area and their influence on the chemical and biological properties of the soil.

Consequently, an agronomic evaluation was done of four species of legumes at the village Las Guacas, Municipality of Popayán, to height of 1900 meters above sea level. The experimental design used was randomized complete blocks with five treatments (*Pueraria phaseoloides*, *Arachis pintoii*, *Canavalia brasiliensis*, *Centrosema macrocarpum* and the natural pasture control) with three repetitions each. The variables evaluated were: vigor, coverage, plant height, uncovered area, weeds, presence of pests and diseases and green forage production, dry matter and nutritional quality. Likewise, the chemical properties of the soil were evaluated through a complete chemical analysis; its biological properties with the characterization of macrofauna, the contribution and degradation of litter of each legume.

Following statistical analysis with the results obtained in the field, it was determined that *Canavalia brasiliensis* was the species that presented the best behavior in the establishment phase. In the production phase, this species maintained its agronomic and nutritional characteristics; However, in this period *Pueraria phaseoloides* reached similar and higher parameters in some variables like cover and lower percentage of weeds. Furthermore, *Canavalia brasiliensis* was the species with the highest production of litter and *Arachis pintoii* was the one with the highest percentage of degradation. Finally, among the biological characteristics, the most representative orders were Hymenoptera, Coleoptera, Haplotaxida, Hemiptera and Orthoptera.

Keywords: Cover crops, legumes, litter, soil quality

## INTRODUCCIÓN

La degradación edáfica se define como un descenso en su habilidad para cumplir sus funciones como medio para el crecimiento de las plantas, regulador del régimen hídrico y como filtro ambiental (IDEAM- IGAC, 2010). Las causas de este problema son múltiples, pero la mayoría se originan del mal manejo (prácticas agrícolas poco sostenibles, el sobrepastoreo y la deforestación) que provocan erosión, carga de sedimentos en ríos, pérdida de fuentes de agua, cobertura vegetal y pérdida de biodiversidad; además, el cambio climático constituye uno de los disparadores de este fenómeno (Plan, 2006; CNULD, 2015).

En Colombia más del 50% de la superficie tiene algún grado de erosión hídrica y eólica, representado en la pérdida del horizonte orgánico, importante para la resistencia y resiliencia de los suelos frente al cambio climático (IDEAM - MADS -U.D.C.A, 2015). En el departamento del Cauca el 46,4% del suelo presenta algún tipo de erosión, encontrándose que estos procesos son más intensos en la parte alta andina debido a las fuertes pendientes que presentan las zonas montañosas, el material parental de los suelos y las características climáticas (IDEAM 2015). Sin embargo, son mínimos los estudios realizados en la zona del municipio de Popayán sobre el efecto en la calidad biológica y química del suelo con el establecimiento de cultivos de cobertura, como las leguminosas.

La sostenibilidad del suelo se logra manteniendo o aumentando la materia orgánica (MO), donde el establecimiento de leguminosas es una de las estrategias de manejo agronómico que contribuyen a su conservación y mejoramiento (Vanzolini, 2013). Las leguminosas herbáceas facilitan la regeneración del suelo, el *mulch* de hojarasca formado por estas, ayuda a mantener un microclima edáfico característico y genera condiciones adecuadas para un desarrollo abundante de organismos. Su descomposición contribuye a la regulación del ciclo de nutrientes y la productividad primaria, así como al mantenimiento de la fertilidad (Díaz, 2011).

Por lo anterior, se llevó a cabo la evaluación agronómica de cuatro leguminosas (*Pueraria phaseoloides*, *Arachis pintoii*, *Canavalia brasiliensis* y *Centrosema macrocarpum*) y su efecto sobre la calidad del suelo, con el fin de determinar cuál de las especies se adapta mejor a las condiciones de la zona y puede ser utilizada como una estrategia forrajera en los sistemas agropecuarios.

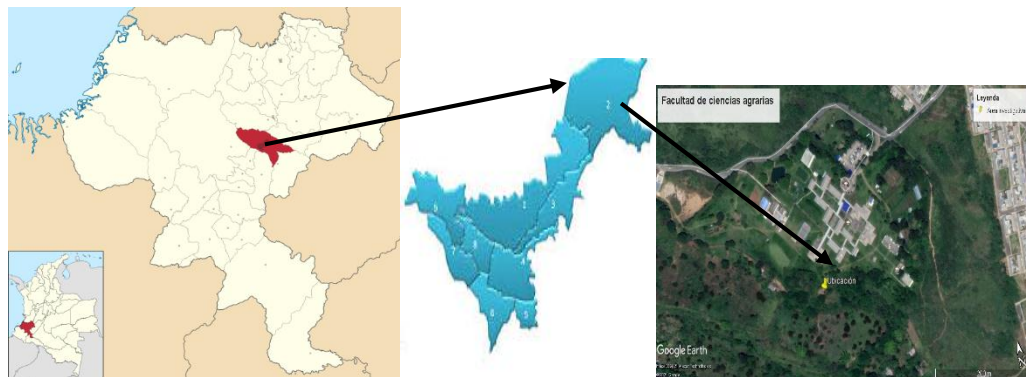


# 1. MARCO REFERENCIAL

## 1.1 LOCALIZACIÓN

El área investigativa estuvo ubicada en el municipio de Popayán, vereda la Guacas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cauca con coordenadas geográficas de 2°29´ latitud norte, 76°33´ longitud este y a una altura sobre el nivel del mar de 1900 m. De acuerdo con los datos registrados por la estación meteorológica del aeropuerto Guillermo León Valencia del municipio de Popayán la temperatura promedio es de 19°C, humedad relativa del 80%, precipitación de 2000 mm/año y velocidad del viento de 8 Km/h.

Figura 1. Ubicación



Fuente: Wikimedia, 2016.

## 1.2 MARCO TEÓRICO

**1.2.1 Suelo.** Es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro, meso y micro-organismos que desempeñan procesos permanentes de tipos biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad, por lo cual es necesario mantener su calidad (MADS, 2016); este se caracteriza por contener gran cantidad de organismos microscópicos y de mayor tamaño que cumplen muchas funciones vitales, entre ellas transformar la materia orgánica, favorecer la solubilización de minerales en nutrientes para las plantas, generar bioestructura con efectos positivos para la capacidad de retención de agua y nutrientes, y mejorar la producción de cultivos (Mora, Parra, y Escobar, 2019).

Los suelos deben ser reconocidos y valorados por sus capacidades productivas y por su contribución a la seguridad alimentaria y al mantenimiento de servicios ecosistémicos fundamentales (FAO, 2015a). Para su evaluación es necesaria la utilización de indicadores a fin de visualizar el origen de los procesos de degradación y, a partir de esto, delinear pautas de manejo que tiendan a mitigar o revertir tales efectos que permitan diseñar nuevas estrategias apropiadas para su uso sostenible (Wilson, 2017).

Durante los últimos 50 años, debido al crecimiento excesivo de la población y a la alta demanda de alimentos, se ha ejercido una creciente presión sobre los suelos, es así que en muchos países la producción agropecuaria intensiva, la tala de bosques, implementación de pasturas ha causado el agotamiento de los suelos (baja fertilidad físico-química) y del componente vivo biológico, dando lugar a la degradación y erosión del suelo que ha puesto en peligro la calidad y capacidad productiva de los mismos en el corto, mediano y largo plazo, afectando la sustentabilidad de los agroecosistemas para satisfacer las necesidades alimentarias de las generaciones futuras (Mora *et al.*, 2019).

**1.2.2 Degradación de suelo.** La Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación (UNCCD) define la degradación de tierras como un proceso natural o una actividad humana que causan la incapacidad de la tierra para sostener adecuadamente las funciones económicas y/o las funciones ecológicas originales (UNCCD 2005 citado por IDEAM 2012). Las causas son múltiples, pero la mayoría se origina del mal manejo (prácticas agrícolas poco sustentables, el sobrepastoreo y la deforestación), que provocan erosión, sedimentación de ríos, pérdida de fuentes de agua, cobertura vegetal y pérdida de biodiversidad; además el cambio climático constituye uno de los disparadores de este fenómeno (Sentís, 2006; CNUCLD, 2015).

**1.2.3 Erosión de suelo.** La erosión es un proceso natural por el cual las corrientes de agua o el viento arrastran parte del suelo de unos puntos a otros. Es un proceso muy útil porque permite que se desplacen materiales de unos suelos a otros que recuperan fertilidad con estos aportes (Corrales, 2013). La erosión es un problema cuando se acelera, con lo cual los materiales perdidos no se recuperan en las zonas erosionadas y en las zonas que reciben los aportes no son aprovechados o se pierden, o cuando por causas ajenas al propio medio aparece en puntos que no deberían de erosionarse (IGAC-IDEAM-MAVDT, 2010). El hombre es el agente causal de mayor importancia en la erosión edáfica puesto que, a través de sus actividades, incide directamente en las coberturas vegetales, cambia la dinámica hídrica o modifica drásticamente las condiciones de manejo del recurso suelo, bien sea por prácticas agronómicas o construcción de infraestructura (León, 2010).

**1.2.4 Calidad del suelo.** La Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA) la define como “la capacidad de un suelo específico para funcionar, dentro de los límites de

los ecosistemas naturales o manejados, para sostener productividad de plantas y animales y mantener o mejorar la calidad del agua y aire, y apoyar la salud humana y hábitat” (Karlen *et al.*, 1997). Este término comenzó a utilizarse cuando se reconocieron sus funciones entre ellas, promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); atenuar los contaminantes ambientales y los patógenos (calidad ambiental); favorecer la salud de las plantas, los animales y los humanos (Doran, 1995; Karlen *et al.*, 1997). En los sistemas agrícolas, un suelo de alta calidad y salud provee un crecimiento productivo y sustentable de los cultivos con un mínimo impacto sobre el ambiente, gracias a su alta disponibilidad de nutrientes y aireación, buena infiltración y retención de agua, buena estabilidad estructural y alto nivel de actividad biológica (Rosales *et al.*, 2008). La calidad del suelo se evalúa mediante indicadores (propiedades químicas, físicas y biológicas, o procesos que ocurren en él), que se evalúan con tendencias a largo plazo o señales de sostenibilidad, que se traducirán en una degradación, mantenimiento o aumento de su calidad (Karlen *et al.*, 1997).

**1.2.4.1 Indicadores biológicos del suelo.** En el suelo se encuentra representada la gran mayoría de los componentes del reino animal, teniendo predominio los invertebrados (Marín, 2011). Tanto en los ecosistemas naturales como en los agrícolas, los organismos del suelo se encargan de desempeñar funciones vitales que interactúan directamente con los sistemas biológicos, atmosféricos e hidrológicos. Los organismos del suelo son un elemento esencial de los ciclos de nutrientes, regulando la dinámica de la materia orgánica del suelo, la captación de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero, modificando la estructura física del suelo y los regímenes hídricos, aumentando el volumen y eficiencia de la absorción de nutrientes por la vegetación mediante relaciones mutuamente beneficiosas y mejorando la salud vegetal. Estos servicios son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas naturales y constituyen un recurso importante para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas (FAO, 2015a). Entre los indicadores biológicos se encuentran los macro y microorganismos, mencionando a continuación los concernientes en el estudio a evaluar.

**Macrofauna.** Son organismos mayores a 1 cm de diámetro, se pueden observar a simple vista y edáficamente efectúan cambios físicos y químicos. Existen indicadores (órdenes y poblaciones) que cumple determinadas características que avalan su utilización con este fin. Se pueden enumerar fundamentalmente su gran aptitud para la especialización, su ciclo corto de vida, el poco poder de dispersión por su adaptación a la vida edáfica y a diferentes tipos de suelo, sus hábitos alimenticios, principalmente como depredadores de la materia orgánica y su respuesta predecible a los cambios del ambiente (Gillermina *et al.*, 2018). Son sensibles a las perturbaciones naturales y antrópicas del medio, las cuales provocan cambios en su composición específica y su abundancia, y ocasionan la pérdida de especies y de su diversidad, con la consiguiente disminución de la estabilidad y la fertilidad, por tales motivos son considerados como un buen indicador biológico del estado de conservación edáfica (Scheu 2002 citado por Socarrás, 2013a). La macrofauna

del suelo se puede dividir en diferentes grupos funcionales dependiendo de su función e impacto en el suelo, forma de vida y fuente de alimentación o hábito alimentario, encontrando los detritívoros, los herbívoros, los depredadores y los ingenieros del ecosistema (Zerbino et al., 2008 citado por Cabrera, 2014). Los detritívoros viven principalmente sobre la hojarasca y superficie del suelo, cumplen funciones de descomposición de materia orgánica y trituración de restos vegetales y animales, identificándolos como recicladores de nutrientes. A su vez los herbívoros se alimentan de las partes vivas de las plantas y los depredadores consumen diversos invertebrados, controlando así el material vegetal y el equilibrio de las poblaciones. Por su parte los ingenieros, construyen ciertas estructuras aglomeradas y redes de galerías, responsables de la formación de poros, oxigenación y filtración del agua (Cabrera, 2014).

Cuadro 1. Descripción de algunos órdenes de fauna edáfica

Orden	Descripción
Haplotaxida	En este orden se encuentran las lombrices de tierra, gusanos segmentados celomados de hábitos fundamentalmente terrestres, comunes en suelos húmedos y cuyo tamaño cuando adultos varía desde 1 cm a 1 m de largo y 2 mm a 3 cm de grosor (Fragoso y Rojas, 2014). Se encuentran en los suelos preferiblemente arcillosos, por lo general son escasas tanto en suelos arenosos como en fuertemente ácidos (Cajas, 2012). Grandes cantidades de suelo pasan anualmente a través de sus cuerpos, y no solo la materia orgánica les sirve de alimento, sino también sus minerales constituyentes quedan sometidos a la acción de sus enzimas digestivas, de tal forma que los residuos producidos comparados con el propio suelo son claramente más ricos en materia orgánica, nitratos, calcio y magnesio, desempeñando una función significativa al mejorar la fertilidad del suelo (Navarro, 2003). Construyen túneles permanentes y prefieren la capa superficial del suelo rico en materia orgánica, específicamente la capa de hojarasca.
Diplopoda	La gran mayoría de las especies de diplopodos viven en el suelo y tienen la facilidad de excavar. Por ello, la influencia de estos organismos en el suelo es de tipo física y química, puesto que al perforar el suelo rompen los niveles superiores y alteran la naturaleza física del mismo, incrementan la porosidad, la capacidad de retención de agua e influyen en los procesos de transporte de nutrientes. Es indudable la importancia de estos organismos en los distintos ecosistemas donde habitan, por lo que actualmente son considerados como ingenieros del ecosistema junto con hormigas, coleópteros, termitas y lombrices de tierra (Bueno, 2012).

Coleoptera	Los dos tipos principales de fuentes de alimento consumidos por el orden coleoptera son las excretas de omnívoros y la vegetación senescente (hojarasca). Las especies se pueden dividir de acuerdo al hábito de alimentación en dos grupos: saprófagos y coprófagos (Nichols <i>et al.</i> 2008 citados por Crespo, 2013), en este estudio se hace énfasis en los saprófagos que se alimentan de materiales vegetales muertos y en descomposición, que incluyen la hojarasca, frutos y flores en descomposición, compost y gramíneas cortadas, entre otros. Se distribuyen a través del mundo de acuerdo con el tipo de vegetación y su estado de descomposición, cantidad de agua libre en el suelo, clima y otras condiciones (Stebnicka, 2001).
Hymenoptera	La mayoría viven en el medio terrestre, ya sea sobre plantas o bien en el suelo (entre la hojarasca, bajo piedras, o en las grietas del sustrato). Cuando están en la vegetación, se movilizan de un lugar a otro según la hora del día, buscando las mejores condiciones microclimáticas. Otras especies viven bajo la superficie del suelo nutriéndose de raíces de plantas (Quilaguy, 2018). En este orden se encuentran en abundancia las hormigas incluyendo especies carnívoras, saprófagas, depredadoras, que se alimentan de secreciones de plantas y de áfidos, y oportunistas omnívoras (Chanatásig, 2014).
Collembola	Desempeñan un papel decisivo en el reciclaje de los restos orgánicos y son capaces de fraccionar y triturar los restos vegetales, lo que aumenta la implantación de la microflora. Los alimentos que ingieren, una vez degradados, intervienen en la formación de humus; muchos suelos incorporan millones de heces de colémbolos que benefician las raíces, por la liberación continua de nutrientes, en la medida que estas son desintegradas por los microorganismos edáficos (Guerra y Andrea, 2010).
Orthoptera	Son de importancia ecológica, siendo uno de los grupos de insectos más abundantes a simple vista, sobre todo en lugares abiertos como praderas, pastizales, zonas alteradas, bosques abiertos y campos de cultivo. Son los herbívoros dominantes en estos hábitats; así mismo, ocupan un lugar muy importante en el ciclo de nutrientes de los ecosistemas, ya que consumen gran cantidad de biomasa vegetal, de la cual no ingieren toda y la excedente cae al suelo, donde resulta más disponible para la fauna desintegradora del suelo (Cano <i>et al.</i> , 2012).

**1.2.4.2 Indicadores químicos del suelo.** La calidad química del suelo según Martínez (2016), permite conocer el estado nutricional, esclarecer su patogénesis, taxonomía, es por esta razón que se considera fundamental para decidir el manejo que se le va a dar al suelo. Se relacionan con las condiciones que afectan las relaciones suelo-planta, la

calidad del agua, el poder amortiguador del suelo, la disponibilidad de nutrientes para las plantas y los microorganismos (García, Ramírez y Sánchez, 2012). Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrimentos, carbono orgánico total, carbono orgánico lábil, pH, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, nitrógeno total, nitrógeno mineral y cambios en la materia orgánica. A continuación, se profundiza sobre este último indicador a evaluar.

**Materia orgánica.** Se relaciona con la mayoría de los procesos que ocurren en el suelo, representando una pequeña fracción, en general entre 1 y 6% del horizonte A y decrece en profundidad. Está constituida por sustancias carbonadas orgánicas desde materiales vegetales frescos sin descomponer hasta cadenas carbonadas muy transformadas y estables como los ácidos húmicos. Estas sustancias carbonadas provienen de restos vegetales, raíces de plantas, restos animales (macro, meso y microfauna), bacterias y hongos (Ghisolfi, 2013). La transformación del material orgánico involucra los procesos de degradación y descomposición, incluyendo tres etapas: trituración, lixiviación y catabolismo. La primera etapa, es el fraccionamiento de los tejidos por el consumo de la fauna; la segunda, se refiere a la pérdida a través del lavado de los compuestos más solubles como los carbohidratos, y el catabolismo (mineralización y humificación) proceso por el cual la microflora convierte los compuestos orgánicos a su forma inorgánica (Álvarez y Naranjo, 2003).

La materia orgánica contiene cerca del 5% del nitrógeno total y otros elementos esenciales para las plantas tales como P, Mg, Ca, S y micronutrientes, además de compuestos húmicos importantes, ejerciendo una serie de efectos beneficiosos sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas, a través de la suplencia de nutrimentos y sus efectos favorables sobre las propiedades físicas (tiende a mejorar la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua), químicas (aumenta la capacidad de intercambio catiónico, mejora la capacidad amortiguadora de pH) y biológicas del suelo (por ser fuente de nutrimentos y energía para los microorganismos) (Otiniano y Floriano, 2006; Sánchez, Ruiz y Ríos, 2005). Así mismo, interacciona con las arcillas del suelo, mejorando y facilitando la estructuración, la aireación, la velocidad de infiltración, la penetración radicular, la resiliencia a la erosión y la actividad macro y microorgánica en el suelo (Aponete, Saavedra y Burgos, 2004).

**Hojarasca.** La hojarasca constituye la vía de entrada principal de los nutrientes en el suelo, y es uno de los puntos clave del reciclado de la materia orgánica y los nutrientes. Se entiende por hojarasca la acumulación de los residuos vegetales (hojas, tallos, inflorescencias etc.) en la superficie del suelo (Sánchez *et al.*, 2008). La hojarasca contribuye, de forma significativa, al flujo de los nutrientes y a la energía, así como a la constitución de las reservas húmicas del suelo. Se reconoce que alimenta las cadenas tróficas en las que se suceden organismos descomponedores y consumidores. Los cadáveres de ambos tipos de organismos y las deyecciones de los consumidores,

alimentan otro nivel de estructura análoga y así sucesivamente, hasta el agotamiento de la energía de los aportes iniciales (Cabrera, Robaina y Ponce de León, 2011).

La descomposición de la hojarasca se lleva a cabo por un diverso conjunto de organismos, detritívoros y muchos invertebrados. Así mismo, influyen factores físicos como la temperatura, o químicos, como la concentración de nutrientes en los materiales, siendo los principales condicionantes de la actividad biológica y de la velocidad a la que se descompone la materia orgánica (Pozo *et al.*, 2009). Estudios realizados en ecosistemas de pastizales en Cuba indicaron que la tasa de descomposición de la hojarasca muestra marcadas variaciones entre las especies de pastos, y es más rápida en las leguminosas que en las gramíneas (Martínez *et al.*, 2010).

**1.2.5 Estrategias de conservación del suelo (ECS).** La conservación del recurso edáfico tiene como objetivo el mantenimiento de sus múltiples funciones a través de acciones de generación de conocimiento, preservación, restauración, manejo y uso sostenible del suelo (MADS, 2016). Las ECS buscan proteger el suelo del impacto directo de la lluvia, aumentar la capacidad de infiltración y mejorar la estabilidad de los agregados, lo cual se puede lograr con el establecimiento de cultivos de cobertura (López y Vega, 2004). Aunque los cultivos de cobertura pueden pertenecer a cualquier familia de plantas, la mayoría son leguminosas; están caracterizados por sus funciones más amplias y multipropósitos, las cuales incluyen la supresión de malezas, conservación de suelo y agua, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y para el ganado (Hernandez, 2009).

La cobertura como mecanismo fundamental, protege al suelo contra la erosión producida por la sequía, disminuye la amplitud térmica y la evaporación lo que favorece la conservación de agua en el suelo, aporta Nitrógeno (N) y Carbono (C), contribuye al drenaje biológico, intensificación ganadera (silos) y además suministra sustrato de alimentación y refugio para un adecuado comportamiento, desarrollo y supervivencia de toda la trama trófica del suelo, beneficiando en particular a las lombrices de tierra como miembros de los ingenieros del suelo y los detritívoros (Lietti *et al.*, 2008; Bertolotto y Marzetti, 2017).

**1.2.6 Leguminosas.** Estas especies cumplen una serie de funciones, entre ellas se mencionan, el aumento de la producción de biomasa en el sistema productivo, retención de humedad, cobertura natural de los suelos, aumento en la proteína de la dieta de las diferentes especies, aporte de materia orgánica, sombrío, aumento de la biodiversidad; así mismo se pueden utilizar como barreras rompevientos, cercas vivas y aporte de abono (Peters *et al.*, 2011). Debido a su hábito de crecimiento rastrero, voluble y estolonífero, favorecen la fertilidad del suelo, aportando estabilidad a su estructura, mejorando la infiltración, retención de agua y disminución de la escorrentía evitando los procesos de

erosión. La fijación de nitrógeno se da por tres mecanismos, por medio de una relación simbiótica entre la leguminosa y bacterias del género *Rhizobium*; por descomposición de hojas y tallos de leguminosas senescentes, y a través de las heces y orina de animales (Pezo, 2018).

A continuación, se presenta la caracterización morfológica, fisiológica y agronómica de las especies a establecer:

### 1.2.6.1 *Arachis pinto*

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de *Arachis pinto*

Orden	Fabales
Familia	Fabaceae (Papilionaceae)
Tribu	Aeschynomeneae
Subtribu	Stylosanthinae
Sección	Caulorhizae
Genero	<i>Arachis</i>
Especie	<i>Arachis pinto</i>


Fuente: Rincón, 1999.

Descripción: es una leguminosa herbácea, perenne, con hábito de crecimiento rastrero y estolonífero ayudando a la protección del suelo con su cobertura; su tallo es desnudo, hojas color verde oscuro, flor amarilla y semillas subterráneas que garantizan su persistencia en la pradera. Se adapta a suelos ácidos y alcalinos, de fertilidad media y con requerimientos de P y Mg en mayor proporción. En cuanto a condiciones climáticas, se puede establecer hasta una altura de 1800 m.s.n.m. y precipitaciones de (> 1200 – 3500 mm/año); tolera la sequía y suelos con pendiente. En el sistema ganadero es utilizada para: pastoreo, protección de taludes, abono verde, elaboración de concentrados y pigmento (Peters *et al.*, 2011).

Cuadro 3. Características de *Arachis pinto*

Especie	<i>Arachis pinto</i> – Maní forrajero	
Familia	Leguminosa	
Ciclo vegetativo	Perenne, persistente	
Adaptación pH	3.5 – 8.0	
Fertilidad del suelo	Mediana – alta	



Drenaje	Buen drenaje, aguanta períodos cortos de encharcamiento	
Altitud (m.s.n.m.)	0 – 1800 m	
Precipitación	1200 – 3500 mm/año	
Densidad de siembra	6 – 8 kg/ha para pasto, 10 kg/ha para cobertura	
Profundidad de siembra	3 – 4 cm	
Valor nutritivo	Proteína 15 – 20% digestibilidad 65 – 75%	

Fuente: Peters *et al.*, 2011.

### 1.2.6.2 *Centrosema macrocarpum*



Cuadro 4. Clasificación taxonómica de *Centrosema macrocarpum*

Reino	Plantae
Phylum o división	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae
Género	Centrosema
Especie	<i>Centrosema macrocarpum</i>
Nombre científico	<i>Centrosema macrocarpum</i>

Fuente: Herbario Nacional de México, 2015a.

Descripción: leguminosa herbácea con hábito de crecimiento rastrero y voluble, tiene hojas trifoliadas, flores papilionáceas de color crema con el centro púrpura, vainas dehiscentes con 20 a 25 semillas de color amarillo-café, negro y moteado. Crece bien hasta los 1650 m.s.n.m con precipitaciones anuales mayores a 1000 mm y temperaturas de 22 °C a 26°C. Se adapta bien desde suelos de baja a media fertilidad, bien drenados y varias texturas, siendo mejor en suelos arcillosos. Tolerante a suelos muy ácidos. Responde bien a la fertilización en suelos de baja fertilidad, principalmente a P y K. utilizada como mezcla con pastos, como bancos de proteínas de leguminosas solamente, corte, acarreo y cobertura del suelo en huertos y plantaciones (Peters *et al.*, 2011).

Cuadro 5. Características de *Centrosema macrocarpum*

Especie	<i>Centrosema macrocarpum</i>		
Familia	Leguminosa		
Ciclo vegetativo	Perenne		
Adaptación pH	4.0 – 7.5		
Fertilidad del suelo	Baja a media		
Drenaje	Buen drenaje		
Altitud (m.s.n.m.)	0 – 1650 m		
Precipitación	> 1000 mm		
Densidad de siembra	3 – 5 kg/ha		
Profundidad de siembra	1 cm		
Valor nutritivo:	Proteína 20 – 30%, digestibilidad 45 – 70%		

Fuente: Peters *et al.*, 2011.

### 1.2.6.3 *Pueraria phaseoloides*

Cuadro 6. Clasificación taxonómica de *Pueraria phaseoloides*

Reino	Plantae
División	Angiospermae
Clase	Eudicotyledoneae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Papilionoideae
Tribu	<i>Phaseoleae</i>
Subtribu	<i>Glycininae</i>
Genero	<i>Pueraria</i>
Especie	<i>Pueraria phaseoloides.</i>

Fuente: Andhra, 1985.

Descripción: es de crecimiento postrado o enredadera con estolones donde sus nudos y entrenudos forman raíces abundantes que al contacto con el suelo forman una cubierta densa de hasta 1 m de altura; sus hojas son trifoliadas, flores de color púrpura y vainas curvas. Crece bien en suelos ácidos, demanda nutrientes como P y Mg, no tolera suelos salinos pero si encharcados; se adapta hasta los 1600 m.s.n.m con precipitaciones de 1500 mm/año en adelante y temperaturas de 12.5°C a 15°C. Este tipo de leguminosa

puede sobrevivir a 4-6 meses de sequía, se usa principalmente como un componente de las mezclas de cultivos de cobertura pastoreadas y sin pasto; también se usa como heno, ensilaje y forraje para cortar y transportar (Peters *et al.*, 2011).

Cuadro 7. Características de *Pueraria phaseoloides*

Especie	<i>Pueraria phaseoloides</i>
Familia	Leguminosa
Ciclo vegetativo	Perenne
Adaptación de pH	3.5 – 5.5
Fertilidad	Mediana – alta
Drenaje	Buen drenaje, aguanta encharcamiento
Altitud (m.s.n.m)	0 – 1600 m
Precipitación	> 1500 mm
Densidad de siembra	4 kg/ha, escarificada
Profundidad de siembra	1 – 2 cm
Valor nutritivo	Proteína 18 – 20%, digestibilidad 60 – 70%



Fuente: Peters *et al.*, 2011.

#### 1.2.6.4 *Canavalia brasiliensis*

Cuadro 8. Clasificación taxonómica de *Canavalia brasiliensis*


Reino	Plantae
Familia	Leguminosae (Fabaceae)
Subfamilia	Papilionoideae
Tribu	Phaseoleae
subtribu	Diocleinae
Genero	<i>Canavalia</i>
Epíteto específico	<i>Brasiliensis</i>
Nombre Científico	<i>Canavalia brasiliensis</i> Mart. ex Benth.
Autor del nombre	Mart. ex Benth.

Fuente: Herbario Nacional de México, 2015b.

Descripción: su hábito de crecimiento es voluble y rastrero, tiene un sistema de raíces bien desarrollado, flores vistosas de color blanco o moradas, vaina oblonga color café, se adapta bien a diferentes suelos y climas, crece hasta una altura de 1800 m.s.n.m, con precipitaciones anuales entre 900 a 1800 mm. Principalmente se utiliza como abono verde, barbecho y control de la erosión, por su amplio y profundo sistema de raíces, la especie puede contribuir a mejorar la estructura del suelo, a la estabilización de los sitios propensos a la erosión y al ciclo de nutrientes (Peters *et al.*, 2011).

Cuadro 9. Características de *Canavalia brasiliensis*

Especie	<i>Canavalia brasiliensis</i>
Familia	Leguminosa
Ciclo vegetativo	Anual a bianual
Adaptación pH	4.3-8
Fertilidad del suelo	Baja
Drenaje	Tolerante a encharcamiento
Altitud	0-1800 mm
Precipitación	900-1800 mm/año
Densidad de siembra	Abono verde y cobertura 50 cm entre surcos y 30 cm entre plantas (25 – 30 kg/ha). Para producción de semillas 1 m de entre surcos y 50 cm entre plantas(20 kg/ha )
Profundidad de siembra	1 – 3 cm, escarificada
Valor nutritivo	Proteína en el follaje 19 – 25%, digestibilidad > 80%. PC en el grano 20 – 28%.



Fuente: Peters *et al.*, 2011.

### 1.3 ANTECEDENTES

Ruiz y Molina (2014), realizaron una revisión de estudios sobre los beneficios asociados al uso de coberturas de leguminosas, encontrando su importancia en el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas (aporte de nitrógeno) y biológicas del suelo, control de malezas, manejo de plagas y enfermedades y el beneficio económico derivado de su utilización.

Llamoja (2014) realizó un estudio sobre la influencia de cuatro leguminosas en suelos degradados en San Jorge, Perú, donde se evaluaron propiedades químicas, diversidad de macrofauna y el aporte de biomasa de cobertura, obteniendo que *Centrosema macrocarpum* fue la especie que proporcionó mayor material orgánico con un incremento de 0.86% seguido de *Pueraria phaseoloides* con 0.54%. Así mismo, *C. macrocarpum* proporcionó mayor biomasa con 646.2 g, seguido de *P. phaseoloides* con 618.78 g. Esta última proporcionó el mayor porcentaje de cobertura alcanzando el 100%, seguido por la primera, con 96.37%. La mayor diversidad de especies de macrofauna en suelos se generó con la cobertura de *C. macrocarpum* seguido de *P. phaseoloides*.

Crespo, Ortiz y Pérez en 2001 determinaron la tasa de acumulación, descomposición y NPK liberados por la hojarasca de leguminosas perennes incluida *P. phaseoloides*, registrando una acumulación de 700 a 900 g MS/m<sup>2</sup> una descomposición total de la hojarasca en 120 días y a los 210 días la hojarasca de *P. phaseoloides* liberó 24.8 kg de N. Valores que fueron comparados con los de Thomas y Asakawa (1993) donde *A. pintoi* produjo la menor acumulación (214.4 g MS/m<sup>2</sup>) y *C. acutifolium* la mayor (582 g MS/m<sup>2</sup>). De acuerdo con Rincon (1999), el retorno de nutrientes al suelo vía hojarasca producida por la planta es generalmente de mayor importancia en el reciclaje de nutrientes en pasturas tropicales. *A. pintoi* posee un alto contenido de nutrientes con una alta incorporación, debido a su rápida descomposición favoreciendo el reciclaje de nutrientes.

Cabezás y Solarte (2011), realizaron un estudio de 5 leguminosas en la vereda el Tablón del Municipio de Popayán, encontrando que *Canavalia brasiliensis* presentó el mejor comportamiento agronómico (Vigor, cobertura de suelo y producción de follaje) durante la fase de establecimiento y producción, obteniendo 4.99 Ton MS/ha.

En un estudio donde se evaluaron cultivos de cobertura en plantación de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), *Canavalia brasiliensis* y *C. macrocarpum* fueron favorables en el cultivo porque cubrieron el suelo en menos tiempo y controlaron el crecimiento de malezas a partir del tercer mes después de su establecimiento. Además, protegieron el suelo de la erosión y el estrés hídrico (Solís *et al.*, 2019).

En un estudio realizado en Brasil sobre macroinvertebrados del suelo, en cinco sistemas de uso (monocultivo, consorcio 1, consorcio 2, sistema agroforestal y bosque) se encontró que el sistema agroforestal presentó la densidad más alta por m<sup>2</sup> con 6.924 ind/m<sup>2</sup>, siendo, 3.096 ind/m<sup>2</sup> de Isópoda, 1.528 ind/m<sup>2</sup> de Oligochaeta y 724 ind/m<sup>2</sup> de Isoptera, al proporcionar mejores condiciones en nutrientes y materia orgánica para la colonización de los organismos del suelo, principalmente isópodos y lombrices, aportando mejores propiedades químicas para la fertilidad del suelo y un incremento del ciclaje de los nutrientes en el ecosistema. El área con menor densidad fue el bosque, con un total de

784 ind/m<sup>2</sup>, formado principalmente por Isóptera (368 ind/m<sup>2</sup>) y Oligochaeta (192 ind/m<sup>2</sup>) (Coral *et al.*, 2016).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

En el cuadro 10 se relacionan las semillas de leguminosas suministradas por el grupo de investigación Nutrición Agropecuaria NUTRIFACA, caracterizadas en estudios previos por presentar buena adaptación y producción agronómica, expresado en excelente vigor, buena cobertura, baja presencia de plagas y mayor producción de materia seca.

Cuadro 10. Especies forrajeras evaluadas en el ensayo.

Tratamiento	Especie
T1	<i>Pueraria phaseoloides</i>
T2	<i>Arachis pintoii</i>
T3	<i>Canavalia brasiliensis</i>
T4	<i>Centrosema macrocarpum</i>
T5	Testigo (pastura natural)

### 2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental implementado correspondió a bloques completos al azar (DBCA) (Figura 2), con cuatro tratamientos (T1: *Pueraria phaseoloides*, T2: *Arachis pintoii*, T3: *Canavalia brasiliensis*, T4: *Centrosema macrocarpum*) y el testigo (T5) con tres repeticiones que correspondían a los lotes trazados de forma perpendicular a la pendiente del terreno. Se delimitó un área total de 100 m<sup>2</sup>, donde cada tratamiento tuvo una dimensión de 4m<sup>2</sup> (2m x 2m) separado los tratamientos y bloques con 0.8m, como se muestra en la Figura 2. El factor bloqueado fue la pendiente del terreno. La distribución de los tratamientos fue aleatorizada entre los bloques.

Figura 2. Distribución de los tratamientos *P. phaseoloides*, *A. pintoi*, *C. brasiliensis*, *C. macrocarpum* y el testigo en el área experimental



## 2.3 ACTIVIDADES AGRONÓMICAS

**2.3.1 Selección del lote.** Para el desarrollo del ensayo fue asignada un área de 100 m<sup>2</sup> no utilizada en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, la cual se encontraba con cobertura vegetal natural y residuos de material de construcción. Para su adecuación se realizó la limpieza del lote con guadaña como se observa en la Figura 3.

Figura 3. Selección de lote



**2.3.2 Limpieza.** Después de guadañar la cobertura vegetal esta fue extraída, llevándola hacia los extremos del terreno para facilitar la preparación del terreno.



Figura 4. Limpieza del terreno



**2.3.3 Preparación del suelo.** Se delimito el terreno y se procedió a realizar la labranza mínima utilizando azadón, con el fin de proporcionar a las especies una profundidad efectiva adecuada para su desarrollo radicular.

Figura 5. Preparación de suelo



**2.3.4 Trazado.** El área total fue de 100 m<sup>2</sup>, el de los tratamientos de 4 m<sup>2</sup> y una distancia entre bloques y tratamientos de 0.8 m; de los materiales empleados se pueden nombrar: una cinta métrica, estacas, hilo y una maceta.

Figura 6. Trazado



**2.3.5 Siembra.** El sistema de siembra utilizado dependió del hábito de crecimiento y el porte de la planta, *Canavalia brasiliensis* y *Arachis pintoii* se sembraron a una distancia de 33 cm entre planta, obteniendo así 16 sitios por tratamiento; en el caso de *Pueraria phaseoloides* y *Centrosema macrocarpum* se utilizó el sistema de siembra a chorrillo. Los sistemas de siembra correspondieron a los recomendados para cada una de las especies.

Figura 7. Siembra



**2.3.6 Resiembra.** Después de 3 semanas de la siembra, se verificó la emergencia y se procedió a la resiembra con semilla reservada para tal fin.

**2.3.7 Mantenimiento en el establecimiento.** El manejo de arvenses se hizo de forma manual en los tratamientos y las calles, realizándolo según presencia de malezas, con una periodicidad mensual aproximadamente. No se realizó ninguna aplicación de riego en las parcelas ya que las condiciones climáticas fueron favorables en el periodo de establecimiento.

**2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.** Los datos correspondientes a evaluación agronómica y degradación de hojarasca se analizaron mediante una ANOVA y una presentación gráfica en diagrama de barras y cajas. Con el fin de determinar la existencia de diferencias estadísticas entre bloques y tratamientos se realizó un análisis de varianza ( $p < 0,05$ ); al encontrar diferencias significativas se hizo la prueba de rangos múltiples de Tukey, la cual determina el mejor tratamiento. Para el análisis de la información se utilizó el programa estadístico R versión 4.0.2. Las variables macrofauna y análisis químico se analizaron por medio de estadística descriptiva para determinar algunas tendencias relacionadas con el ensayo.

## 2.5 VARIABLES EVALUADAS

### 2.5.1 Parámetros químicos

**2.5.1.1 Análisis químico del suelo.** Se realizó al finalizar el periodo de evaluación por cada tratamiento, tomando de referencia al testigo como medio de comparación con los tratamientos. El muestreo se realizó abarcando 20 cm de profundidad (Figura 8), obteniendo muestras de 1 Kg. Las muestras fueron enviadas al laboratorio de Ceniplant en Mosquera Cundinamarca donde se llevó a cabo el análisis químico completo.

Cuadro 11. Parámetros químicos y métodos de análisis

Parámetros	Método
Materia orgánica	NTC 5403
pH relación 1:1	NTC 5264
P (ppm)	NTC 5350
N Total	No aplica
K (meq/100g)	NTC 5349
Ca (meq/100g)	NTC 5349
Mg (meq/100g)	NTC 5349
Al (meq/100g)	NTC 5263
Na (meq/100g)	NTC 5349
CIC (meq/100g)	
S (ppm)	NTC 5402
B (ppm)	NTC 5404
Fe (ppm)	NTC 5526
Mn (ppm)	NTC 5526
Cu (ppm)	NTC 5526
Zn (ppm)	NTC 5526

Fuente: Ceniplant, 2021.

Figura 8. Toma de muestra de suelo para análisis



**2.5.2 Parámetros Biológicos.** Para la evaluación de este componente se utilizaron dos metodologías como se describen a continuación:

El muestreo de macrofauna fue desarrollado por medio de la metodología del Tropical Soil Biología and Fertility Program (TSBF) (Anderson y Ingram, 1993), obteniendo bloques (monolitos) de suelo de 25 x 25 cm de largo y 20 cm de profundidad, los cuales fueron separados para el muestreo en perfiles de 0-10 cm y 10-20 cm. Se realizó el procedimiento en dos momentos, antes de la siembra de las leguminosas extrayendo tres monolitos en todo el lote, y en la fase de producción uno por tratamiento al azar debido a que por factores externos no se pudo tomar por cada repetición; se garantizó que las condiciones ambientales fueran similares realizando los muestreos entre los meses de septiembre y octubre. Los insectos, lombrices, larvas, gusanos y huevos se depositarán en recipientes con alcohol etílico al 70% y se rotularán.

Figura 9. Muestreo de macrofauna mediante bloque (monolito)



Para complementar la caracterización de la macrofauna se utilizaron las trampas de caída tipo pitfall (Morerira, 2012). La captura de la macrofauna se realizó en la fase de producción bajo dos muestreos, recolectados cada tres días, utilizando **una** trampa por cada tratamiento. Las trampas estuvieron hechas de envases de plástico con alcohol al 70%, se colocaron de tal forma que la parte superior del envase quedo al ras del suelo, las cuales fueron ocultas con las especies establecidas. Después de la recolección los insectos fueron depositados en recipientes con alcohol al 70% y se rotularón.

Figura 10. Caracterización de macrofauna mediante trampas de caída tipo Pitfall



La caracterización taxonómica se llevó a cabo a nivel de orden con la ayuda de estereoscopios y la clave pictórica principales órdenes de insectos (De Borrór y White, 1970).

Figura 11. Caracterización taxonómica mediante estereoscopios



**2.5.3 Evaluación agronómica.** La evaluación de las variables agronómicas se llevo a cabo con base en la metodología de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (Toledo, 1982), realizándose en la fase de establecimiento (4, 8 y 12 semanas), finalizando con un corte de estandarización para continuar con la fase de

producción, donde se hicieron tres evaluaciones cada seis semanas después del corte. Las variables evaluadas se describen a continuación.

**2.5.3.1 Fase de establecimiento.** En esta fase se tomo medida de las variables altura, cobertura, vigor, malezas, presencia de plagas y enfermedades teniendo en cuenta las recomendaciones de la Red internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT).

**Altura de la planta.** Esta variable se midió en centímetros desde el suelo hasta el punto más alto de la planta, sin estirla y sin contar la inflorescencia.

Figura 12. Toma de datos de la variable de altura



**Cobertura.** Se registró en porcentaje, la cobertura se estimó según la proporción aparente en que las leguminosas cubrieron el área experimental de cada tratamiento (Toledo, 1982).

Figura 13. Toma de datos para determinar el porcentaje de cobertura



**Vigor.** Fue expresado por el estado de la planta, color, crecimiento, sanidad, en una escala de 1 a 5, siendo 5 el mejor y 1 el peor, teniendo como patrón de comparación todo el ensayo (Toledo, 1982).

**Área descubierta.** Esta variable sirve para conocer el porcentaje de suelo que no logró cubrir las leguminosas y las malezas, se registró en porcentaje.

**Presencia de plagas.** En cada tratamiento se evaluó el daño causado por plagas al cultivo, de la siguiente manera: 1, presencia del insecto; daño inferior al (1%); 2, daño leve (1-10%) ; 3, daño moderado (11-20%); 4, daño grave (mas del 30%).

**Presencia de enfermedades.** Para cada parcela se evaluó la presencia de enfermedades según la escala de 1 a 4, donde 1 se consideró como presencia de la enfermedad y 4 un daño severo o grave, se calificaron de la siguiente manera 1, presencia de la enfermedad: 5% de plantas afectadas; 2, daño leve: 5-20% de plantas afectadas; 3, daño moderado: 20-40% de plantas afectadas; 4, daño severo o grave: más del 50% de las plantas afectadas (Toledo, 1982).

**2.5.3.2 Fase de producción.** En cada una de estas evaluaciones se observaron las mismas variables que en la fase de establecimiento, adicionalmente se determinó la producción de forraje verde y materia seca, después de haber realizado el primer corte de estandarización a la semana 12.

**Producción de forraje verde.** Se evaluó a las 6 semanas de rebrote, con el objetivo de identificar la cantidad de biomasa que generó cada una de las especies. Las evaluaciones de producción se realizaron de 0 a 20 cm del suelo. Se tomó como forraje disponible la totalidad del mismo, aforando con un marco de 0.5m por 0.5m.

Figura 14. Aforo para la determinación de forraje verde



**Producción de materia seca.** De la materia verde total (MVT), se pesaron las submuestras de cada bloque experimental; tomando aproximadamente 200gr, las cuales fueron llevadas al horno para el proceso de secado con temperatura de 70°C y ventilación controlada durante 48 horas; después de este tiempo se realizó un pesaje final de cada muestra para así estimar la producción de materia seca mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$MS/m^2 = (PF * ps) / pf;$$

En donde:

PF=Peso fresco de la muestra

pf=Peso fresco de la submuestra

ps=Peso seco de la submuestra

Figura 15. Determinación de materia seca





**2.5.4 Análisis bromatológico.** La valoración nutricional de los forrajes utilizados en esta investigación, se realizó sobre muestras de la última evaluación de producción (6 semanas de rebrote), en la cual se realizó un aforo de cada tratamiento en cada repetición. Posteriormente se hizo una mezcla homogénea de todo el material y se sacó una submuestra de aproximadamente 200 gr que fue enviada al laboratorio de análisis químico y bromatológico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, donde se evaluó la composición nutricional en términos de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA) y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

**2.5.5 Tasa de degradación y producción de hojarasca.** Culminada la fase de establecimiento se procedió a medir el aporte y la degradación de la materia orgánica cada seis semanas durante la fase de producción, de la siguiente manera.

**Aporte de hojarasca.** Se utilizó un marco de 25 cm x 25 cm, en cada tratamiento se recolectó la hojarasca que quedó internamente y se pesó utilizando una balanza analítica. Luego se llevó al horno para secarla, eliminando la humedad y se pesó.

Figura 16. Determinación del aporte de hojarasca



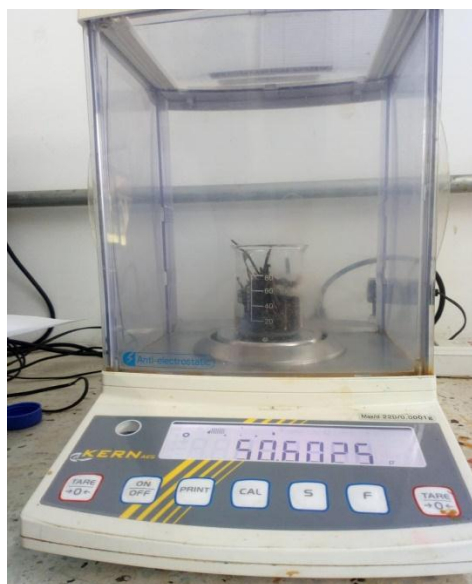
**Tasa de degradación.** Se utilizaron 3 bolsas por cada tratamiento hechas de malla de nailon, en las cuales se depositaron 20 gr de hojarasca, posteriormente se colocaron en las parcelas correspondientes; cada seis semanas se retiró una bolsa y se determinó la materia seca de las muestras llevándolas al invernadero para simular las condiciones ambientales, donde fueron pesadas y tamizadas (calibre 8 mm) para conocer su estado de degradación.

Figura 17. Determinación de la tasa de degradación. a. Tamizaje de hojarasca. b. Toma del peso de hojarasca

a



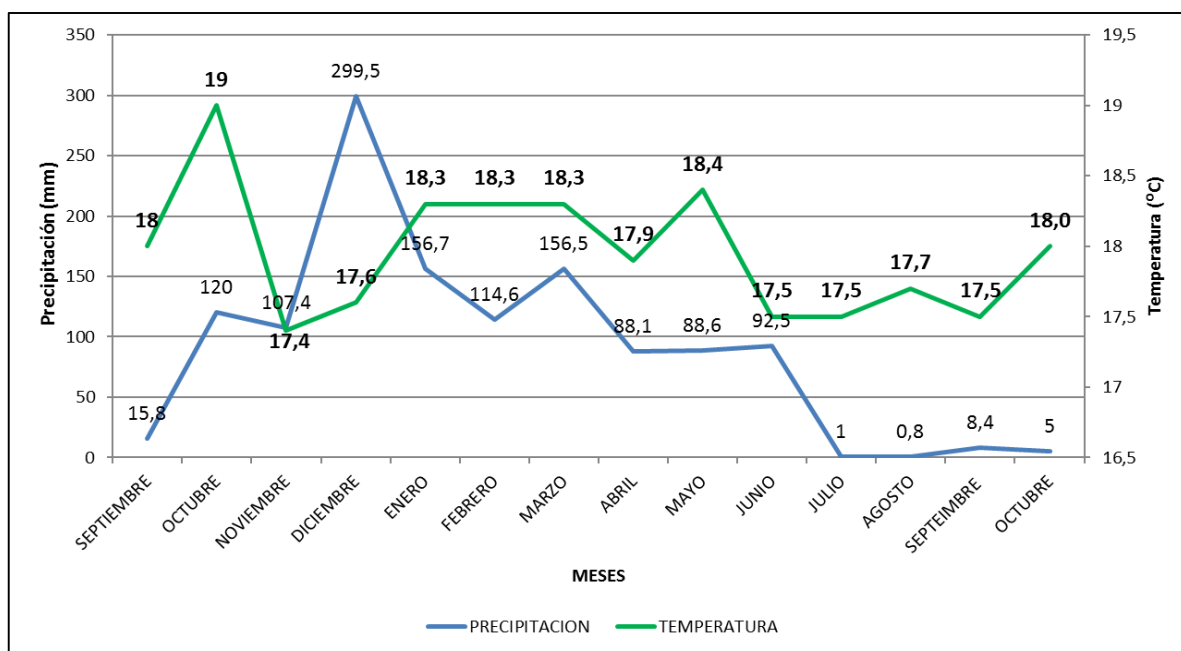
b



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**3.1 VARIABLES ATMOSFÉRICAS.** En la figura 18 se presentan los registros de temperatura y precipitación durante el periodo de evaluación del estudio, entre los meses de septiembre de 2019 y octubre 2020 en el lugar de estudio, obtenidos de la estación meteorológica DAVIS INSTRUMENTS, instalada por el grupo de investigación Nutrición Agropecuaria (NUTRIFACA) en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca.

Figura 18. Comportamiento de las variables climáticas



Fuente: Estación meteorológica Facultad de Ciencias Agrarias.

Durante este periodo se realizó la evaluación agronómica de las leguminosas y el muestreo químico y biológico del suelo. El primero se efectuó entre los meses de septiembre a diciembre de 2019 y el segundo de junio a octubre de 2020.

Según los datos obtenidos en la estación meteorológica de la Facultad de Ciencias Agrarias, la distribución de lluvia es bimodal (figura 18) con dos periodos lluviosos que van de octubre a diciembre y de febrero a abril, siendo diciembre el mes más lluvioso del año con un promedio de 299,5 mm. El periodo seco corresponde a los meses de mayo a octubre, siendo julio y agosto los meses menos lluviosos con 1 y 0,8 mm, respectivamente. La precipitación acumulada durante los meses de evaluación fue de 542,7 mm y 555,7 mm correspondientes al año 2019 y 2020; así mismo, la temperatura

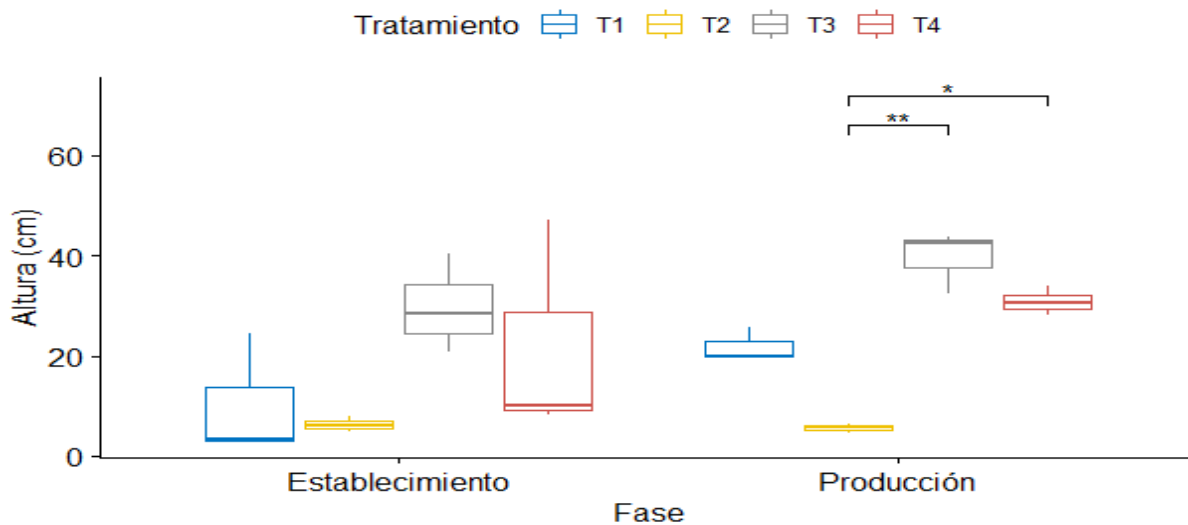
promedia fue de 18°C y de 17,94°C para los mismos años. Estas condiciones son normales y corresponden a los datos históricos registrados en la zona de estudio.

### 3.2 VARIABLES AGRONÓMICAS

En la evaluación de la fase de establecimiento y producción mediante el ANOVA se pudo determinar que no existen diferencias estadísticamente significativas en todas las variables para el factor bloque (Anexo C), entre los tratamientos solamente la variable floración presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) durante el periodo de establecimiento. Por su parte, en la fase de producción entre los tratamientos se presentaron diferencias significativas en altura, vigor, floración, forraje verde y materia seca (Anexo D).

**3.2.1 Altura.** La Figura 21 muestra que en la fase de establecimiento no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable altura, contrario a lo registrado en la fase de producción donde los tratamientos *A. pintoi*, *C. brasiliensis* y *A. pintoi*, *C. macrocarpum* presentaron diferencias significativas ( $P = 0.05$ ).

Figura 19. Comportamiento de altura entre tratamientos



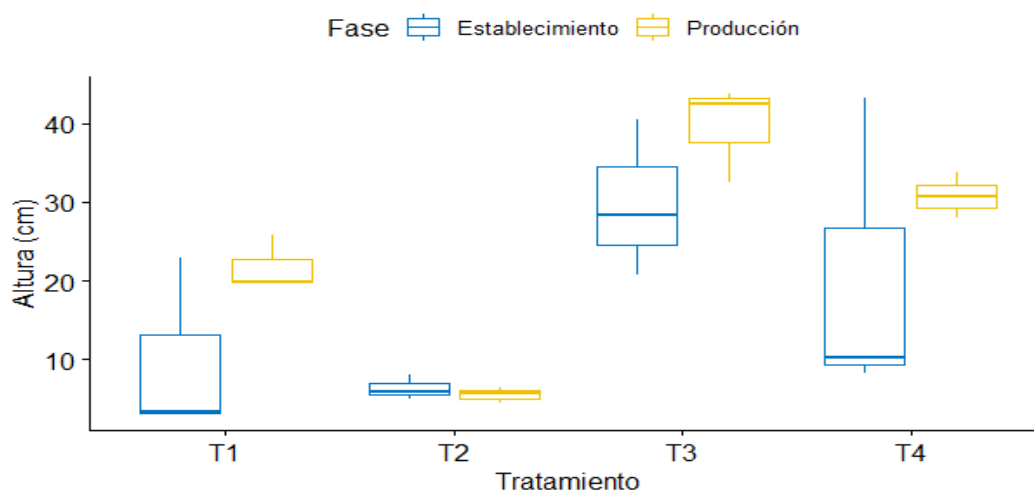
En la fase de establecimiento, se observó que *C. brasiliensis* tuvo el mayor crecimiento longitudinal con una media de 29.8 cm, similar a los datos reportados por Torres y Arcos (2011) con una altura de 36.6 cm, al igual que se ha manifestado en las anteriores variables, esta leguminosa presentó una adaptación favorable y rápida en las condiciones de la meseta de Popayán; su sistema radicular pudo influir para la obtención de mayor cantidad de nutrientes permitiendo un desarrollo longitudinal más rápido que las otras

especies. Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos por Cabezás y Solarte (2011) en la vereda el Tablón, Popayán, ya que alcanzó rangos de altura superiores con 65.5 cm. Esto pudo ser debido a que las condiciones edáficas difieren entre cada zona de estudio, con respecto a la presencia de fósforo, materia orgánica y aluminio intercambiable; que dentro de los parámetros de análisis de suelo reportado indican una carencia de nutrientes que afectan su óptimo desarrollo.

Las diferencias estadísticas encontradas entre los tratamientos en la fase de producción son explicadas principalmente por el hábito de crecimiento de las especies y su tipo de propagación (Sierra, 2005). En esta fase se presentan diferencias significativas entre *C. brasiliensis* y *A. pintoii*, debido a que esta última posee un hábito de crecimiento estolonífero, lanzando estolones horizontalmente, en todas direcciones; es una leguminosa de tamaño reducido, que apenas supera los 30 cm de altura en óptimas condiciones (Soares y Ferreira, 1999); en el presente estudio alcanzó 5.7 cm, debido a su lento crecimiento y deficiencia en fósforo presentada en el suelo, factor que repercutió en su desarrollo; fue necesario realizar una resiembra de estolones, donde las plantas presentaron un crecimiento más rápido obteniendo este valor. Por su parte, *C. brasiliensis* es una leguminosa herbácea anual con una hábito de crecimiento voluble y rastrero, su establecimiento es rápido y compite muy bien con las malezas (CIAT y INTA, 2011), características que le permitieron tomar ventaja sobre *A. pintoii* y por lo tanto ser la que mejor comportamiento en cuanto a esta variable presentó con 39.6 cm, reafirmando su buena adaptación también en la fase de producción; sin embargo, estos resultados difieren con los encontrados con Gonzales y Crow (2008), en el municipio de Muy Muy, Nicaragua, en donde esta especie obtuvo una altura de 127 cm, lo cual pudo estar relacionado con la altura en la cual se realizó la investigación, ya que esta especie se desarrolla mejor en alturas inferiores a 1000 m.s.n.m.

*C. macrocarpum* superó estadísticamente *A. pintoii*; la primera tiene un hábito de crecimiento rastrero, voluble y trepador, alcanzando de 40 a 45 cm de altura a los cuatro u ocho meses de la siembra (García, 2014); teniendo en cuenta lo anterior se establece que la segunda especie difiere en cuanto al hábito de crecimiento, lo que hace que esta sea superior en cuanto a la variable altura. *C. macrocarpum* registró una altura de 30.8 cm siendo superior a la registrada por Arevalo (2017), quien realizó una investigación en Ocaña, Norte de Santander, donde 8 meses después de la siembra, la altura promedio alcanzada fue de 15.22 cm. Este valor es inferior al obtenido y pudo estar relacionado a las condiciones de acidez del suelo (pH de 4.7), bajo porcentaje de materia orgánica (0.6%) y poca disponibilidad de nutrientes, que caracterizaron el lugar de estudio.

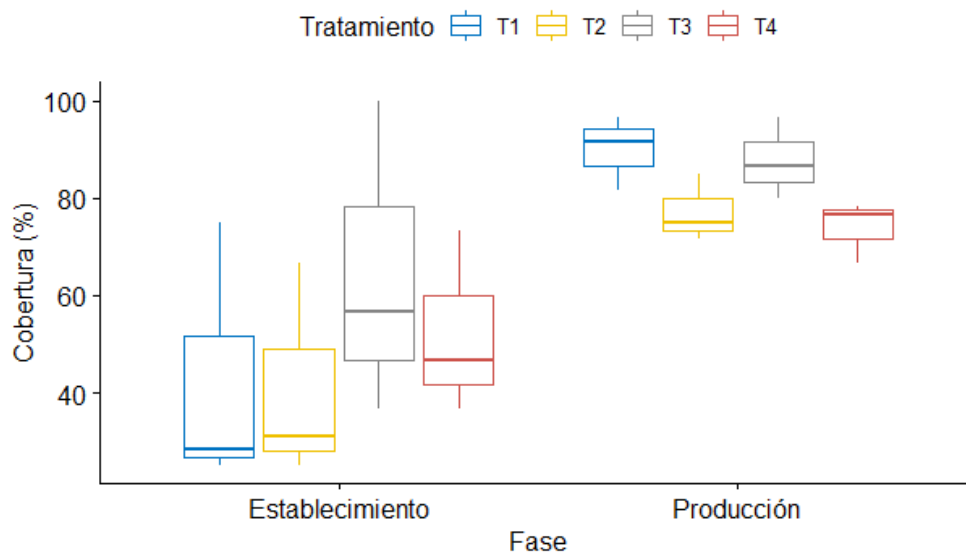
Figura 20. Comportamiento de altura entre fases



En esta variable no se presentaron diferencias significativas entre las fases de establecimiento y producción de las especies. En la Figura 22 se observa que *C. brasiliensis* presentó el mejor comportamiento en cuanto a crecimiento seguido de *C. macrocarpum*, *A. pintoii* tuvo un lento desarrollo y *P. phaseoloides* tuvo un crecimiento más prolongado en producción; lo anterior se debe a los diferentes hábitos de crecimiento, ciclo fenológico y periodo de recuperación después del corte.

**3.2.2 Cobertura.** En las dos fases de la evaluación agronómica no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para esta variable; sin embargo, en la Figura 23 se observa que el mayor promedio en la fase de establecimiento lo presentó *C. brasiliensis* con 64.4% que permitió cubrir más rápido el suelo. Así mismo, se establece rápidamente por su denso y extenso sistema de raíces que favorecen una mejor captación de nutrientes (Peters *et al.*, 2011). En la vereda el Tablón, municipio de Popayán, la especie mostró un valor para cobertura de 85.4%, tanto en producción como establecimiento, lo que muestra una buena respuesta adaptativa al lugar de estudio (Cabezas y Solarte, 2011). Otro estudio realizado en Managua, Nicaragua muestra poca similitud con los datos obtenidos, donde esta leguminosa registró una cobertura de 21.25%, debido a que posiblemente la distancia de siembra utilizada entre surcos fue de 100 cm, superior a la utilizada en esta investigación (33cm) (Gonzalez y Crow, 2008)

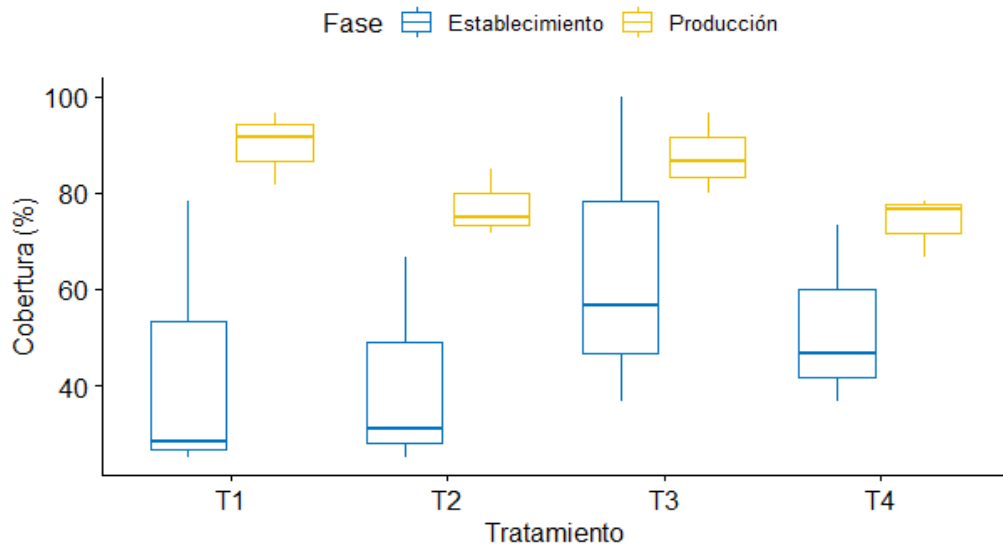
Figura 21. Comportamiento de cobertura entre tratamientos



Por su parte *P. phaseoloides* y *A. pintoi* se identificaron por tener el menor porcentaje de cobertura en esta fase con 42.8 y 41% respectivamente, esto puede ser atribuido a su morfología, lento crecimiento y condiciones de clima y suelo, que influyen en su desarrollo vegetativo durante los primeros meses. En San Martín, Perú se evaluó el establecimiento de cinco leguminosas para determinar su aporte en la fertilidad del suelo, donde *A. pintoi* registró un 29% a los cuatro meses de establecido, siendo la especie más tardía en su desarrollo. Con respecto a *P. phaseoloides*, se encontró un valor de 72.5% en un estudio realizado en el Triunfo, Ecuador a los 5 meses de establecimiento, valor que difiere con el presente estudio, debido al método de siembra (Pozo *et al.*, 2016).

En la fase de producción, el mayor porcentaje de cobertura lo obtuvo *P. phaseoloides* (90%), al presentar un mejor desarrollo vegetativo en la segunda fase de evaluación. Esto se evidencia, debido a que es un cultivo que requiere mayor tiempo para lograr establecerse, presentando un crecimiento temprano (primeros 6 meses) lento, pero el posterior es generalmente excelente (Lemus, 2013). La leguminosa *A. pintoi* alcanzó una cobertura de 77.2% debido a que el periodo de recuperación entre corte y corte (6 semanas) favoreció el desarrollo estolonífero sobre el área descubierta. Así mismo, influyeron las condiciones edafoclimáticas del lugar de investigación y su hábito de crecimiento (Peters *et al.*, 2011). En el departamento del Meta en Colombia, evaluaron el uso de *A. pintoi* como cobertura del suelo en el cultivo de cítricos, donde el ecotipo CIAT 18748 presentó una cobertura del 80% y 82% a los 7 y 8 meses respectivamente (Rincón y Orduz, 2004). *C. macrocarpum* fue el tratamiento que menor porcentaje de cobertura alcanzó en esta fase, debido a la influencia de un factor externo, en este caso la sombra que afectó la actividad fisiológica de las plantas y por ende su lento desarrollo.

Figura 22. Comportamiento de cobertura entre fases

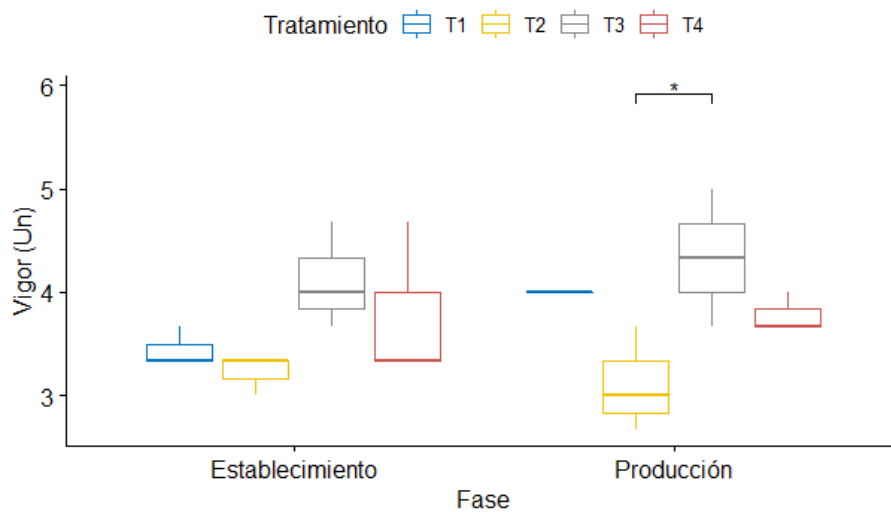


Entre las fases no se encontraron diferencias significativas en cada tratamiento; sin embargo, en la Figura 24 se observa que el T1 presentó la mayor diferencia en porcentaje de cobertura entre las dos fases debido a su lento crecimiento en los primeros meses de establecimiento y que el T3 cubrió en menor tiempo las parcelas gracias a su hábito de crecimiento y poder adaptativo en la zona. *C. brasiliensis*, fue la cobertura que lo cubrió en menor tiempo logrando así reducir el crecimiento de vegetación espontánea, proteger al suelo de la erosión y reducir la lixiviación de nutrientes en el suelo (Puertas *et al.*, 2008).

**3.2.3 Vigor.** Al realizar la comparación entre las fases de desarrollo de las especies se determinó que la variable vigor no presentó diferencias significativas ( $P=0.05$ ) entre los tratamientos en su establecimiento; sin embargo, en producción se evidencian diferencias entre *A. pintoii* y *C. brasiliensis* (Figura 25).



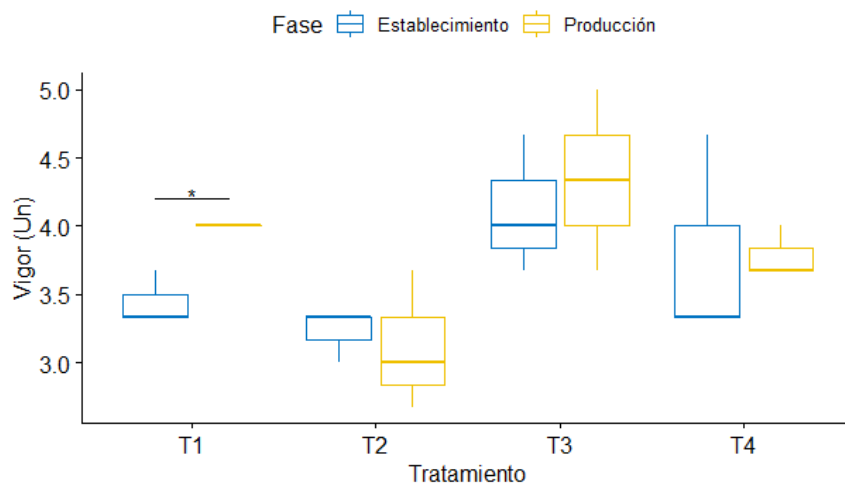
Figura 23. Comportamiento de vigor entre tratamientos



En las dos fases sobresalen los valores obtenidos por *C. brasiliensis* (4.1) en su establecimiento; valor atribuido a las características edafoclimáticas de la zona, que permitieron una adaptación favorable en los primeros meses de desarrollo y puede ser comparado con el registrado en la meseta de Popayán (3.5) por Cabezás y Solarte, (2011) y en Rosas Cauca, donde esta leguminosa obtuvo un vigor de 3.22 (Torres, Ortiz y Arcos, 2011). En la fase de producción obtuvo una calificación de (4,3) similar al encontrado en un estudio realizado por Gonzales y Chow (2008) en Nicaragua. En esta fase registró diferencias significativas con respecto *A. pintoii* el cual presentó el menor valor (3.2) debido a que requiere suelos fértiles con buena disponibilidad de nutrientes, especialmente en P, nutriente deficiente en esta zona siendo menos eficiente su utilización en las primeras etapas de desarrollo, por lo que requiere 20Kg/ha de P para mejorar su capacidad competitiva (Kerridge, 1995).

*A. pintoii* y *P. phaseoloides* registraron los valores más bajos 3.2 y 3.4 respectivamente en la fase de establecimiento, debido a su lento crecimiento, mayor susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades y precipitaciones que no satisfacen su requerimiento hídrico en esta fase. Esta última especie logró una mejor adaptación en la fase de producción, lo que le permitió alcanzar un vigor de 4.

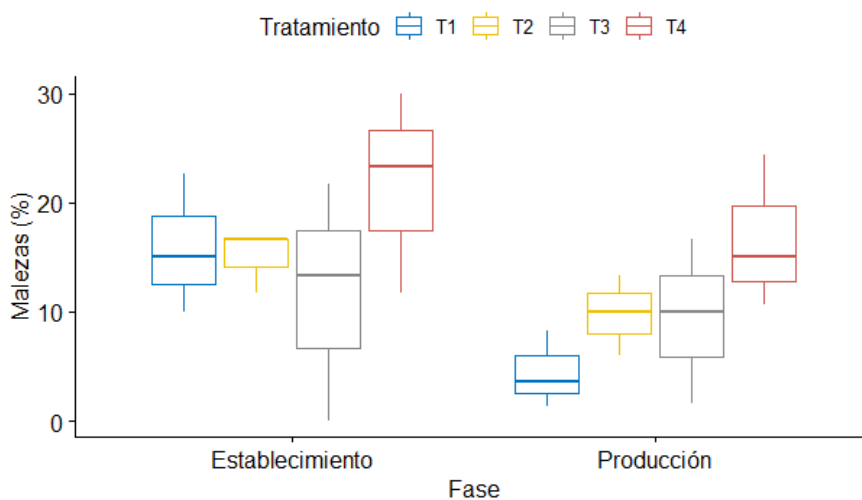
Figura 24. Comportamiento de vigor entre fases



Entre las fases de establecimiento y producción *P. phaseoloides* presentó diferencias significativas como se muestra en la Figura 26, debido a su lento establecimiento, característico de la especie al ser sembrada por semillas, presentando así un menor vigor en su emergencia. En la fase de producción la especie alcanzó su máxima expresión logrando un crecimiento más rápido y abundante.

**3.2.4 Malezas.** Luego de realizar las respectivas evaluaciones en las dos fases, en el análisis estadístico ( $P=0.05$ ) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 27). No obstante, se observó en campo que algunas especies lograron competir mejor con las malezas presentes en el lugar de estudio.

Figura 25. Comportamiento de malezas entre tratamientos



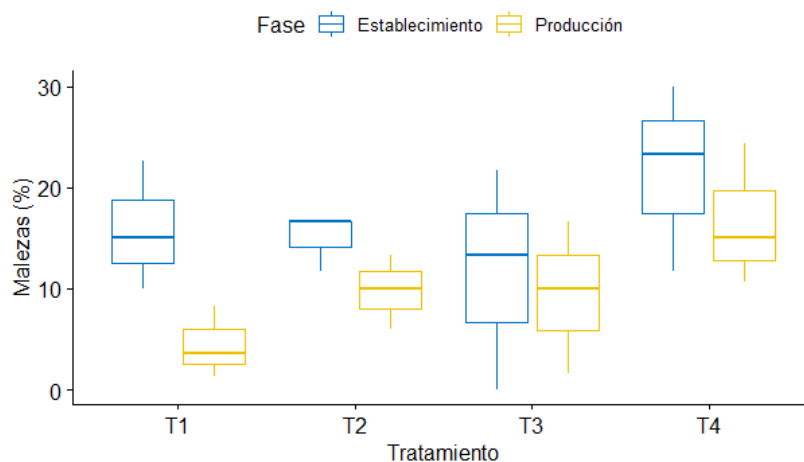
En la fase de establecimiento y producción *C. macrocarpum* presentó un porcentaje de malezas de 21.7 y 16.7% respectivamente; se dificultó su establecimiento por la alta invasión de malezas que emergieron después de la siembra; condición que llevó a realizar control de forma manual; en las evaluaciones realizadas en esta fase de producción, se observó que tuvo poca capacidad de recuperación luego de realizar los respectivos cortes, lo que influyó en su baja capacidad para cubrir el suelo. De igual manera manifestó deficiencias nutricionales y presencia de enfermedades, disminuyendo la población de la leguminosa favoreciendo la invasión de especies promisorias del lugar. Este estudio se puede comparar con el realizado en Perú donde se determinó que el mejor control de malezas para tres leguminosas y entre ellas la especie mencionada, fue de forma manual, registrando así un 29.5 y 53.43% de malezas, debido a su crecimiento lento y desarrollo vegetativo raquítrico (García, 2014).

*P. phaseoloides* presentó el 16 y 4.4% de malezas. Esta especie se estableció por medio de pequeñas semillas que emergieron lentamente, por lo que el suelo tuvo que estar libre de malezas que limitaran su desarrollo inicial. En la fase de producción su crecimiento rápido y la formación de guías impide el desarrollo de las malezas (Lemus, 2013). La relación entre la densidad de cobertura de esta especie con respecto a la competencia de malezas es inversamente proporcional, a medida que incrementa la cobertura se reduce la incidencia de malezas, evidenciándose con el porcentaje de suelo cubierto por esta especie (Pozo *et al.*, 2016).

*A. pintoii* presentó un porcentaje de malezas de 15 y 9.78 en las dos fases, valores atribuidos a su desarrollo lento y porcentaje de cobertura. Los problemas iniciales de malezas pueden acentuarse debido a que esta especie toma de 6 a 9 semanas para cubrir adecuadamente el suelo. Soares y Ferreira (1999), afirmaron que el establecimiento lento de *A. pintoii* es una de las principales propiciantes de la presencia de malezas en la parcela. Sin embargo, el porcentaje obtenido tanto para la fase de establecimiento como producción no influyó sobre el crecimiento de la especie.

*C. brasiliensis* presentó el más bajo porcentaje de malezas ya que esta leguminosa tiene la característica de cubrir el suelo en un tiempo relativamente corto, en los primeros 30 días debe realizarse un adecuado control de malezas; una vez establecido compite muy bien, llegando a obstaculizar de manera significativa el desarrollo normal de estas (CIAT y INTA, 2011). Los valores obtenidos en este estudio fueron 11.7 y 9.4% en establecimiento y producción respectivamente, los cuales se comparan con los encontrados por Quiñonez y Camayo (2011) en el Valle Geográfico del Patía donde la accesión CIAT 905 (4.33%), CIAT 7971 (7.41%) y CIAT 17462 (8%) presentaron el menor porcentaje de malezas. Gonzales y Crow (2008) explican que las plantas que han sido capaces de ajustarse a las condiciones ambientales presentan baja presencia de malezas y para este caso la adaptabilidad se da de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas de la Vereda las Guacas en Popayán.

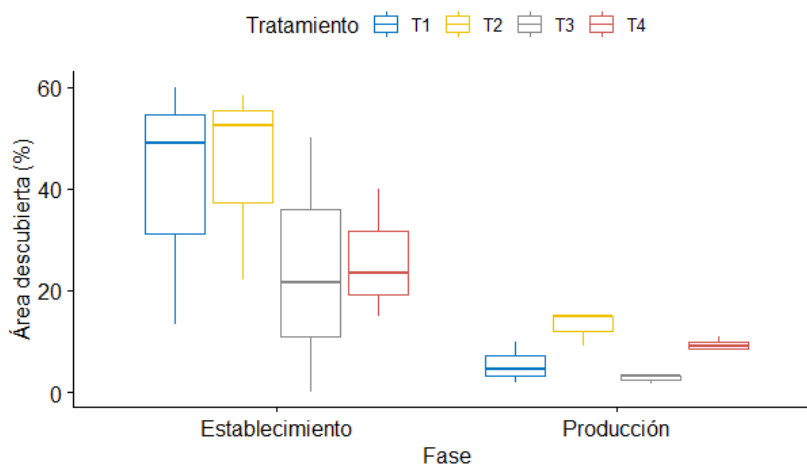
Figura 26. Comportamiento de la variable malezas entre fases



Se evaluó el comportamiento de los tratamientos en cada una de las fases de la evaluación agronómica como lo muestra la Figura 28, indicando que el porcentaje de malezas disminuyó a medida que las leguminosas cubrieron cada una de las parcelas; en ningún momento las malezas influyeron en el desarrollo óptimo de estas, favoreciendo su establecimiento con la deshierba.

**3.2.5 Área descubierta.** Entre las fases evaluadas ningún tratamiento presentó diferencias significativas ( $P=0,05$ ) en cuanto a porcentaje de área descubierta en las parcelas, como lo indica la Figura 29; se observó que esta disminuyó a medida que las leguminosas incrementaron su cobertura y estuvo influenciada por el corte y periodo de recuperación de las mismas.

Figura 27. Comportamiento de área descubierta entre tratamientos



*C. brasiliensis* presentó el mejor comportamiento en cuanto a menor área descubierta (23.9%), debido a su hábito de crecimiento que permite una mayor cobertura en menor tiempo. Un comportamiento similar se encontró con *C. macrocarpum* (26.1%), especie que desarrolló una mayor producción de forraje en los primeros meses de establecimiento.

En esta fase, el área descubierta fue una variable que se manifestó de forma notable para *A. pintoii* y *P. phaseoloides*, al ser dos especies de lento crecimiento en los primeros meses y a las condiciones edafoclimáticas iniciales, los valores obtenidos fueron 44.2 y 40.8% respectivamente; el área cubierta de estas especies fue superior a la abarcada por las malezas, siendo probable que esta área disminuyera en la siguiente fase de evaluación.

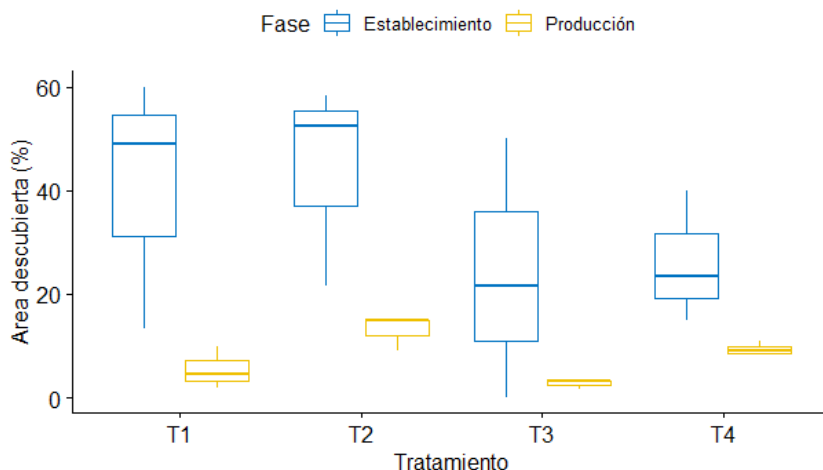
Torres y Arcos (2011) obtuvieron en la finca La Sirena ubicada en Rosas, Cauca, un valor similar para *C. brasiliensis* 27.22%, sin embargo en la vereda el Tablón, según lo reportado por Cabezas y Solarte (2011) esta especie presentó un área descubierta de 44.33%. Las diferencias encontradas entre localidades, están dadas por la altura y el tiempo en el cual se realizaron las evaluaciones, ya que el municipio de Rosas presenta una menor altura, favoreciendo su adaptación y desarrollo; y en la vereda el Tablón difiere el periodo de evaluación con relación al presente estudio ya que el primero se realizó en 4 meses y este en 7 meses.

En la fase de producción fue *C. brasiliensis* el tratamiento que menor área descubierta obtuvo con 2.8%, ya que su hábito de crecimiento y la competencia eficiente con las malezas permitió una mayor cobertura del suelo. En segundo lugar, *P. phaseoloides* finalizó con 5.6% de suelo descubierto, mostrando en esta segunda fase su rápida expansión sobre la superficie del suelo y su capacidad para suprimir plantas nativas.

Los resultados para *C. macrocarpum* y *A. pintoii* tuvieron los comportamientos menos favorables con 9.4% y 13% respectivamente. En cuanto a la primera leguminosa, este valor se atribuye a la baja competencia con las malezas presentes en las parcelas y las condiciones edáficas del lugar. Con referencia a *A. pintoii* se comprueba en esta fase que la ausencia de manejo agronómico no favoreció el crecimiento estolonífero para alcanzar a cubrir una mayor área.

En el estudio realizado por Gonzales y Crow (2008) en Muy Muy, Matagalpa, *C. brasiliensis* reportó 18.12% de área descubierta, valor diferente al encontrado en la presente investigación con 2.8%; ya que el periodo de recuperación no favoreció el desarrollo de la especie en esta localidad.

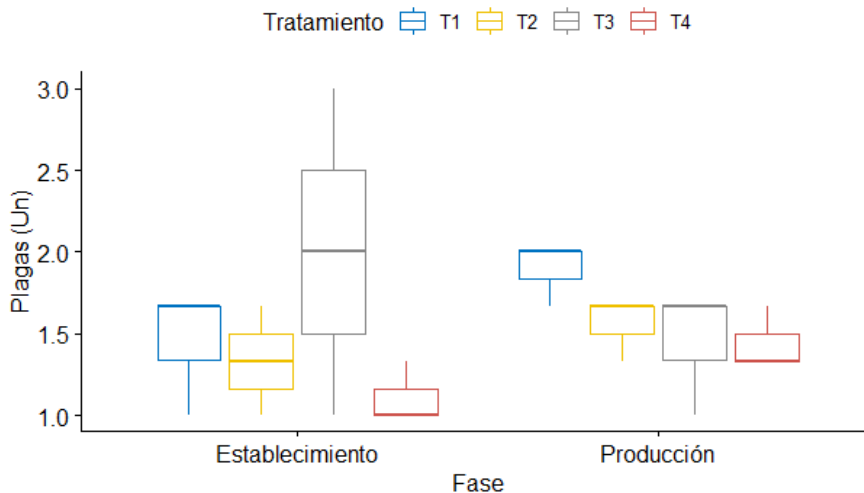
Figura 28. Comportamiento de área descubierta entre fases



En la Figura 30 se observa que el área descubierta disminuye en la fase de producción ya que todas las especies logran cubrir la mayor área del suelo; existe una diferencia más marcada entre fases para *P. phaseoloides* debido a que evidenció una notable mejora para cubrir el área de suelo en comparación con la fase de establecimiento. *C. brasiliensis* fue el tratamiento que mejor comportamiento tuvo para cubrir el suelo en menor tiempo en las dos fases.

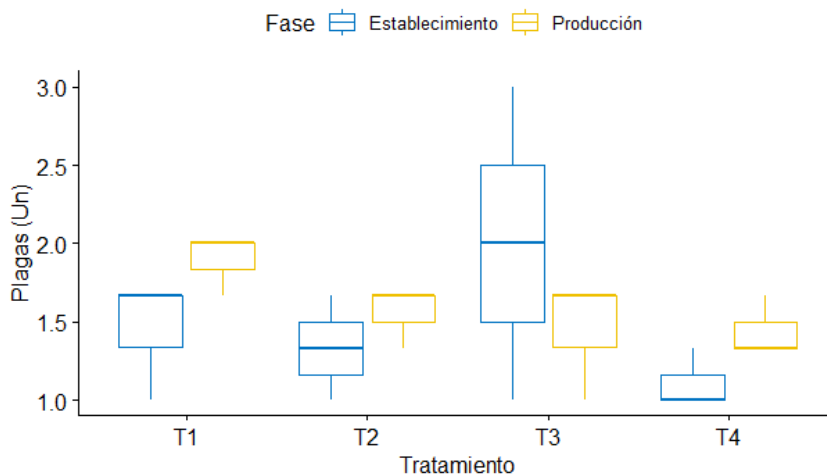
**3.2.6 Plagas.** Al realizar el análisis estadístico correspondiente no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en las fases de producción y establecimiento, los valores obtenidos no presentaron mayor afectación para el desarrollo de las especies evaluadas, el comportamiento de esta variable se detalla en la Figura 31. Durante la primera fase, la leguminosa que mayor incidencia tuvo fue *C. brasiliensis* (2.0), atribuida al desarrollar un follaje succulento que hace que sea más susceptible a la presencia de plagas comedoras de follaje y *C. macrocarpum* manifestó la más baja, debido a que en esta especie se pueden presentar insectos comedores de hoja, pero con pérdidas físicas del follaje en 5 al 10% que no representan una limitante para su desarrollo (González *et al.*, 1997). Durante la segunda fase *P. phaseoloides* (1.9) registró el mayor ataque de plagas, seguido por *A. pintoii* y *C. brasiliensis* (1.6) respectivamente y en menor medida *C. macrocarpum* con (1.4). Los valores mencionados no influyeron en la calidad y producción de forraje verde de las diferentes especies y no fue necesario realizar un manejo fitosanitario en los tratamientos.

Figura 29. Comportamiento de plagas entre tratamientos



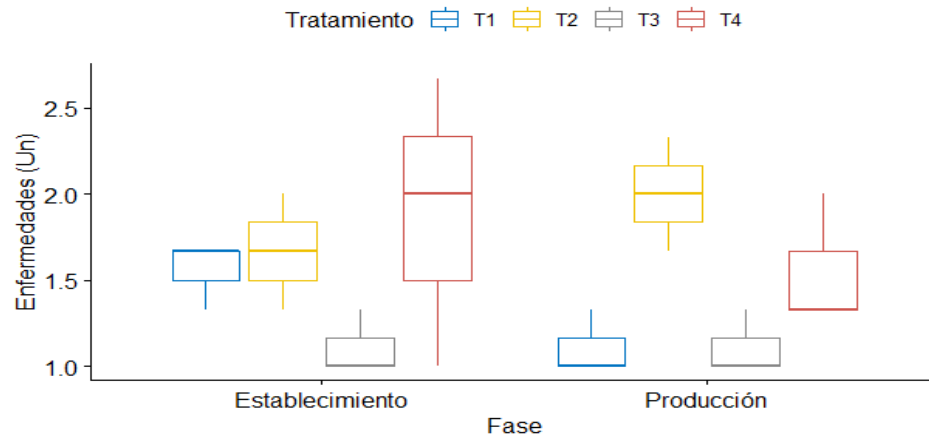
El comportamiento de la incidencia de plagas en las dos fases de evaluación para cada uno de los tratamientos se indica en la Figura 32, mostrando así, que la presencia de insectos se incrementó en la fase de producción; sin embargo, los valores registrados no influyeron en el desarrollo fenológico de las especies y por ende en la producción de forraje verde.

Figura 30. Comportamiento de plagas entre fases



**3.2.7 Enfermedades.** Al procesar los datos obtenidos, no se encontraron diferencias significativas ( $P=0.05$ ) entre los tratamientos en las dos fases de evaluación, como se evidencia en la Figura 33. Las observaciones realizadas en campo mostraron que las afectaciones fueron mínimas y no representaron daños de mayor importancia.

Figura 31. Comportamiento de enfermedades entre tratamientos

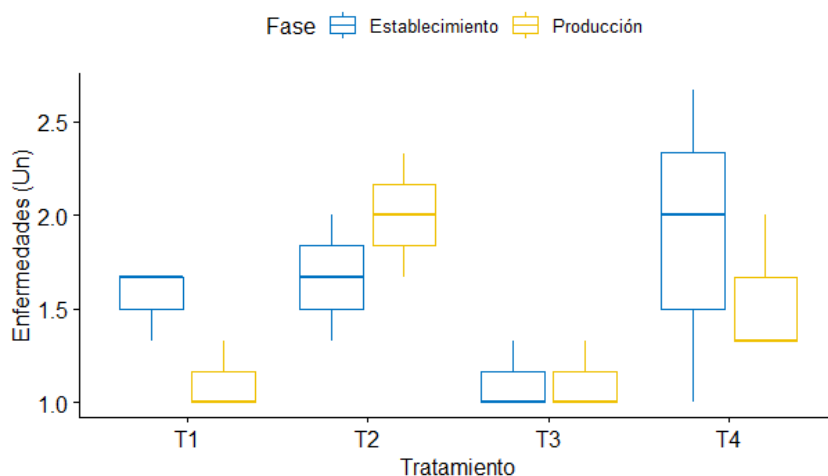


La especie que estuvo más afectada en la fase de establecimiento fue *C. macrocarpum* con 1.9, valor atribuido a la deficiencia nutricional que registró este tratamiento en esta fase, generando una mayor susceptibilidad a enfermedades; sin embargo, las principales enfermedades de *Centrosema* no afectan su desarrollo vegetativo. Valores intermedios se registraron en *A. pintoii* y *P. phaseoloides* con 1.7 y 1.6 respectivamente. Varias enfermedades foliares han sido reportadas en *A. pintoii*, pero sin causar disminución importante en la producción de follaje. *P. phaseoloides* no presentó enfermedades de importancia. Sin embargo, la mancha foliar (*Pseudocercospora puerariae*) es común en toda la América tropical pero no repercute sobre el desarrollo vegetativo (Lemus,2013). *C. brasiliensis* presentó un valor de 1.1 en las dos fases evaluadas, fue el registro más bajo y se atribuye a la respuesta positiva de adaptación, que permitió obtener plantas más resistentes y vigorosas.

En la fase de producción los tratamientos que tuvieron mayor presencia de enfermedades fueron *A. pintoii* (2) y *C. macrocarpum* (1.6), lo cual se explica por su baja adaptación y deficiencias nutricionales, dejándolas susceptibles a la presencia de enfermedades. *P. phaseoloides* fue la especie que mejor se comportó en cuanto a vigor y cobertura en esta fase, siendo notoria así la baja incidencia de enfermedades (1.1). Así mismo, es una especie que reporta enfermedades de baja importancia y estas se pueden ver favorecidas principalmente por condiciones de humedad prolongada (CIAT y INTA, 2020).



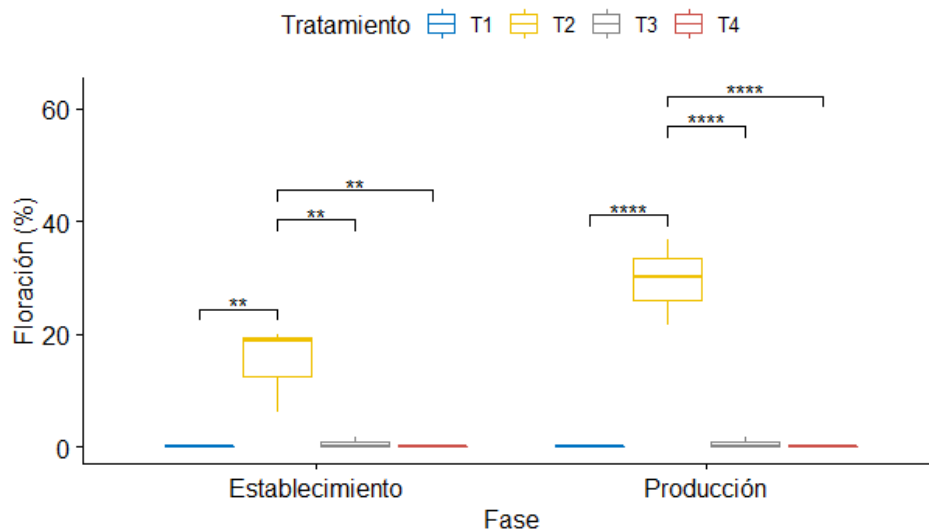
Figura 32. Comportamiento de enfermedades entre fases



La incidencia de enfermedades sobre los tratamientos en la fase de establecimiento y producción se presenta en la Figura 34, observando que en el caso de *P. phaseoloides*, el ataque disminuye en la última fase de evaluación, al lograr la especie una mayor adaptación y desarrollo, lo cual favoreció su resistencia al ataque de patógenos. *C. brasiliensis* tiene un comportamiento constante, manteniendo un valor de 1.1 dando una respuesta positiva de adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio. *A. pintoii* y *C. macrocarpum* fueron las especies que mayor presencia de enfermedades registraron; sin embargo, los valores obtenidos no influyeron en el desarrollo normal de las especies en la fase de producción y establecimiento.

**3.2.8 Floración.** Luego de analizar los datos obtenidos, esta variable fue la que presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P=0.05$ ) tanto en fase de establecimiento como de producción. Por lo cual fue necesario realizar la prueba de promedios (Tukey), encontrando que en establecimiento *A. pintoii* (15%) y *C. brasiliensis* (0.6%), fueron las especies que presentaron índices de floración. En producción *A. pintoii* alcanzó una floración de 29.4%, existiendo diferencias altamente significativas con las demás leguminosas demostrando sus características, especialmente de precocidad (Cazorla, 2010).

Figura 33. Comportamiento de floración entre tratamientos



La leguminosa *A. pintoi* presentó el mayor porcentaje en esta variable, y como se observa en la Figura 35, fue la que estableció diferencias significativas con todas las especies. Esto se explica debido a que presenta una floración continua y se extiende durante el establecimiento. Se han observado floraciones entre 30 y 50 días después de la siembra (Cardona, Marin y Suárez, 1996) y continúa en producción, siendo mayor al comienzo de la época lluviosa (Arjel y Villareal, 1997).

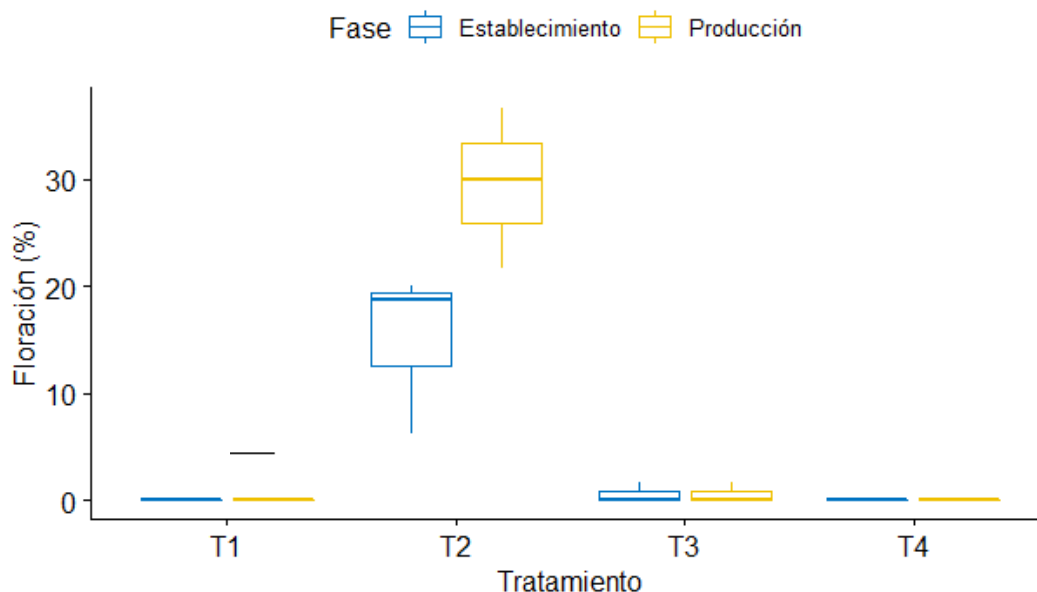
*C. brasiliensis* presentó el mismo porcentaje de floración en las dos fases (0.6%), observándose las primeras flores luego de trascurrir tres meses después de la siembra. Según lo reportado por Vivas (2014), en el departamento del Cauca, Colombia, presenta floración a los 56 días luego del corte de homogenización. Este bajo porcentaje pudo estar influenciado a las condiciones de altitud, debido a que su desarrollo óptimo está comprendido por debajo de 1000 m.s.n.m. (Gonzales y Crow, 2008).

*C. macrocarpum* (0%) y *P. phaseoloides* (0%) fueron las especies forrajeras que no presentaron en ninguna etapa índices de floración. En la primera, esto se explica por su sensibilidad al fotoperiodo, floración desencadenada por días cortos incluso cerca del ecuador y estimulada por la eliminación de la biomasa acumulada. En la segunda, las observaciones sugieren una respuesta fotoperiódica débil en días cortos, reducida por la alta disponibilidad de humedad (CIAT y INTA, 2020).

En un estudio realizado en el Valle del Patía en dos localidades, se evaluó la floración y producción de semillas de seis leguminosas. En la localidad de la Torre, *C. macrocarpum*

floreció a los 60 días y en el Porvenir a los 175 días teniendo en cuenta que se encontraban a una altura de 608 msnm y 625 msnm respectivamente, factor que aceleró el proceso de floración en esta especie. En *C. brasiliensis*, la floración en la Torre comenzó luego de los 61 días y en el Porvenir a los 76 días al encontrarse en el rango de adaptación óptimo (Ledezma, 2019).

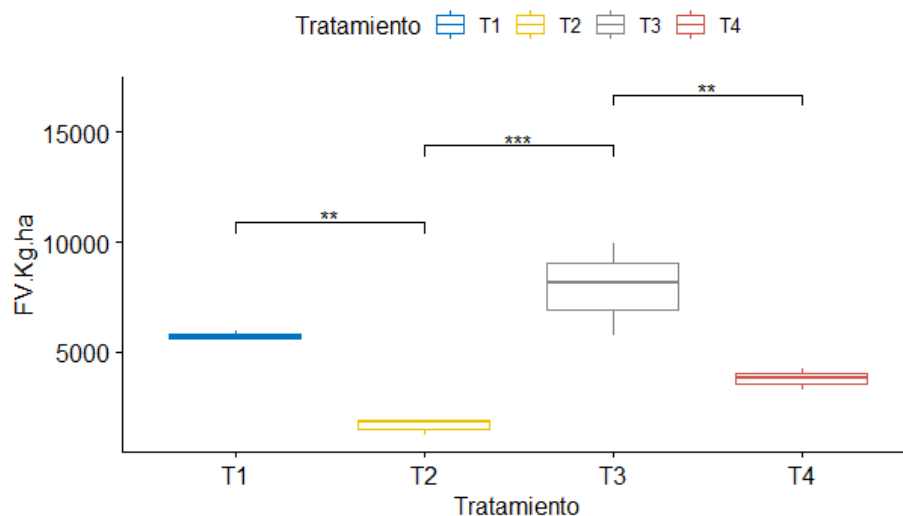
Figura 34. Comportamiento de floración entre fases



La Figura 36 muestra el comportamiento de las diferentes especies en cuanto al porcentaje de floración que presentaron en las fases de producción y establecimiento; se observó que en los tratamientos *P. phaseoloides* y *C. macrocarpum* la floración fue nula en los dos momentos; por su parte *C. brasiliensis* mantuvo el porcentaje y *A. pintoii* incrementó la floración, alcanzando en producción 29.4%, justificando este valor con su comportamiento fenológico de floración continua durante su ciclo de vida.

**3.2.9 Forraje verde.** Al realizar el análisis estadístico se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $p=0.05$ ); la prueba de promedios Tukey demostró que *C. brasiliensis* obtuvo la mayor producción de forraje verde con respecto a *C. macrocarpum*, y *A. pintoii* y que *P. phaseoloides* difiere con respecto *A. pintoii* al ser la especie que menos forraje verde produjo (Figura 37).

Figura 35. Comportamiento de producción de forraje verde



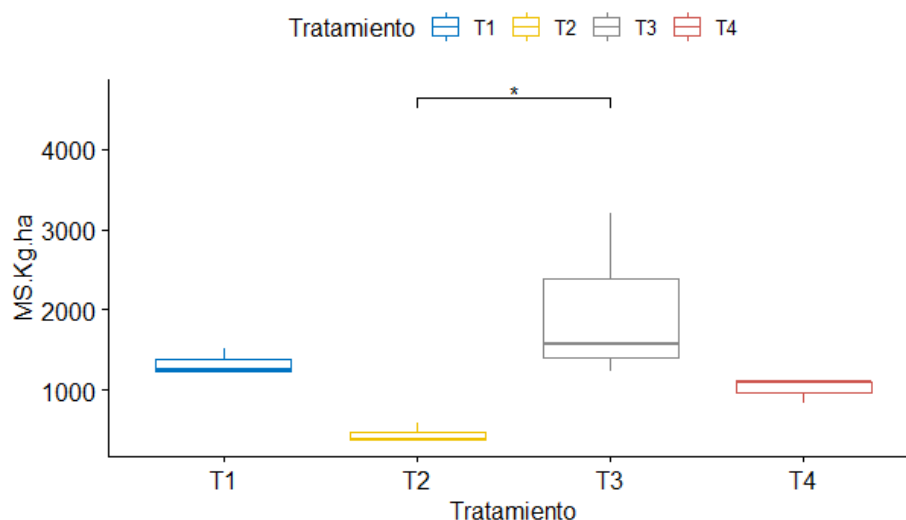
*C. brasiliensis* fue la especie que obtuvo los mejores resultados en las variables agronómicas anteriormente evaluadas, donde el porcentaje de cobertura y vigor influyeron en la producción de forraje verde, obteniendo 7951 Kg/ha corte, bajo las condiciones de la zona de estudio. Esta especie se destaca por su respuesta superior tanto en clima cálido como medio, su adaptabilidad a suelos pobres y la tolerancia a periodos largos de sequía y su buena producción tanto de grano como de forraje verde (Peters *et al.*, 2011). En Nicaragua se evaluó a *C. brasiliensis* y su aporte de nitrógeno como abono verde, donde la producción de biomasa de la leguminosa varió entre 2448 y 5357 Kg/ha, siendo menor a la observada en este estudio (Douxchamps, 2010 citado por Castro *et al.*, 2018). El forraje verde registrado por *A. pintoii* y *C. macrocarpum* fue 1653 y 3804 Kg/ha corte respectivamente. En Santo Domingo de los Tsachiras, Ecuador evaluaron la producción de *A. pintoii* en diferentes periodos de corte, a los 75 días produjo 47730 Kg/ha, superior al reportado, ya que las condiciones edafoclimáticas del lugar fueron más favorables; teniendo en cuenta que la disponibilidad de forraje verde depende de la fertilidad natural del suelo, precipitación y de la fertilización en el establecimiento y mantenimiento de esta especie (Godoy Espinoza *et al.*, 2013).

Se presentaron diferencias significativas entre *A. pintoii* y *P. phaseoloides* que produjo 5724 Kg/FV/ha corte; valor superior al encontrado por Juárez (2003) en Veracruz, México, donde evaluó el contenido nutricional, forraje verde y contenido de materia seca en *P. phaseoloides*; produciendo 3905 Kg/FV/ha corte y siendo la especie que menor rendimiento presentó. Esta especie difiere con respecto *A. pintoii* al mostrar una mejor adaptación y rendimiento de acuerdo a su hábito de crecimiento trepador, produciendo estolones fuertes que pueden llegar a medir más de 10 m de longitud y en contacto con el suelo húmedo sus nudos y entre nudos forman raíces abundantes formando una

cubierta densa de más de 1 m de altura, generando así un mayor aporte de forraje verde por cada corte.

**3.2.10 Producción de materia seca.** Mediante el análisis estadístico correspondiente, se pudieron evidenciar diferencias significativas entre los tratamientos ( $P=0.05$ ). Por lo cual, fue necesario realizar una prueba de promedios Tukey, encontrando que el tratamiento *C. brasiliensis* obtuvo el mayor valor de producción con 2001.66 kg/MS/ha. Esto estuvo dado por la respuesta positiva de adaptación que esta especie presentó desde la primera fase, reflejado en el vigor, cobertura del suelo y producción de forraje verde. Seguidamente, se encontró *P. phaseoloides* con 1320 kg/MS/ha, un valor considerable de materia seca, debido a que en esta fase logró una mejor adaptación permitiéndole una mayor producción de follaje y capacidad para cubrir el suelo más rápidamente.

Figura 36. Comportamiento de producción de materia seca



Los tratamientos que presentaron una menor producción fueron *C. macrocarpum* y *A. pintoii* con 1002.93 y 441.2 kg/MS/ha respectivamente (Figura 38). Los valores encontrados se deben principalmente a que estas especies no lograron adaptarse satisfactoriamente en el tiempo de evaluación, lo cual influyó negativamente en su desarrollo fenológico y en la expresión de las variables de producción. De acuerdo a lo mencionado por Rincón (1999), *A. pintoii* en condiciones favorables y luego de seis meses de la siembra en monocultivo se obtiene de 500 a 700 kg/ha de materia seca, y en suelos con altos contenidos de arena y sin fertilización, los rendimientos no llegan a los 200 kg/ha de materia seca.

Estos resultados difieren de los encontrados por Guarachi, Rojas y Joaquin (2006) en Santa Cruz, Bolivia, donde se evaluó la producción de materia seca y el contenido

nutritivo de tres leguminosas; encontrando que *P. phaseoloides* obtuvo una MS promedia luego de cuatro cortes de 2142.8 kg/MS/ha. Este menor valor, pudo estar relacionado con las condiciones climáticas de altitud y precipitación presentes en este estudio, que no fueron las óptimas para su desarrollo.

En el estudio realizado por Cabezas y Solarte (2011) *C. brasiliensis* obtuvo una producción de 4.99 Ton MS/ corte/ha, siendo un valor superior al encontrado en este trabajo. Esto puede estar explicado por las diferencias en las condiciones de altitud, tiempo de toma de datos en las investigaciones y precipitaciones presentadas en el Tablón, que fueron mayores en comparación al presente estudio.

**3.3 CALIDAD NUTRICIONAL.** Los resultados obtenidos del análisis bromatológico de las leguminosas evaluadas se detallan en el Cuadro 17 y los métodos utilizados para establecer su composición nutricional se detallan en el Anexo B.

Cuadro 12. Análisis bromatológico de las leguminosas evaluadas

Muestra	%DIVMS	%PC	%FC	%FDA	%FDN
<i>Pueraria phaseoloides</i>	53.2	16.25	34.5	39.7	51.1
<i>Arachis pintoii</i>	69.4	18.75	21.1	30.9	34.4
<i>Canavalia brasiliensis</i>	72.9	26.25	22	30.6	39.9
<i>Centrosema macrocarpum</i>	57.6	21.25	30.3	32.8	43.4

DIVMS: Digestibilidad in vitro de la materia seca; PC: Proteína cruda; FC: Fibra cruda; FDA: Fibra detergente acida; FDN: Fibra detergente neutra.

De acuerdo al cuadro 17 se observa que *C. brasiliensis* y *C. macrocarpum* fueron las especies que presentaron mayor contenido de PC con 26.25 y 21.25% respectivamente. Según la investigación realizada por Lagunes *et al.* (2019), los resultados obtenidos son similares en *C. macrocarpum* y *P. phaseoloides* donde reportaron 21% y 17.8% respectivamente. *A. pintoii* obtuvo 18.75% de PC valor que difiere al encontrado por Espinoza *et al.* (2013), quienes obtuvieron 24.5% debido a que la muestra fue tomada en 30 días donde la mayor reserva de N está en las hojas y la presencia de tallos es menor. Sotelo *et al.* (2016), realizaron un estudio para determinar la calidad nutricional de cinco especies en Perú, donde obtuvieron valores de 19.76 y 15.78 % para *P. phaseoloides* y *C. macrocarpum* respectivamente en PC, resultados que difieren con este ensayo. En cuanto a lo reportado por Peters *et al.*, (2011), los resultados están entre los rangos nutricionales en dos de las especies, pero cambian con respecto a *P. phaseoloides* que presentó un valor inferior y en *C. brasiliensis* que tuvo un valor superior. El contenido de proteína cruda de las cuatro leguminosas es de importancia al encontrarse entre el rango mínimo de mantenimiento de rumiantes el cual se ha estimado en un 7% de PC, siendo viable su implementación en los sistemas ganaderos.

En lo respecto a DIVMS, *C. brasiliensis* y *A. pintoii* presentaron los mayores valores 72.9 y 69,4% respectivamente, debido a que las muestras estuvieron en su mayoría compuestas por hojas, siendo mínima la presencia de lignina aportada por algunas estructuras vegetales. Las especies que presentaron menor digestibilidad fueron *P. phaseoloides* (53.2%) y *C. macrocarpum* (57.6%), atribuida a que las muestras presentaron mayor proporción de tallos con relación a la cantidad de hoja evidenciado con el contenido de fibra cruda. Estos resultados son similares a los reportados por Rivera *et al.*, (2019), donde *A. pintoii* obtuvo un 74%, *P. phaseoloides* un 57% y *C. macrocarpum* un 55% de digestibilidad y difieren con el valor encontrado por Carvajal (2010), donde *C. brasiliensis* obtuvo un valor menor con 60%. El alto valor obtenido en este estudio se debió a la aparición de nuevas yemas y rebrotes que son los precursores de nuevas hojas, elevando así la digestibilidad del forraje.

La FC estuvo entre 21.2 y 34.5% siendo mayor para *P. phaseoloides* y menor para *A. pintoii*; por su parte, *C. macrocarpum* presentó el 30.3 % y *C. brasiliensis* el 22%. La fibra cruda afecto negativamente la digestibilidad, evidenciando así que *P. phaseoloides* presentó menor contenido celular y mayor pared celular, la cual incrementa el % de FC en el tiempo. Por su parte, *A. pintoii* posee una frágil partícula, debido al menor contenido de pared celular, el cual provee de mayor cantidad de nutrientes y con ello menor FC al momento del corte. Los resultados obtenidos difieren con los encontrados por Sotelo *et al.*,(2016) donde *A. pintoii* presentó el mayor % de FC 45.84%, seguido de *C. macrocarpum* 40.49% y *P. phaseoloides* 35.6%; resultados que se justifican por la edad de corte como es el caso de *A. pintoii*, el cual fue cortado a los 75 días después de su estandarización; a medida que maduran las leguminosas tropicales, suele producirse una reducción en el contenido nutricional, asociada con la disminución de la digestibilidad y un aumento de la pared celular, representado en un mayor porcentaje de FC. Esto se evidencia en el estudio realizado por Gonzales y Crow (2008), donde evaluaron a *C. brasiliensis* a los 75 días obteniendo un valor alto de FC (18.04%), influyendo sobre la calidad nutricional de esta especie.

*A. pintoii* produjo el valor más bajo en FDN con 34.4%, seguido por *C. brasiliensis* con 39.9% y *C. macrocarpum* 43.4%; el porcentaje más alto lo presentó PP con 51.1% teniendo en cuenta que la fibra se incrementa con la edad de la planta, por otro lado, la proporción tallo y hojas es mayor, evidenciando que la digestibilidad y proteína cruda de esta es menor con respecto a las demás especies. Con respecto *A. pintoii*, al presentar el valor de FDN más bajo puede proponerse como una estrategia forrajera para el consumo animal, ya que, Somex (2009) considera que la fibra FDN está directamente relacionada con la capacidad de saciedad del animal; a mayor concentración de FDN más rápido llegará el animal a la sensación de llenado, por lo tanto, menor será su consumo. Sosa *et al.*, (2020) realizaron un estudio del valor nutricional de *A. pintoii* encontrando un 32.8% de FDN, se presentó una diferencia mínima con relación a el presente estudio, atribuida

a que los intervalos entre corte se manejaron alrededor de los 45 días para los dos. Mojica *et al.*, (2017) evaluaron el efecto de tres edades de rebrote (4, 8 ,12 semanas) sobre la producción de forraje con calidad nutricional en leguminosas herbáceas y en una arbustiva no leguminosa, donde *P. phaseoloides* obtuvo 54.7, *C. brasiliensis* 53.9 y *C. macrocarpum* 56.5%, estos valores difieren con la presente investigación debido a que la producción de tallos incrementó por la madurez siendo mayor en esta última, aumentando por tanto el valor de la FDN.

Con respecto a la fibra detergente ácida, *C. brasiliensis* y *A. pintoii* fueron las especies con los valores más bajos 30.6% y 30.9% respectivamente, seguidos por *C. macrocarpum* con 32. 8% y *P. phaseoloides* registró el valor más alto (39.7%); estos resultados son importantes para determinar que forraje presenta mejores características en cuanto a la capacidad de un animal para digerir el alimento, en donde al aumentar los contenidos de FDA se reduce su digestibilidad; esto se evidencia en el porcentaje de DIVMS que se obtuvo en *P. phaseoloides* por lo que, su aprovechamiento nutricional se reduce a un 53%. Por su parte, *C. brasiliensis* y *A. pintoii* demuestran que pueden ser utilizados como fuente de alimentación eficiente en los sistemas de producción. Carvalho *et al.*, (2012) realizaron un estudio en Brasil donde evaluaron el efecto de la composición química y la descomposición de nueve especies forrajeras como cultivos de cobertura en maíz, encontrando que *C. brasiliensis* fue una de las especies con los valores más bajos de lignina (38.1 g/Kg), valor promedio entre la floración y maduración de la especie. En Puebla, México se determinó el rendimiento y valor nutritivo de cuatro leguminosas herbáceas encontrando que *A. pintoii* presentó un 35% de FDA, *P. phaseoloides* 44 y *C. macrocarpum* 46, siendo similar en estas dos últimas especies indicando que *P. phaseoloides*, a pesar de tener un crecimiento postrado y presentar mayor proporción en hoja y tallo, está compuesta de una mayor cantidad de componentes fibrosos en comparación *A. pintoii* (Lagunes *et al.*, 2019).

## PARÁMETROS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL SUELO

La calidad del suelo se evaluó mediante indicadores químicos (análisis de suelo, producción y degradación de hojarasca) y biológicos (caracterización de macrofauna) por medio de tendencias como se describen a continuación:

### 3.4 ANÁLISIS DE SUELOS

Los resultados de los análisis químicos del suelo por cada tratamiento se detallan en el Cuadro 12. Del cual se puede determinar que el rango del pH se encuentra entre 4.3 y 6.1, donde el menor valor corresponde al tratamiento *P. phaseoloides* (4.3) similar al del testigo (4.6) y el mayor valor a *C. macrocarpum*. Numéricamente y según la escala de pH



es notorio que, con respecto al testigo, la implementación de leguminosas forrajeras tiene un impacto positivo sobre el suelo en estudio, ya que al ser derivado de cenizas volcánicas presenta saturación de Fe y Al influyendo sobre la disponibilidad de algunos elementos como el P y de las bases Ca, Mg y K (Microfertisa, 2011). Por otro lado el pH del testigo se encuentra entre los rangos de establecimiento de las especies *A. pintoii* (3.5-8); *C. macrocarpum* (4-7.5); *P. phaseoloides* (3.5- 5.5) y *C. brasiliensis* (4.3-8), Peters *et al.*,(2011) siendo favorable su desarrollo para generar un cambio sobre las propiedades químicas del suelo al finalizar el ensayo.

Con respecto a la materia orgánica el testigo y *Pueraria phaseoloides* fueron los tratamientos que aportaron el mayor porcentaje de esta con relación a las demás especies, el primero al estar integrado por gramíneas, las cuales generalmente producen hojarasca de muy lenta capacidad de descomposición y el segundo, al ser una especie leñosa con altos contenidos de lignina presentaron un periodo mayor de degradación que influyo sobre la acumulación de materia orgánica en el suelo. Los valores bajos pudieron estar asociados a los procesos de mineralización y fácil degradación de las leguminosas (Sánchez, 2007).

Cuadro 13. Tendencias de las propiedades químicas en cada uno de los tratamientos

Ítem	Testigo	<i>P. phaseoloides</i>	<i>A. pintoii</i>	<i>C. brasiliensis</i>	<i>C. macrocarpum</i>
pH (Un)	4,6	4,3	5,1	5,2	6,1
M.O (%)	6,28	6,52	5,74	5,88	5,81
Al (meq/100g)	0,94	1,16	0,55	0,26	0,33
N (%)	0,31	0,33	0,29	0,29	0,29
P (ppm)	1,98	3,69	4,3	2,67	6,56
K (meq/100g)	0,52	0,41	0,51	0,38	0,35
Na (meq/100g)	0,1	0,07	0,08	0,07	0,08
Mg (meq/100g)	0,45	0,2	0,66	0,44	0,55
Ca (meq/100g)	0,2	0,23	1,48	1,74	4,97
S (ppm)	5,92	3,49	0,17	2,58	1,1
B (ppm)	0,53	0,28	0,06	0,16	0,09
Fe(ppm)	149,17	109,31	101,65	132,27	152,34
Cu (ppm)	1,44	0,9	1,99	1,65	2,68
Mn (ppm)	2,53	3,68	2,04	1,28	3,26
Zn (ppm)	0,79	0,58	1,05	0,93	1,28
CICe (meq/100g)	2,7	2,6	3,48	3,11	6,49

Además, se observaron algunas diferencias con respecto al testigo en el pH, K, Na, Ca, B, Fe, Cu y la CICe (Cuadro 13). El pH se clasificó como muy fuertemente ácido en el testigo, extremadamente ácido para *P. phaseoloides*, fuertemente ácido en *A. pintoii* y *C. brasiliensis* y ligeramente ácido en *C. macrocarpum*. En los suelos ácidos las concentraciones de Al y Fe soluble pueden alcanzar niveles que resultan tóxicos para las

plantas; así mismo, se alteran las poblaciones y las actividades de los microorganismos que intervienen en la mineralización de la materia orgánica y la transformación del N y S, y la disponibilidad de P se reduce debido a la formación de compuestos insolubles de Fe y Al, dejando así de estar disponibles para las plantas. El pH obtenido en cada tratamiento se relaciona con el contenido de Al y de Fe, a medida que el pH es menor, se incrementan los valores de estos dos elementos influyendo en la baja disponibilidad de algunos nutrientes (SCCS, 2013). Al establecerse *C. macrocarpum* en un suelo con pH ligeramente ácido, este actúa sobre la disponibilidad de los nutrientes, al encontrarse la mayoría disponibles en un pH de 5.8 a 6.5.

Cuadro 14. Interpretación de los resultados del análisis de suelo de cada tratamiento

Ítem	Testigo	<i>P. phaseoloides</i>	<i>A. pintoi</i>	<i>C. brasiliensis</i>	<i>C. macrocarpum</i>
pH (Un)	MFA	EA	FA	FA	LA
M.O (%)	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Al (meq/100g)	BAJO	ME	BAJO	BAJO	BAJO
N (%)	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
P (ppm)	MUY BAJO	MUY BAJO	MUY BAJO	MUY BAJO	MUY BAJO
K (meq/100g)	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BAJO	BAJO
Na (meq/100g)	MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Mg (meq/100g)	MUY BAJO	MUY BAJO	BAJO	MUY BAJO	BAJO
Ca (meq/100g)	BAJO	MUY BAJO	MUY BAJO	MUY BAJO	MEDIO
S (ppm)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
B (ppm)	MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Fe(ppm)	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Cu (ppm)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Mn (ppm)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Zn (ppm)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
CICe (meq/100g)	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

MFA: muy fuertemente ácido; EA: extremadamente ácido; FA: fuertemente ácido; LA: ligeramente ácido.

Con respecto a la CICe, *C. macrocarpum* difirió con respecto al testigo al pasar de bajo a medio, lo que posiblemente se relaciona con el pH presente en el suelo, ya que, si el pH se acerca a la neutralidad la CICe se incrementa. Por su parte, la saturación de Al aumentó en *P. phaseoloides* con respecto al testigo, por lo que puede ocurrir una alta probabilidad de encontrar bloqueos y desbalances iónicos entre las bases Ca, Mg y K.

La presencia de materia orgánica fue alta en todos los tratamientos y el testigo, esto pudo estar relacionado con la materia orgánica presente en el terreno antes del establecimiento de las leguminosas y el aporte que las mismas realizaron al medio edáfico por medio de la hojarasca liberada durante el tiempo de estudio, contribuyendo de forma significativa al flujo de los nutrientes y de la energía en el suelo (Crespo, 2015). Los nutrientes que están asociados a este componente son N, S, P, Cu y Mn. El N registrado fue alto en todos los tratamientos sin diferir con respecto al testigo, esto pudo estar relacionado con la capacidad que tienen las leguminosas de fijar N atmosférico a través de una simbiosis con bacterias nitrificantes y en el testigo se explica por ser una vegetación principalmente de gramíneas que presenta un sistema de raíces finas que contribuyen a la retención de N en el suelo, evitando su pérdida por lixiviación (Padrino, 2004 citado por Lozano *et al.*, 2010)

El nivel de P reportado fue muy bajo en todos los tratamientos, sin cambiar con respecto al testigo, ya que en suelos ácidos como en este caso el P tiende a fijarse con Al, Fe y Mn, siendo menos disponible. Así mismo, al ser derivado de cenizas volcánicas (andisol) presenta la característica de inmovilizar el P en la superficie. El rango óptimo para la disponibilidad de este elemento es de un pH entre 6 a 7 (Sela, 2020).

El K presentó un nivel medio en el testigo, difiriendo con los tratamientos *C. brasiliensis* y *C. macrocarpum* que mostraron niveles bajos; en suelos ácidos la CIC es baja, debido a que los iones de H ocupan los sitios de intercambio de las partículas de arcilla del suelo. Como resultado, hay menos K disponible (Sela, 2020).

Con respecto a las bases, el Mg fue muy bajo en el testigo y bajo en las especies *A. pintoii* y *C. macrocarpum*; el Ca fue bajo en el testigo, medio en *C. macrocarpum* y muy bajo en las demás especies. Los valores bajos de Ca y Mg están relacionados con el grado de fertilidad bajo en el suelo, característico de suelos ácidos, donde los rangos de pH hacen que se presenten deficiencias de estos elementos. Al realizar la suma de las bases se corrobora la baja fertilidad del suelo, donde el valor más bajo lo presenta *P. phaseoloides* con 0.56 y el más alto *C. macrocarpum* con 5.87, siendo este último de fertilidad media.

En la evaluación realizada por Gómez (2015), se determinó la eficiencia de *A. pintoii* en el mejoramiento de la calidad de suelos, donde después de seis meses del establecimiento de la especie, esta aportó al contenido de materia orgánica en el suelo a través de la biomasa o materia seca, reflejado en una ganancia del 23% de aporte a su contenido, difiriendo con los resultados obtenidos en este ensayo que se mantuvieron constantes con respecto al testigo. Pérez *et al.*, (2015) evaluaron cuatro especies de leguminosas como cobertura viva en Sucre, Bolivia donde *P. phaseoloides* fue una de las especies que aportó al incremento de la disponibilidad P y K en el suelo al pasar de bajo a medio y de medio a alto respectivamente, resultados que difieren con la presente

investigación debido posiblemente a las características edáficas de acidez y baja disponibilidad de nutrientes como el P.

En el estudio realizado por Carvalho *et al.*, (2014), donde se evaluaron seis cultivos de cobertura en un cultivo de maíz sobre la fertilidad del suelo, se encontró que *C. brasiliensis* fue una de las especies que mantuvo y aumento las reservas de N del suelo, resultado que puede compararse con este ensayo al mantener un valor alto. Con respecto a *C. macrocarpum*, aunque no se observó un cambio significativo sobre la disponibilidad de P en el suelo, Alegre *et al.*, 2003 citados por Puertas (2009) mencionan que esta especie responde a bajos niveles de P en el suelo y tiene otros medios de absorción o exploración de un mayor volumen del suelo mediante la asociación con hongos micorrícicos, así mismo tiene la capacidad de mejorar la disponibilidad de P para los cultivos en suelos ácidos convirtiendo este elemento en forma disponible.

### 3.5 PARÁMETROS BIOLÓGICOS

**3.5.1 Macrofauna (Metodología monolito).** De acuerdo con los resultados obtenidos en la muestra final se observó que los órdenes de mayor representación fueron Hymenoptera, coleoptera y Haplotaxida (Cuadro 14); siendo el orden Hymenoptera con mayor cantidad de individuos en los tratamientos T0, T2, T3 y T4. En T0, con referencia a los demás tratamientos fue el que menos número de individuos presentó con respecto a las órdenes representativas; sin embargo, fue en el único que se encontró un individuo del orden diplura. En T1, se observó la mayor cantidad de coleópteros. El T2 presentó una mayor concentración de individuos solo en tres órdenes. T3 se destacó por su mayor número de organismos del orden Haplotaxida. T4 fue el que representó la mayor cantidad de individuos del orden Hymenoptera y es el único que presentó individuos del orden Díptera y Orthoptera. Con respecto a los órdenes que más sobresalieron, se ha reportado que estos se caracterizan por desarrollarse en diferentes ambientes; además, en la literatura se describe un patrón general sobre la composición de la macrofauna en diversos ecosistemas tropicales relacionados con estos órdenes (Cabrera, 2019).

Cuadro 15. Composición taxonómica y abundancia de la macrofauna edáfica colectada por cada tratamiento por medio de monolito

	Phylum	Clase	Orden	M1	M2	M3	Total	
Muestra inicial	Annelida	Clitellata	Haplotaxida	16	2	8	26	
	Arthropoda	Chilopoda	Scolopendromorpha	0	1	0	1	
		Diplopoda	Polydesmida	3	2	0	5	
		Entognatha	collembola		3	0	1	4
			Diplura		0	1	1	2
Insecta	Hemíptero		2	15	0	17		

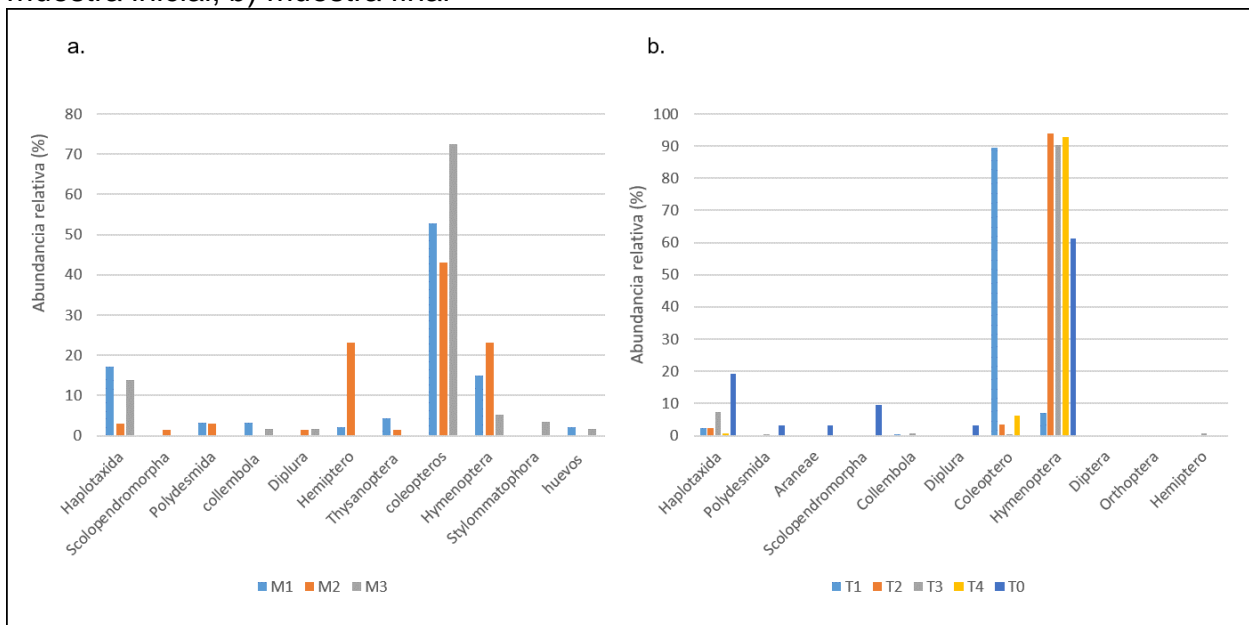
			Thysanoptera	4	1	0	5			
			Coleopteros	49	28	42	119			
			Hymenoptera	14	15	3	32			
	Mollusca	Gastropoda	Stylommatophora	0	0	2	2			
	Nematoda	Nematoda	huevos	2	0	1	3			
Muestra final				<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T0</b>		
	Annelida	Clitellata	Haplotaxida	12	13	18	16	6	65	
	Arthropoda	Diplopoda	Polydesmida	1	0	1	0	1	3	
		Arachnida	Aranea	1	0	0	0	1	2	
		Chilopoda	Scolopendromorpha	0	0	0	2	3	5	
		Entognatha	Collembola		2	0	2	0	0	4
			Diplura		0	0	0	0	1	1
	Insecta	Coleoptero		449	18	1	175	0	643	
		Hymenoptera		36	506	223	254	19	3329	
		Diptera		0	0	0	2	0	2	
		Orthoptera		0	0	0	2	0	2	
Hemíptera			1	1	2	0	0	4		

En el tratamiento T1 se observó baja presencia de Hymenoptera, posiblemente se relaciona a características propias de este orden que prefieren ambientes cálidos y esta leguminosa se caracterizó por presentar una mayor cobertura vegetal y, por tanto, un ambiente más húmedo (Lemus, 2013). Por su parte el orden coleoptera, se pudo beneficiar de la densidad de raíces generadas por la leguminosa, puesto que la fitomasa aérea y subterránea propicia micro espacios para la ovoposición, alimentación y hábitat de sus larvas (Lietti *et al.*, 2008). En T2, la baja presencia de órdenes se puede explicar por las condiciones de establecimiento de la especie, ya que esta requiere un mayor tiempo para lograr una cobertura edáfica, dejando expuesto el suelo a la radiación y precipitación directa. Según Zerbino (1997), la diversidad de las poblaciones existentes en sistemas de siembra directa o laboreo convencional es afectada por varios factores tales como, cobertura del suelo, cultivo anterior, el uso de fertilizantes, etc, que en muchos casos determina la composición de la fauna. En el tratamiento T3 se encontró mayor densidad poblacional del orden Hymenoptera, lo cual puede estar relacionado a la cantidad de material vegetal y hojarasca que aportó al suelo esta leguminosa. Kaspari y Yanoviak (2009) observaron una alta correlación entre el espesor de la hojarasca del suelo y la cantidad de hormigas, que aumentaron proporcionalmente con el incremento de hojarasca. Por otro lado, esta especie también reportó la mayor cantidad de individuos del orden Haplotaxida (lombrices), favorecido por las condiciones microclimáticas que esta especie generó en el suelo; los individuos de este orden tienden a prevalecer en ambientes edáficos húmedos, no compactados y con alto contenido de materia orgánica (Cabrera, 2012). El tratamiento T4 se caracterizó por presentar la mayor cantidad del orden Hymenoptera, debido posiblemente a particularidades propias de la especie; este orden muestra un comportamiento eusocial, y probablemente pudo colectarse una

colonia cerca a la trampa (Guerrero y Sarmiento, 2010). En el testigo (T0), la menor cantidad de organismos encontrados se explica por el tipo de vegetación presente, predominando especies de gramíneas. Según lo reportado por Rodríguez *et al.*, (2002), se presenta mayor abundancia y biomasa de macrofauna en un sistema asociado entre gramínea y leguminosa arbórea, debido a que esta última proporciona hojarasca de mejor calidad y un microambiente más favorable para la actividad edáfica.

Al comparar el muestreo inicial y el final. En el primero se encontraron 4 Phyla, 7 clases y 10 órdenes, en donde los órdenes de mayor representación fueron los Coleópteros (55%), Hymenoptera (15%), Haplotaxida (12%) y Hemíptero (8%), y en segundo se tuvieron 2 Phyla, 6 clases y 11 órdenes, siendo más representativos Hymenoptera (82%), coleóptero (15.84%) y Haplotaxida (2%). De forma general, los Hymenoptera y los coleópteros variaron su comportamiento dependiendo del muestreo y las características de cada orden, presentándose como insectos depredadores, excavadores y herbívoros en el primer orden, e insectos principalmente saprófagos en el segundo orden (Lopez y Ramón, 2010; Crespo, 2013). El orden Hymenoptera se caracteriza por tener una relación directa con la cobertura vegetal, de tal forma que al variar la estructura de la vegetación también cambiara la composición de especies de hormigas o su abundancia (Fuster, 2013); esto pudo explicar su incremento en el segundo muestreo, mostrando su mejor desarrollo con este tipo de coberturas. Por otra parte, los coleópteros son organismos que pueden vivir en cualquier ecosistema terrestre y presentan gran variedad de hábitos alimenticios (Morón, 2004), siendo también indicadores de acumulación de biomasa y materia orgánica; esto se evidencia por la presencia en los dos muestreos, aunque con una mayor densidad en el segundo, debido posiblemente al aporte de materia orgánica de las leguminosas en el suelo.

Figura 37. Abundancia relativa encontrada por cada tratamiento, método de monolito. a) muestra inicial, b) muestra final



Según la abundancia relativa en la muestra inicial (Figura 19a), los coleópteros se comportan como especies frecuentes (50-75%) y las demás unidades taxonómicas (Ut) se comportan como especies raras (<25%). Por su parte, en la muestra final (Figura 19b), donde las muestras se tomaron por cada tratamiento, los Hymenópteros son muy abundantes (>75%) en T2, T3 y T4 y en T0 especie frecuente; sin embargo, esto se pudo deber a la presencia de una colonia de hormigas; estas presentan comportamiento eusocial y esto introduce sesgos al estimar la abundancia relativa como número de organismos colectados ya que una colonia puede estar cerca de una trampa y ser colectada parcial o totalmente (Guerrero y Sarmiento, 2010). En T1, el orden coleoptero fue muy abundante y las demás especies se comportan como especies raras (<25%) en todos los tratamientos.

De acuerdo con el Cuadro 15 de diversidad taxonómica y porcentaje de individuos totales encontrados según la profundidad y tratamiento, se observa que T2 presenta la menor riqueza específica (4), atribuida a características de establecimiento y menor cobertura de la especie forrajera, generando condiciones de baja humedad y mayor exposición a la radiación solar, que afecta la persistencia de ciertos organismos que basan su alimentación en la superficie del suelo (Cabrera, 2012). Sin embargo, muestra una mayor proporción de individuos en el primer estrato (0-10 cm), constituido en mayor cantidad por hormigas (Hymenoptera), las cuales no son afectadas por la baja cobertura, al ser organismos termofílicos que sobresalen principalmente en ambientes cálidos (Fernández, 2003). T1 manifestó una mayor cantidad de individuos en el estrato (10-20 cm), predominando principalmente coleopteros, que se desarrollan en estas

profundidades según su estadio y se alimentan de materia orgánica y pequeñas raíces (King, 1996).

Cuadro 16. Diversidad taxonómica y distribución de los individuos totales por cada tratamiento y por profundidad

Tratamiento	Profundidad (cm)	Diversidad taxonómica (ut)		Total de individuos		
		Profundidad	Tratamiento	Profundidad	%	Tratamiento
T0 (Testigo)	0-10	2	6	22	70,97	31
	10-20	5		9	29,03	
T1 ( <i>Pueraria phaseoloides</i> )	0-10	7	7	70	13,94	502
	10-20	3		432	86,06	
T2 ( <i>Arachis pintoi</i> )	0-10	4	4	432	80,30	538
	10-20	2		106	19,70	
T3 ( <i>Canavalia brasiliensis</i> )	0-10	2	6	75	30,36	247
	10-20	6		172	69,64	
T4 ( <i>Centrosema macrocarpum</i> )	0-10	6	6	1097	40,01	2742
	10-20	5		1645	59,99	

**3.5.2 Metodología pitfall.** El Cuadro 16 muestra los resultados obtenidos de diversidad taxonómica por cada tratamiento (fase de producción), utilizando la metodología complementaria al método de monolito. En total se encontraron 3 phyla 6 clases y 14 órdenes, siendo más representativos: Hemiptera (30.78%), Orthoptera (22.2%), Diptera (13.84%) y Hymenoptera (13.47%). El testigo presentó abundancia de organismos en Hymenoptera (35.64%). T1 y T3 fueron los de mayor representación del orden Hemíptera en (55%) y (42.15%), respectivamente. T2 mostro abundancia de organismos del orden Orthoptera (25.45%). En T4, se encontró un individuo del orden Squamata y mayor cantidad de Orthoptera (40.78%) con respecto a los demás. Estos organismos se caracterizan por presentar mayor movilidad, tanto diurna como nocturna, por lo cual se capturan más fácil mediante las trampas de caída libre, siendo difíciles de capturar mediante los monolitos de suelo, que concentran su acción en aquellos organismos menos móviles, con mayor permanencia en el interior del suelo y con actividad diurna, fundamentalmente (Menéndez y Cabrera, 2014).

Cuadro 17. Composición taxonómica y abundancia de la macrofauna edáfica colectada por cada tratamiento con metodología pitfall

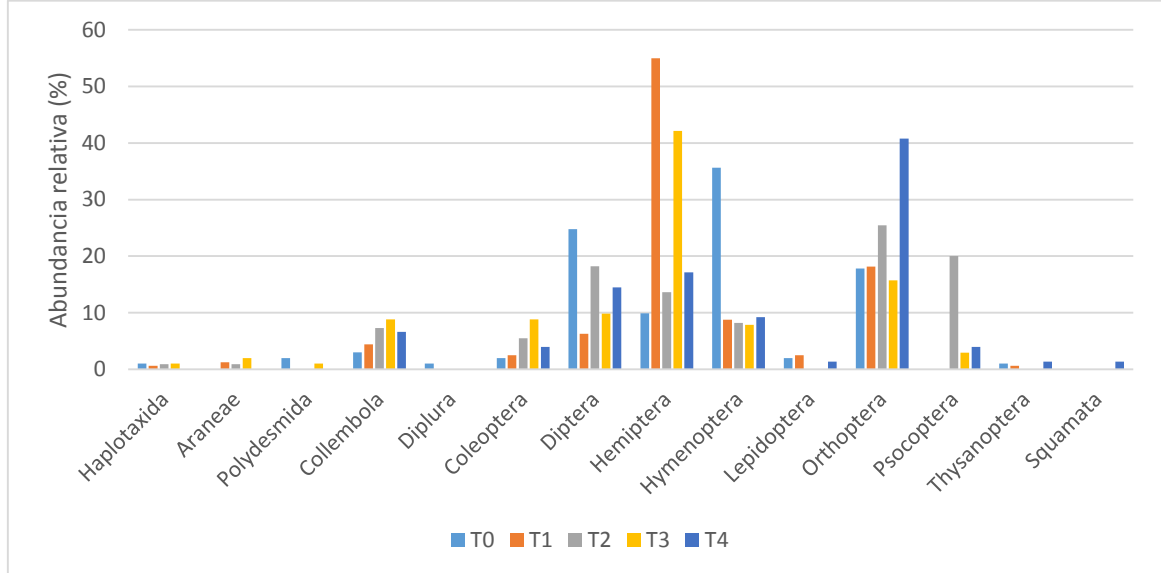
Phylum	Clase	Orden	T0	T1	T2	T3	T4	Total
Annelida	Clitellata	Haplotaxida	1	1	1	1	0	4
Arthropoda	Arachnida	Aranea	0	2	1	2	0	5



	Diplopoda	Polydesmida	2	0	0	1	0	3
	Entognatha	Collembola	3	7	8	9	5	32
		Diplura	1	0	0	0	0	1
	Insecta	Coleoptera	2	4	6	9	3	24
		Díptera	25	10	20	10	11	76
		Hemíptera	10	88	15	43	13	169
		Hymenoptera	36	14	9	8	7	74
		Lepidóptera	2	4	0	0	1	7
		Orthoptera	18	29	28	16	31	122
		Psocóptera	0	0	22	3	3	28
		Thysanoptera	1	1	0	0	1	3
Chordata		Sauropsida	Squamata	0	0	0	0	1
Total								549

En cuanto a abundancia relativa (Figura 20), los Hemíptera se comportan como especies muy frecuentes (50-75%) en T1, poco frecuentes (25-50%) en T3 y especies raras (<25%) en los demás tratamientos. Es un orden que presenta variedad de hábitos alimenticios, siendo mayormente fitófagos; sin embargo, pueden actuar como depredadores que viven en la vegetación, alimentándose de algunos organismos que encuentran en ella; estas leguminosas se caracterizaron por su mayor diversidad de fauna edáfica, que pudo favorecer su alimentación (Goula y Mata, 2015). Orthoptera y Hymenoptera se comportan como poco frecuentes en T4 y T0, y las demás unidades taxonómicas se presentan como especies raras en todos los tratamientos, siendo característico de estos dos órdenes al encontrarse en la mayoría de los hábitats terrestres, y sobresalir en ecosistemas tropicales (Escárraga y Guerrero, 2014; Bousquets *et al.*, 2004).

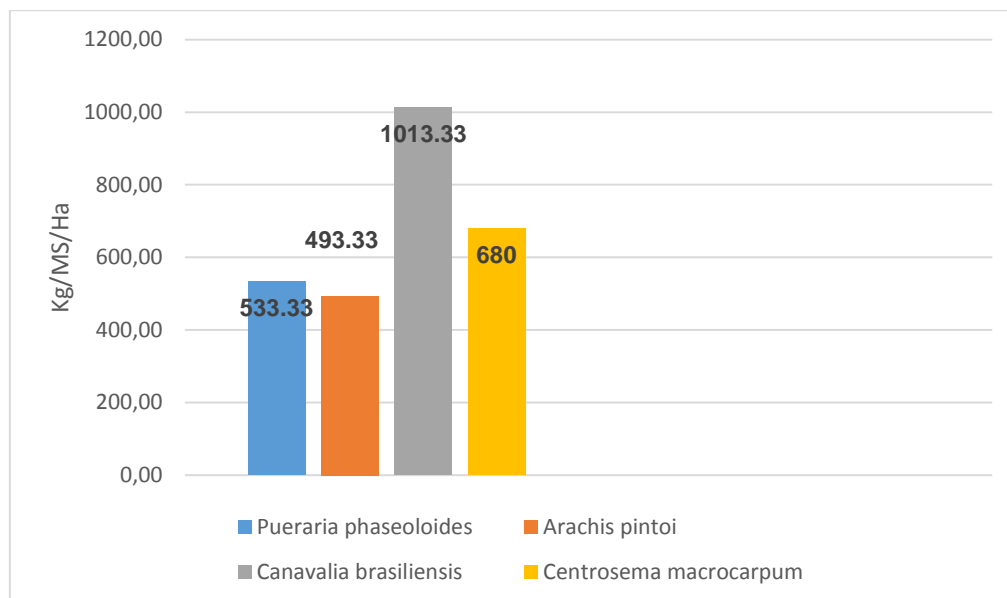
Figura 38. Abundancia relativa encontrada por cada tratamiento, metodología de pitfall



### 3.6 TASA DE PRODUCCIÓN Y DEGRADACIÓN DE HOJARASCA

**3.6.1 Producción de hojarasca.** Los valores máximos de producción de hojarasca fueron obtenidos por la especie *C. brasiliensis* con 1013.33 Kg/MS/Ha (Figura 39) atribuidos a su potencial forrajero, tamaño de sus hojas, hábito de crecimiento y adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas de la zona.

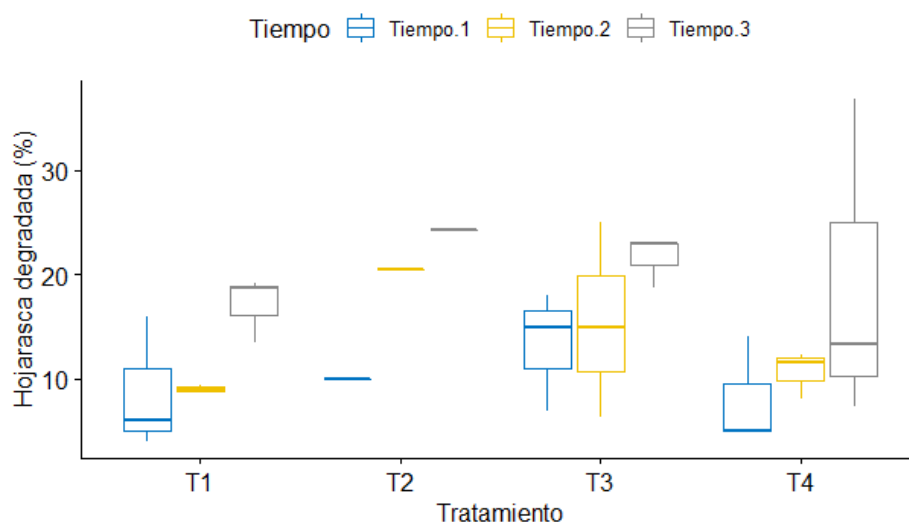
Figura 39. Producción de hojarasca Kg/MS /ha



Por su parte *C. macrocarpum* alcanzo 680 Kg/MS/ha Al ser una especie que abastece permanentemente de hojarasca al suelo al mostrar una buena adaptación a la zona de estudio; *P. phaseoloides* aporato 533.3 Kg/MS/ha, catalogándose como uno de los valores más bajos, pues su desarrollo foliar fue lento, lo cual hizo que su aporte de hojarasca al suelo fuera bajo, teniendo en cuenta que esta especie primero sufrió un proceso de adaptación el cual retardó su ciclo normal. *A. pintoii* presentó una producción baja de hojarasca con 493.3 Kg/MS/ha al ser una planta que se desarrolló lentamente; por ser sembrada por semilla, la generación de estolones se retardó, siendo lento el proceso de cobertura del suelo. Los resultados obtenidos difieren a lo anteriormente mencionado porque en general, cada especie presentó un pico de producción en tiempos diferentes, siendo así que *C. brasiliensis* y *C. macrocarpum* se desarrollaron bajo su ciclo fenológico normal y *P. phaseoloides* y *A. pintoii* presentaron un retraso en este, ya que fue necesario realizar resiembra y trasplante lo cual generó que la producción de hojarasca fuese menor en el momento en que se realizó el muestreo.

**3.6.2 Degradación de la hojarasca.** Luego del correspondiente análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas en los tratamientos durante los tres periodos de evaluación, como lo indica la Figura 40. De manera general, el proceso de degradación de la hojarasca se caracterizó por presentar una mayor pérdida de peso en la fase inicial en cada tratamiento; sin embargo, el porcentaje de material vegetal degradado fue aumentando a medida que transcurrió el tiempo.

Figura 40. Porcentaje de hojarasca degradada de los tratamientos en tres periodos de evaluación



De esta forma, los tratamientos *A. pintoii* y *C. brasiliensis* mostraron un mayor porcentaje de degradación a los 135 días con 24.26% y 21.54% respectivamente. En el primer tiempo (45 días), *C. brasiliensis* presentó el mayor porcentaje de degradación (13.33%), seguido por *A. pintoii* (9.02%) y *P. phaseoloides* (8.6%) y el menor lo presentó *C. macrocarpum* (8%). En el segundo tiempo (90 días), el comportamiento del proceso de degradación se mantuvo relativamente constante con *C. brasiliensis* y se incrementó en los demás tratamientos, siendo más significativo en *A. pintoii* (20.53%). En el tercer tiempo (135 días), todas las leguminosas incrementaron su porcentaje de degradación; sin embargo, *C. macrocarpum* demostró un lento cambio en su degradación.

La caída de la hojarasca al suelo es muy importante, ya que produce un mantillo orgánico sobre la superficie, el cual mediante su degradación por procesos biológicos, bioquímicos y factores ambientales tiene un efecto sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y, consecuentemente, mejora la calidad de su fertilidad y la productividad del ecosistema (Semwal *et al.*, 2003). Para Hättenschwiler *et al.* (2005), citado por Marmolejo (2013) el ambiente físico-químico, las características de la hojarasca y la composición de la comunidad de descomponedores son los principales elementos que controlan su degradación. El proceso de degradación es una primera etapa que está inmersa en un proceso de descomposición, y que a su vez está influenciado fuertemente por el clima y la concentración de los nutrientes solubles en agua y carbohidratos estructurales en hojarasca (Berg, 2000). De esta forma la degradación de la hojarasca en las cuatro especies estuvo caracterizada en primera instancia por su composición química y los factores externos. Las leguminosas forrajeras han sido sugeridas como una de las mejores alternativas para pastos en suelos mal drenados y pastos sometidos a pastoreo

excesivo ya que tienen tasas de descomposición más rápidas y una mayor liberación de nutrientes (Thomas, 1996). Las leguminosas presentan una relación C/N alta mayor a 25, forman una cobertura estable, que contribuye al incremento del contenido de materia orgánica y, por ende a mejorar la estructura del suelo y a protegerlo del efecto de la lluvia y la radiación solar; esta alta relación de C/N favorece además, el desarrollo del sistema radical, la formación de nódulos y la relación simbiótica entre la especie y bacterias nitrificantes (Crespo, 2015).

*C. brasiliensis* reporta una rápida descomposición de su follaje, en algunos casos cuando es utilizada como abono verde. Según el estudio realizado por Carvalho *et al.*, (2012) al evaluar los residuos de esta especie, se encontraron los más bajos niveles de lignina, resultando en una más rápida descomposición y ciclaje de nutrientes.

Por su parte, la especie *A. pintoii*, se ha destacado por ser una opción para mejorar los sistemas ganaderos y promover sistemas menos vulnerables, teniendo en cuenta su alta capacidad de fijación de nitrógeno, rápida degradación de su hojarasca, estímulo sobre la diversidad biológica del suelo y mejoría en el contenido de materia orgánica en este; su presencia permite la recuperación de suelos degradados con el transcurso de los años, lo que facilita su utilización como estrategia para mejorar la calidad de este recurso (Rojas, 2007 citado por Andrade *et al.*, 2016); en época lluviosa y seca ha reportado 47 y 150 días de vida media, respectivamente (Rincón, 1999). Esto se evidenció en el estudio, siendo una de las leguminosas que presentó el mayor porcentaje de degradación en el tiempo evaluado; aunque los resultados difieren según lo reportado debido a factores principalmente climáticos; en *P. phaseoloides*, en un estudio realizado en Cuba, se encontró que la hojarasca de esta especie se degrada completamente después de 210 días (Crespo *et al.*, 2001). Así mismo Rincón (1999), también reporta una vida media de la hojarasca de 115 y 218 días en época de lluvia y seca, respectivamente. De esta manera, se puede inferir que las bajas precipitaciones presentadas en las evaluaciones correspondientes influyeron para un proceso de degradación más lento.

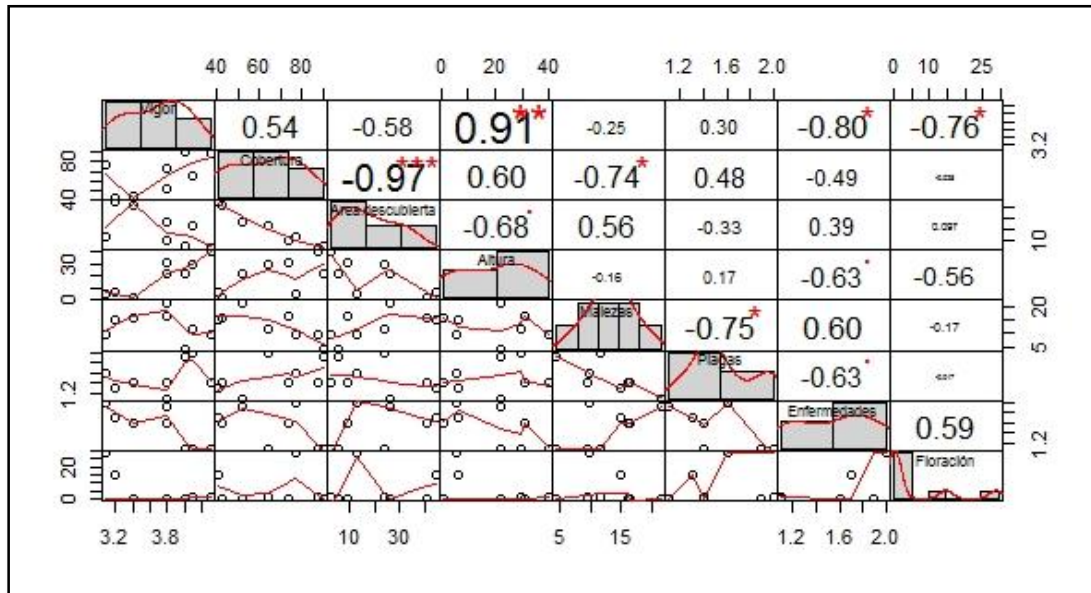
En Perú, Yurimaguas, se realizó un estudio en la contribución de carbono de la hojarasca en dieciséis sistemas de uso de tierra; se evaluó el grado de degradación y aporte de hojarasca al suelo en un sistema agroforestal multiestrato con un 97% de cobertura con *C. macrocarpum* y una asociación de palma aceitera con *Pueraria phaseoloides* presentando una cobertura del 65% (Castañeda, 2014). El sistema acompañado por *C. macrocarpum* dio lugar a los mejores resultados obteniendo una degradación del 35.45%, porcentaje que difiere a los resultados obtenidos en el presente estudio; teniendo en cuenta la antigüedad de establecimiento de las coberturas, se resalta que en la zona de evaluación del presente estudio la especie se encuentra en su primera fase vegetativa y la evaluada en la localidad mencionada tiene una edad de 3 años de establecido sobre el sistema agroforestal, que influye sobre el porcentaje de hojarasca aportado al suelo. Por su parte, *Pueraria phaseoloides* obtuvo una degradación de 57.1% debido a su aporte

de hojarasca en el tiempo, presentando la misma variación en los resultados. La acumulación se originó por la presencia de coberturas perennes, las cuales abastecieron permanentemente de hojarasca permitiendo una rápida disponibilidad de nutrientes y una fuerte defensa contra la erosión (Alegre *et al.*, 2001 citado por Castañeda, 2014).

### 3.7 CORRELACIÓN VARIABLES AGRONÓMICAS

En la Figura 41 aparece la matrix de correlacion de Pearson correspondiente a las variables de la evaluación agronómica analizadas en esta investigación. Se pudo identificar correlaciones negativas entre las variables vigor y área descubierta, cobertura y malezas, malezas y plagas, vigor y enfermedades, vigor y floración, y solo una positiva entre vigor y altura.

Figura 41. Correlación, variables agronómicas



Se destacan las correlaciones negativas entre las variables: cobertura y área descubierta (-0,97), pues al existir una buena adaptación de las especies se genera una mayor cobertura y disminuye el área descubierta; vigor y enfermedades (-0,80), ya que el vigor está representado en la adaptación y buen establecimiento de las especies, presentando características de resistencia a la incidencia de enfermedades; vigor y floración (-0,76), variables relacionadas con el estado fenológico de la planta y condiciones medioambientales, ya que en la fase vegetativa de las especies el vigor es predominante y cuando se presentan cambios de temperatura extremos como el verano, la planta expresa un estado de estrés donde se acelera su fase reproductiva para perpetuar la especie, disminuyendo su vigor; malezas y plagas (-0.75), debido a la presencia de

especies invasoras, las plagas tienen menor posibilidad de ataque a las leguminosas al presentarse en menor proporción y por tanto, la atracción de insectos plagas disminuye; y cobertura, malezas (-0,74), donde la cobertura del forrajes impidió la invasión de arvenses en el lote. Finalmente, las variables vigor y altura presentan una correlación altamente positiva (0,91) demostrando la adaptabilidad de las especies a las condiciones edafoclimáticas de la zona, ya que el vigor expresado influyó sobre su desarrollo.

#### 4. CONCLUSIONES

En las condiciones edafoclimáticas de la vereda las Guacas del municipio de Popayán, *Canavalia brasiliensis* presentó la mejor adaptación agronómica durante las dos fases del ensayo en las variables de cobertura, vigor, floración y producción de forraje, precedido de *Pueraria phaseoloides*. El contenido de proteína fue de 21.25% y 16.25%, respectivamente.

La mayor producción de hojarasca la obtuvo *Canavalia brasiliensis* con 1013.33 Kg/MS ha, seguido por *Centrosema macrocarpum* con 680 Kg/MS ha. Mientras *Arachis pintoi* y *Canavalia brasiliensis* fueron las especies que presentaron degradación de la hojarasca en menor tiempo y *Centrosema macrocarpum* necesito de un mayor periodo para este proceso. De acuerdo a las condiciones químicas del suelo, *Centrosema macrocarpum* fue la especie que presentó un cambio sobre el pH con respecto al testigo, influyendo sobre algunos parámetros evaluados como la CIC. Las otras especies muestran un cambio cuantitativo en las condiciones químicas, sin embargo, se encuentran dentro del mismo rango de clasificación en comparación al testigo.

La diversidad y abundancia de la macrofauna obtenida bajo los dos métodos de muestreo, determina que con el monolito predominaron los órdenes Hymenoptera, Coleoptera y Haplotaaxida, presentándose mayor diversidad taxonómica en *Pueraria phaseoloides*; por medio de trampas pitfall se capturaron organismos con mayor movilidad, siendo más representativos Hemiptera, Orthoptera, diptera y Hymenoptera.



## 5. RECOMENDACIONES

Después de realizar la evaluación agronómica de las cuatro leguminosas, se recomienda el establecimiento de las especies *Canavalia brasiliensis* y *Pueraria phaseoloides* como posibles alternativas forrajeras en la zona de estudio. Sin embargo, es importante tener en cuenta que *Canavalia brasiliensis* es una especie poco persistente en el tiempo si no se realiza un adecuado manejo agronómico.

Para el establecimiento de leguminosas es importante la incorporación de enmiendas y fertilizantes con base en el análisis de suelo inicial; garantizando la disponibilidad de nutrientes y así suplir los requerimientos de cada especie.

Se sugiere la realización de un estudio que determine cual especie presenta mejor comportamiento asociada con gramíneas, para ser implementada dentro de los sistemas productivos.

Dependiendo del objetivo de implementación de las especies *Canavalia brasiliensis* puede ser utilizada con fines productivos y *Pueraria phaseoloides* con *Arachis pintoi* pueden ser evaluadas como posibles mejoradoras de la calidad de suelo.

Después de conocer la especie que se adapta a las condiciones edafoclimáticas del municipio de Popayán, se sugiere que esta sea estudiada en un suelo que haya sido manejado productivamente para conocer su impacto sobre este.

Para conocer un mayor efecto sobre las propiedades químicas y biológicas del suelo se requiere de un periodo de estudio más prolongado.

## BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, J y NARANJO, E. Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Xalapa, Veracruz: Instituto de Ecología, A.C: 2003.

ANDERSON, J y INGRAM, J. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. 2 ed. CAB internacional. Wallingford, 1993.

ANDHRA, P. Revisión del genero *Pueraria*, Leguminosae. Wageningen, Netherlands: 1985.

ANDRADE, V., OROZCO, R., CÉSAR, J., BURGOS, V. y HERNÁNDEZ, S. Situación actual y perspectiva del multiuso de *Arachis pintoi* en agro- ecosistemas dedicados a la producción animal. Situación actual y perspectiva del multiuso de *Arachis pintoi* en agro-ecosistemas dedicados a la producción animal. Universidad Central " Martha Abreu de las Villas Santa Clara, Cuba ". Santa Clara, Cuba: 2016.

APONTE, M.; SAAVEDRA, A. y BURGOS, R. Propiedades de los suelos, Capítulo 4. Estudio general de suelos y planificación de tierras departamento de Nariño. Pasto, Nariño, Colombia: 2004.

ARÉVALO, S. Recuperación de la cobertura vegetal y propiedades ecológicas mediante la utilización de la especie herbácea *Centrosema macrocarpum* en los suelos de bosque seco tropical degradados en la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña. Colombia. Universidad Santo Tomás. Facultad de Química Ambiental. Bucaramanga, Colombia: 2017.

ARJEL, P. y VILLAREAL, M. Nuevo mani forrajero perenne. Cultivar Porvenir. Leguminosa herbacea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG), Centro Internacional de agricultura Tropical (CIAT). Boletín Técnico, 1998.

ARZOLA, A.; CASTILLO, E. y JARILLO, J. Establecimiento sin labranza de *Arachis pintoi* y *Pueraria phaseoloides* en pasturas nativas. En pasturas tropicales, 1993, vol. 19, no. 3, pág. 51-55.

AZURDIA, R. Reseña sobre el pasto kudzu tropical. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Departamento de producción animal. Turrialda, Costa Rica: 2000.

BERG, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. En: *Forests Ecology and Management*, 2000, vol. 133, no. 1-2, pág. 13-22.

BERTOLOTTO, M. y MARZETTI, M. Manejo de malezas problema. Cultivos de cobertura. Bases para su manejo en sistemas de producción. Rosario, Santa fe, Argentina: 2017.

BORROR, D.; y WHITE, R. A field guide to Insects AMERICA NORTH OF Mexico. The Peterson Field Guide Series. Boston, New York: 1970.

BOUSQUETS, J.; MORRONE, J.; ORDÓÑEZ, O. y VARGAS, I. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Facultad de Ciencias, Unam. Vol. IV. Mexico, 2004.

BUENO, J. Diplopodos: los desconocidos formadores de suelo. En: *Biodiversitas*, Boletín bimestral de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, 2012, vol. 102, pág. 1-5.

CABEZÁS, N. y SOLARTE, D. Evaluación agronómica de seis especies de leguminosas en la vereda el Tablón, municipio de Popayán. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia: 2011.

CABRERA, G. Evaluación de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto del uso y calidad del suelo en el occidente de Cuba. Universidad de Alicante. Instituto de Ecología y Sistemática. Cuba: 2019.

CABRERA, G. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. En: *Pastos y Forrajes*, 2012, vol. 35, no. 4, pág. 346–363.

CABRERA, G. Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. In *Impacto de la intensidad de uso de la tierra sobre la macrofauna del suelo en el Occidente de Cuba*. Habana, Cuba: 2014.

CABRERA, G.; ROBAINA, N. y PONCE DE LEÓN, D. Functional composition of soil macrofauna in four land uses of Artemisa and Mayabeque provinces, Cuba. En: Pastos y Forrajes, 2011, vol. 34, no 3, pág. 331-346.

CAJAS, M. Aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos para la producción de vermicompost a partir de lombricompostaje en la ciudad de Guayaquil. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador: 2012.

CANO, Z., CASTELLANOS, I.; FONTANA, P.; BUZZETTI, F. y PÉREZ, R. Ortopteroides de Oaxaca, México: Orthoptera, Mantodea y Phasmatodea. Universidad Autónoma de Mexico. Oaxaca, Mexico: 2012.

CARVAJAL, J. Digestibilidad In vitro prececal y cecal de plantas forrajeras tropicales para la nutrición en cerdos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia: 2010.

CARVALHO, A.; COELHO, M.; DANTAS, R.; FONSECA, O.; JÚNIOR, R. y FIGUEIREDO, C. Chemical composition of cover plants and its effect on maize yield in no-tillage systems in the Brazilian savanna. En: Crop and Pasture Science, 2012, vol. 63, pág. 1075–1081.

CARVALHO, A.; MARCHÃO, R.; SOUZA, K. y BUSTAMANTE, M. Soil fertility status, carbon and nitrogen stocks under cover crops and tillage regimes. En: Revista Ciencia Agronómica, 2014, vol. 45, no 5, pág. 914–921.

CASTAÑEDA, G. Contribución de carbono de la hojarasca en dieciseis sistemas de uso de tierra a lo largo de la carretera Tarapoto-Yurimaguas. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú: 2014.

CASTRO, E.; MOJICA, J.; CARULLA, J. y LASCANO, C. Evaluación de leguminosas como abono verde en cultivos forrajeros para ganaderías en el Caribe seco colombiano. En: Agronomía Mesoamericana, 2018, vol. 29, no.3, pág. 711-729.

CAZORLA, R. Adaptación y comportamiento agronómico de cuatro gramíneas y tres leguminosas forrajeras. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador: 2010.

CENIPLANT LAB: Diagnóstico en Nutrición de Cultivos [en línea]. Ingeplant, Ingeniería en nutrición de cultivos: 2021 [citado octubre, 2021]. Disponible en internet en: <https://ingeplant.com/servicios/ceniplant-lab/>.

CHANATÁSIG, C. Estudio comparativo de la macrofauna edáfica en huertos caseros y plantaciones monoespecíficas de cedro (*Cedrela odorata* L.) en Tikinmul, Campeche. Colegio de la Frontera Sur. Tikinmul, Campeche, Mexico: 2014.

CIAT y INTA. *Canavalia brasiliensis* [en línea] Tropical Forages, CIAT y INTA: 2011 [citado noviembre, 2020]. Disponible en internet: [https://www.tropicalforages.info/text/entities/canavalia\\_brasiliensis.htm](https://www.tropicalforages.info/text/entities/canavalia_brasiliensis.htm).

CIAT y INTA. *Pueraria* Cover Crop Fallow Systems: Benefits and Applicability [en línea]. Tropical Forages, CIAT: 2020 [citado enero, 2021]. Disponible en internet en: <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub58.ch7>.

CLEMENTE, Y. y VALDIVIA, L. Recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cicales) en la Selva Alta del Perú. En: Mosaico Cient, 2005, vol. 2, pág. 78-83.

CNULD. Cambio climático y degradación de las tierras: Acercar los conocimientos a las partes interesadas. En 3a Conferencia Científica de la CNULD. Cancún, Mexico, 2015. 34p.

CORRALES, K. Recuperación de cárcavas con agave (penco azul) para la protección biológica ambiental del Estadio Ceypsa, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi". Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador: 2013.

CRESPO, G. Funciones de los organismos del suelo en el ecosistema de pastizal. En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 2013, vol. 47, no. 4, pág. 329–334.

CRESPO, G. Factores que influyen en el reciclaje de nutrientes en pastizales permanentes, avances en el desarrollo de su modelación. En: Revista Cubana de Ciencias Agrarias, 2015, vol. 49, no. 1, pág. 1-10.

CRESPO, G.; ORTIZ, J.; PÉREZ, A. y FRAGA, S. Tasas de acumulación, descomposición y NPK liberados por la hojarasca de leguminosas perennes. En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 2001, vol. 35, no.1, pág. 39–44.

CURRY, J. y SCHMIDT, O. The feeding ecology of earthworms. En: Pedobiologia, 2007, vol. 50, no. 6, pág. 463–477.

DEL ÁGUILA, K. Efecto de *Pueraria phaseoloides* (kudzu) y dolomita en las propiedades físico - químicas del suelo en condiciones de Selva Alta. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingomaría, Perú: 2010.

DORAN, J. Defining soil quality for a sustainable environment. En: Geoderma, 1995, vol. 66, pág. 163–164.

ELOSEGUI, A.; SABATER, S. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Dinámica y relevancia de la materia orgánica. Bilbao, España: Valant, 2009, 437p.

ESCÁRRAGA, M. y GUERRERO, R. Hormigas. Un mundo de meñiques gigantes. En: InfoZOA, Boletín de zoología, 2014, vol. 4, pág. 1–16.

FAO. Suelos y Biodiversidad. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura, FAO. Roma, Italia: (2015a).

FAO. El suelo es un recurso no renovable. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura, FAO. Roma, Italia: (2015b).

FERNÁNDEZ, F. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. En: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2003, vol.19, pág. 398.

FRAGOSO, C y ROJAS, P. Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiclitellata) en México. En: Revista Mexicana de Biodiversidad, 2014, no. 351, pág. 197-207.

FUSTER, A. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae), indicadoras de perturbación en un

ecosistema forestal , en el Chaco Semiárido Argentino. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina, 2013.

GARCÍA, A. Control de malezas con tres leguminosas (*Centrosema macrocarpum*, *Vigna unguiculata* y *Cajanus cajan*) en una plantación forestal de Campo Verde – Pucallpa. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. Yarinacocha, Perú: 2014.

GARCÍA, Y.; RAMÍREZ, W. y SÁNCHEZ, S. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. En: Pastos y Forrajes, 2012, vol. 35, no. 2, pág. 125-138.

GHISOLFI, E. Contenidos de materia orgánica relación con la fertilidad del suelo en siembra directa. 1a. ed. Villamaría, Argentina: 2013.

GILLERMINA, H.; CABRERA, I.; RIVERO, A., MARTÍNEZ, L. y SÁNCHEZ, J. Indicadores edáficos después de la conversión de un pastizal a sistemas agroecológicos. En: Pastos y Forrajes, 2018, vol. 41, no. 1, pág. 3–12.

GODOY, V.; BARRERA, A.; QUINTANA, J.; AVELLANEDA, J.; VILLOTA, L.; CASANOVA, L.; PEÑA, M. y VIVAS, R. Evaluación fenológica y digestibilidad in vivo de la leguminosa forrajera (*arachis pinto*) en diferentes edades de corte. En: Ciencia y Tecnología, 2013, vol. 5, no. 2, pág.7–16.

GÓMEZ, D. Evaluación de la eficiencia de *A. pinto* en el mejoramiento de la calidad de suelos en un arreglo agroforestal sin manejo agronómico. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Acacias, Colombia: 2015.

GONZÁLEZ, R.; ANZÚLEZ, A.; VERA, A. y RIERA, L. Manual de pastos tropicales para la Amazonia ecuatoriana. Estación Experimental Napo Payamino, Programa de Ganadería Bovina y Pastos. Napo, Ecuador: 1997.

GONZÁLEZ, J. y CROW, M. Comportamiento agronómico y productivo de nueve leguminosas herbáceas forrajeras, en el municipio de Muy Muy, Matagalpa. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua: 2008.

GOULA, M. y MATA, L. Orden Hemiptera Suborden Heteroptera. En: Revista IDE@-SEA,

2015, no.53 , pág. 1–30.

GUARACHI, M.; ROJAS, T. y JOAQUÍN, A. Producción de Biomasa y Contenido Nutritivo de tres leguminosas durante la época seca. Facultad de Ciencias Veterinarias, UAGRM. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia: 2006.

GUERRA, E. Edafofauna como indicador de calidad en un suelo cumulic phaozem sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración. Institución de Enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, México: 2010.

GUERRERO, R. y SARMIENTO, C. Distribución altitudinal de hormigas (Hymenoptera, Formicidae) en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). En: Acta Zoológica Mexicana, 2010, vol. 26, no. 2, pág. 279–302.

HERBARIO NACIONAL DE MÉXICO (MEXU), P. *Canavalia brasiliensis* Mart. ex. Benth [en línea]. 2015a [citado noviembre, 2020] Disponible en internet en: <https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:1044407>

HERBARIO NACIONAL DE MÉXICO (MEXU), P. *Centrosema macrocarpum* Benth [en línea] 2015b. [citado noviembre, 2020] Disponible en internet en: <https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:534842>

HERNÁNDEZ, Y. Las coberturas vivas en sistemas de cultivos agrícolas. En: Temas de Ciencia y Tecnología, 2009, vol. 13, no. 38, pág. 7-16.

IGAC-IDEAM-MAVDT. Protocolo de Degradación de Suelos y Tierras por Erosión. Bogotá: Colombia, 2010. 225p.

JUÁREZ, L. Evaluación nutricional de leguminosas tropicales. México: 2003.

KARLEN, L.; MAUSBACH, M.; DORAN, J.; CLINE, R.; HARRIS, R. y SCHUMAN, G. Calidad del suelo: un concepto, definición y marco para la evaluación (una editorial invitada). En: Soil Science Society of America Journal, 1997, vol. 6, no. 1, pág. 4–10.



KASPARI, M. y YANOVIK, S. Biogeochemistry and the structure of tropical brown food webs. En: Ecology, 2009, vol. 90, no. 12, pág. 3342–3351.

KERRIDGE, P. Biología y agronomía de especies forrajeras de Arachis. Cali, Colombia: publicación CIAT no. 245, 1995. 227p.

KING, A. Biología, identificación y distribución de Phyllophaga spp de importancia económica en América Central. En: Memorias seminario taller sobre la biología y control de Phyllophaga spp. Turrialba, Costa Rica: 1996, pág. 50-61.

LAGUNES, S.; GUERRERO, J.; HERNÁNDEZ, J.; RAMÍREZ, J.; GARCÍA, D; y ALATORRE, A. Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de cuatro leguminosas herbáceas en la zona tropical de Hueytamalco, Puebla, México. En: Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 2019, vol. 10, no. 4, pág. 1042–1053.

LEDEZMA, A. Evaluación del potencial de producción de semillas de seis especies leguminosas forrajeras tropicales en el Valle del Patía, Colombia. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia: 2019.

LEMUS, J. Métodos de establecimiento de Kudzu (*Pueraria phaseoloides*, FMB) como cultivo de cobertura en el sistema de producción de palma de aceite (*Elaeis guineensis*, Jacq.); Sayaxche, Petén. Universidad Rafael Landívar. Coatepeque, Guatemala: 2013.

LEÓN, T. Relaciones agricultura – ambiente en la degradación de tierras en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales. 2010, pág. 1-15.

LIETTI, M.; GAMUNDI, J.; MONTERO, G.; MOLINARI, A. y BULACIO, V. Efecto de dos sistemas de labranza sobre la abundancia de artrópodos que habitan en el suelo. En: Ecología Austral, 2008, vol. 18, no 1, pág. 71–87.

LLAMOJA, V. Recuperación de suelo degradado mediante el establecimiento de cuatro especies de papilionaceae en el sector Supte San Jorge, Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo, María: Perú: 2014.

LOPÉZ, A. y VEGA, I. Cultivos de Cobertura para Sistemas de Cultivos perennes. Universidad Nacional Agraria. Guía Técnica No. 3. Managua: Nicaragua, 2004.

Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible (MADS). Política para la gestión sostenible del suelo. Bogotá, Colombia: 2016, 24p.

MARÍN, H.; CARDONA, M. y SUÁREZ, S. Multiplicación y establecimiento del maní forrajero en cafetales. Avances técnicos Cenicafé. Chinchina, Colombia: 1996.

MARÍN SERNA, G. Edafología 1. Espacio Gráfico Comunicaciones S.A. Caldas, Colombia: 2011, 170p.

MARMOLEJO, J.; CANTÚ, C. y GUTIÉRREZ, M. Degradación de la hojarasca en sitios con vegetación primaria y secundaria del matorral espinoso tamaulipeco. En: Revista mexicana de ciencias forestales, 2013, vol. 4, no. 17, pág. 175-181.

MARTÍNEZ, J. Caracterización química, física y biológica de suelos de La Granja Agroecológica Uniminuto Villavicencio. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Bogotá D.C: Colombia: 2016.

MARTÍNEZ, J.; CAÑAS, M.; RANGEL, J.; BLANCO, O.; MENDOZA, J. y COHEN, S. Coleoptera (viii) coleópteros coprófagos (scarabaeidae: scarabaeinae) en la reserva natural las Delicias (RND), Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), Colombia. En: Boletín Científico, 2010, vol. 14, no. 2, pág. 187–200.

MCKEAN, S. Manual de Análisis de Suelos y Tejido Vegetal (Manual de Laboratorio). Documento de trabajo no. 129. CIAT. 1993, 97p.

MENÉNDEZ, Y. y CABRERA, G. La macrofauna de la hojarasca en dos sistemas con diferente uso de la tierra y actividad ganadera en Cuba. En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 2014, vol. 48 no. 2, pág. 181- 188.

MICROFERTISA. Manual técnico de fertilización de cultivos. Bogotá: 2011. 160p.

MOJICA, J.; CASTRO, E.; CARULLA, J. y LASCANO, C. Efecto de la especie y la edad de rebrote en el perfil de ácidos grasos de leguminosas y arbustivas tropicales. En: Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 2017, vol. 18, no. 3, pág. 463–477.

MORA, J.; PARRA, S. y ESCOBAR, N. Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos. Sello Editorial Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia: 2019, 120p.

MORERIRA, F. Manual de biología de suelos tropicales. México, D. F: Instituto Nacional de Ecología, 2012. 337p.

MORÓN, M. Escarabajos, 200 millones de años de evolución. En: Acta Zoológica Mexicana, 2004, vol. 21, no. 3, pág. 161-162.

NAVARRO, G. Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para el crecimiento vegetal. Segunda edición. Madrid, España: Mundi-Prensa, 2003. 478p.

OLIVERA, Y.; MACHADO, R.; RAMÍREZ, J. y CEPERO, B. Evaluación de una colección de *Centrosema* spp en un suelo ácido. En: Pastos y Forrajes, 2005, vol. 28, no. 2, pág. 99-106.

OTINIANO, A. y FLORIANO, L. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. Chile: IDESIA, 2006, 49-61p.

PETERS, M.; FRANCO, H.; SCHMIDT, A. y HINCAPIÉ, B. Especies Forrajeras Multipropósito. Opción para Productores del Trópico Americano. En: Publicaciones CIAT, 2011, vol. 189. Cali, Colombia: 2011.

PETERS, M.; MASS, B.; CÁRDENAS, E. y FRANCO, H. Evaluación de germoplasma nuevo de *Arachis pinto* en Colombia. En: Pasturas Tropicales, 1999, vol. 22, no. 2, pág. 2-28.

PEZO, D. Los Pastos Mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al cambio climático. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2018. 58p.

POZO, A.; ALVARADO, A.; CARRERA, B. y PILALOA, W. Evaluación de distintas densidades de siembra de kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*) como alternativa de cobertura vegetal en plantaciones de cacao en la zona agrícola del cantón El Triunfo,

provincia del Guayas. Universidad Agraria del Ecuador. El Triunfo, Ecuador: 2016.

PUERTAS, F.; ARÉVALO, E.; ZÚÑIGA, L.; ALEGRE, J.; LOLI, O.; SOPLIN, H. y BALIGAR, V. Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la amazonía peruana. En: *Ecología Aplicada*, 2008, vol. 7, no. 1-2, pág. 23-28.

PUERTAS, F. Índices de calidad del suelo y parámetros de crecimiento de cultivos de cobertura en una plantación de cacao (*Theobroma cacao*.L.). Universidad Agraria de Molina. Lima, Perú: 2009.

PULGAR, G. Uso de tres especies de leguminosas *Centrosema macrocarpum* Benth, *Mucuna puriens* L., *Pueraria phaseoloides* para la recuperación de pasturas degradadas en el Distrito de José Crespo y Castillo - Aucayacu. Universidad Nacional Agraria de La Selva. Tingo Maria, Perú: 2013.

QUILAGUY, C. Estudio de hemipteros (insecta: hemiptera) presentes en la reserva natural las Palmeras, Cubarral, Meta. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C, Colombia: 2018.

QUIÑONEZ, J. y CAMAYO, U. Respuesta agronómica de ocho accesiones de *Canavalia brasiliensis* en cinco ambientes del Valle Geográfico del Patía. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia: 2011.

RAMÓN, F. y LÓPEZ, R. El mundo feliz de las hormigas. En: *Revista Especializada en Ciencias Químico Biológicas*, 2010, vol. 13, no. 1, pág. 35–48.

RINCÓN, A. Maní forrajero (*Arachis pintoi*), la leguminosa para sistemas sostenibles de producción agropecuaria. En: *Corpoica*, 1999, vol. 3, no. 24, pág. 1-8.

RINCÓN, A. y ORDUZ, J. Usos alternativos de *Arachis pintoi*: Ecotipos promisorios como cobertura de suelos en el cultivo de cítricos. En: *Pasturas Tropicales*, 2004, vol. 6, no. 2, pág. 1-8.

RODRÍGUEZ, I.; CRESPO, G.; RODRÍGUEZ, C.; CASTILLO, E. y FRAGA, S. Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas naturales puras

o intercaladas con leucaena para la ceba de toros. En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 2002, vol. 36, no. 2, pág. 181-186.

ROSALES, F.; POCASANGRE, L.; TREJOS, J.; SERRANO, E. y PEÑA, W. Guía para el diagnóstico de la calidad y la salud de suelos bananeros. Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO). Santa Catarina, Brasil: 2008.

RUÍZ, E. y MOLINA, D. Revisión de literatura sobre beneficios asociados al uso de coberturas leguminosas en palma de aceite y otros cultivos permanentes. En: Revista Cubana de Ciencias Agrarias, 2014, vol. 35, no. 1, pág. 53-64.

SADEGHIAN, S. La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café. En: Cenicafé, 2016, vol. 5, no. 1, pág. 1-12.

SÁNCHEZ, S. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* Jacq. y en un sistema silvopastoril de *P. maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Instituto de Ciencia Animal, departamento de pastos y forrajes. Estación experimental de pastos y forrajes "Indio Hatuey". La Habana, Cuba: 2007.

SÁNCHEZ, S.; CRESPO, G.; HERNÁNDEZ, M. y GARCÍA, Y. Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. En: Revistas Científicas de America Latina, 2008, vol. 31, no. 2, pág. 99-118.

SÁNCHEZ, B.; RUIZ, M. y RÍOS, M. Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. En: Agronomía Tropical, 2005, vol. 56, no.4, pág. 507-534.

SELA, G. Fertilización y riego, teoría y mejores prácticas. Rehovot, Israel: 2020.

SEMWAL, R.; MAIKHURI, R.; RAO, K.; SEN, K. y SAXENA, K. Leaf litter decomposition and nutrient release patterns of six multipurpose tree species of central Himalaya, India. En: Biomass and Bioenergy, 2003, vol. 24, no. 1, pág. 3-11.

SENTÍS, I. Problemas de degradación de suelos en el mundo: causas y consecuencias. En: Congreso Ecuatoriano de La Ciencia del Suelo, 2006, p. 1-9.

SIERRA, J. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Universidad de Antioquia. Medellin, Colombia: 2005.

SOARES, M. y FERREIRA, J. Adaptación , productividad y persistencia de *Arachis pintoi* sometida a diferentes niveles de sombreado. En: ResearchGate, 1999, vol. 28, no. 3, pág. 439-445.

SOCARRÁS, A. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo Soil mesofauna: biological indicator of soil quality. En: Pastos y Forrajes, 2013, vol. 36, no.1, pág. 5-13.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. Ciencia del suelo: principios básico. 2ª. ed. Hernán Burbano O. y Francisco Silva M. Eds. Bogota D.C: 2013.

SOLÍS, R.; PEZO, M.; AREVALO, L.; LAO, C., ALEGRE, J. y PEREZ, K. Evaluación de especies leguminosas como cultivos de cobertura asociados con *sacha inchi*. En: Research Article, 2019, vol. 49, pág. 1-8.

SOMEX EFICIENCIA. Alimentación. Nutrientes del pasto [en línea] Bogotá, 2009. 5.p. [Citado marzo, 2021]. Disponible en internet en: [http://www.somexnutricion.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=214&Itemid=174&limitstart=1](http://www.somexnutricion.com/index.php?option=com_content&view=article&id=214&Itemid=174&limitstart=1)

SOSA, E.; ALEJOS DE LA FUENTE, J.; MARTÍNEZ, A.; GONZÁLEZ , F.; ENRÍQUEZ, J. y TORRES, M. Composición química y digestibilidad de cuatro leguminosas tropicales mexicanas. En: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2020, vol. 24, pág. 211–220.

SOTELO, A.; CONTRERAS, C.; NORABUENA, E. y CASTAÑEDA, R. Digestibilidad y energía digestible de cinco leguminosas forrajeras tropicales. En: Rev Soc Quím Perú, 2016, vol. 82, no.3, pág. 306-314.

STEBNICKA. Aphodiinae (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae). En: Fauna of New Zealand, 2001, vol. 42, pág. 42-64.

TAPIA, S.; TEIXEIRA, A.; VELÁSQUEZ, E. y WALDEZ, F. Macroinvertebrados del suelo y sus aportes a los servicios ecosistémicos, una visión de su importancia y

comportamiento. En: Revista Colombiana de Ciencia Animal- RECIA, 2016, vol. 8, pág. 160-167.

TOLEDO, J. Manual práctico para la evaluación agronómica. Red internacional de evaluación de pastos tropicales. Cali, Colombia: 1982.

TORRES, C. y ARCOS, O. Respuesta agronómica de diez accesiones de leguminosas multipropósito en los municipios de Rosas y la Sierra en el departamento del Cauca. Universidad del Cauca. Popayán: 2011.

VIVAS, N. Caupí (*Vigna unguiculata*) y Canavalia (*Canavalia brasiliensis*) como materias primas no convencionales en alimentación de pollos de engorde. Tesis Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia: 2014.

WIKIMEDIA COMMONS. Mapa del municipio de Popayán, Cauca (Colombia) [en línea] 2016. [Citado septiembre, 2021]. Disponible en internet en: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia\\_-\\_Cauca\\_-\\_Popay%C3%A1n.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_-_Cauca_-_Popay%C3%A1n.svg).

WILSON, M. Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. Argentina: INTA, 2017. 151p

ZENAIDA, P.; MOGOLLÓN, Á.; HERNÁNDEZ, R. M.; BRAVO, C.; OJEDA, A.; TORRES, A.; RIVERO, C. y TORO, M. Cambios en las propiedades químicas de un suelo de sabana luego de la introducción de pasturas mejoradas. En: Bioagro, 2010, vol. 22, no.2, pág. 135–144.

ZERBINO, M. Relevamiento de insectos en siembra directa. Jornada Nacional de Siembra Directa. Mercedez, Uruguay, 1997.

## ANEXOS

### ANEXO A. Resultados de análisis de suelo por tratamiento





## RESULTADO ANÁLISIS

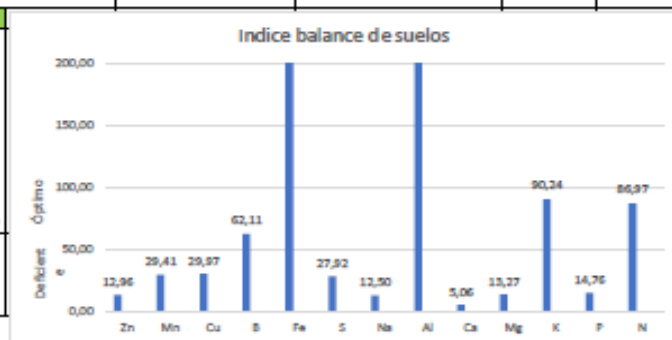
( SUELOS, FOLIARES Y AGUAS )

Código:
Versión:
Fecha de emisión:
Elaboró:
Aprobó:

FECHA DE RECEPCIÓN	8 de marzo de 2021	FECHA DE ENTREGA	Marzo 29 de 2021	NÚMERO DE LABORATORIO
NOMBRE DEL CLIENTE	Paola Figueroa			SI 128
MUNICIPIO	Popayan	DEPARTAMENTO	Cauca	
FINCA	Las Guacas	ASESOR EN NUTRICIÓN	William Malgual	
CULTIVO	Pueraria phaseoloides		LOTE	1

ANÁLISIS REALIZADO	RESULTADO HALLADO	UNIDADES	MÉTODO	RANGO ADECUADO	Kg/ha	
					SUELO	EXTRACCIÓN
TEXTURA	Franco Arenoso 60-28-12	% Arena - % Arcilla - % Limo	Bouyoucos	-	-	-
PH RELACION 1:1	4,30	Unidades de pH	NTC 5264	-	-	-
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 1:1	0,09	dS/m	NTC 5596	-	-	-
ACIDEZ INTERCAMBIABLE	1,70	meq/100g suelo	NTC 5263	-	-	-
ALUMINO INTERCAMBIABLE	1,16	meq/100g suelo	NTC 5403	0,10	1,00	-
MATERIA ORGÁNICA	6,52	%	NTC 5403	-	-	-
NITRÓGENO TOTAL (N)	0,33	%	No Aplica	0,25	0,50	65,23
FOSFORO (P)	3,69	ppm	NTC 5350	20,00	30,00	7,38
POTASIO (K)	0,41	meq/100g suelo	NTC 5349	0,30	0,60	316,73
SODIO (Na)	0,07	meq/100g suelo	NTC 5349	0,10	1,00	-
MAGNESIO (Mg)	0,20	meq/100g suelo	NTC 5349	1,20	1,80	47,78
CALCIO (Ca)	0,23	meq/100g suelo	NTC 5349	3,00	6,00	91,10
AZUFRE (S)	3,49	ppm	NTC 5402	10,00	15,00	6,98
BORO (B)	0,28	ppm	NTC 5404	0,30	0,60	0,56
HERRO (Fe)	109,31	ppm	NTC 5526	20,00	50,00	218,62
COBRE (Cu)	0,90	ppm	NTC 5526	2,00	4,00	1,80
MANGANISO (Mn)	3,68	ppm	NTC 5526	10,00	15,00	7,35
ZINC (Zn)	0,58	ppm	NTC 5526	3,00	6,00	1,17
Clor (meq/100g)	2,60					

RELACIONES CATIONICAS	VALOR	NIVEL ADECUADO
Ca/Mg	1,14	3,00 - 6,00
Ca/K	0,56	15,00 - 30,00
Mg/K	0,49	10,00 - 15,00
(Ca+Mg)/K	1,05	20,00 - 40,00
% Sat. De Na	2,64	5,00 - 15,00
% Sat. De K	15,63	5,00 - 7,00
% Sat. De Ca	8,76	50,00 - 70,00
% Sat. De Mg	7,66	15,00 - 25,00
% Sat. De Bases	34,69	35,00 - 50,00
% Sat. De Aluminio	44,65	200,00



Estimado Cliente:


- A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con sesenta (60) días calendario para realizar alguna observación al respecto, si pasado este periodo de tiempo no se recibe ninguna información, el LABORATORIO CENPLANT LAB, asume la conformidad con los resultados del análisis.
- Las muestras de retención serán almacenadas en las instalaciones del LABORATORIO CENPLANT LAB, de acuerdo al siguiente programa logístico: Fertilizante (dos años), Coadyudante (dos años), Suelos (60 días), Foliar (60 días) y Aguas (8 días). Pasado este periodo de tiempo las muestras serán destruidas.
- Los resultados que se presentan en este documento corresponden a resultados veraces y trazables de los cuales el LABORATORIO CENPLANT LAB respalda, enmarcados a través de un acuerdo de confidencialidad de la información.
- El LABORATORIO CENPLANT LAB realiza únicamente los análisis solicitados por el cliente, en las condiciones descritas por la ORDEN DE SERVICIO asignada a cada muestra, previa evaluación y aprobación por Dirección Técnica.
- El LABORATORIO CENPLANT LAB establece un promedio de entrega máximo de resultados de 10 días hábiles, sin que esta condición sea una limitante para entregas anticipadas, avances y demás condiciones adicionales ó de reprogramación acordadas con el cliente.

Elaborado Por:

**OLGA LUCIA RETAVISCA**  
 Analista Química  
 T.P. 883 C.P.Q.

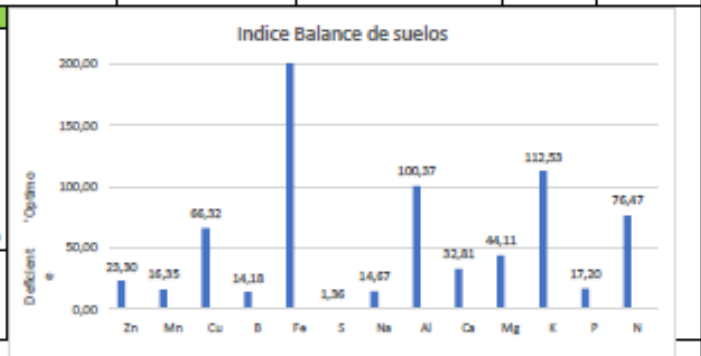


Oficinas y Planta: Transversal 4 # 13 A - 137 Mosquera - Cundinamarca • Celular: 3144754754  
 Colombia-Sur América • Web: www.ingepplant.com.co • E-mail: ingepplant@ingepplant.com

	<b>RESULTADO ANÁLISIS</b>			Código:
	( SUELOS, FOLIARES Y AGUAS )			Verión:
				Fecha de emisión:
				Elaboró:
				Aprobó:
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	8 de marzo de 2021	<b>FECHA DE ENTREGA</b>	Marzo 29 de 2021	<b>NÚMERO DE LABORATORIO</b>
<b>NOMBRE DEL CLIENTE</b>	Paola Figueroa			<b>SI 129</b>
<b>MUNICIPIO</b>	Popayan	<b>DEPARTAMENTO</b>		Cauca
<b>FINCA</b>	Las Guacas	<b>ASESOR EN NUTRICIÓN</b>	William Malgual	
<b>CULTIVO</b>	Arachis Pintoí	<b>LOTE</b>	2	

ANÁLISIS REALIZADO	RESULTADO HALLADO	UNIDADES	MÉTODO	RANGO ADECUADO		Kg/ha	
						SUELO	EXTRACCIÓN
TEXTURA	Franco Arenoso 68-20-12	%Arena-%Arcilla-%Limo	Boyayucos	-			
PH RELACION 1:1	5,10	Unidades de pH	NTC 5264	-			
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 1:1	0,20	dS/m	NTC 5596	-			
ACIDIZ INTERCAMBIABLE	0,76	meq/100g suelo	NTC 5263	-			
ALUMINO INTERCAMBIABLE	0,55	meq/100g suelo	NTC 5263	0,10	1,00		
MATERIA ORGANICA	5,74	%	NTC 5403				
NITROGENO TOTAL (N)	0,29	%	No Aplica	0,25	0,50	57,35	
FOSFORO (P)	4,30	ppm	NTC 5350	20,00	30,00	8,60	
POTASIO (K)	0,51	meq/100g suelo	NTC 5349	0,30	0,60	394,98	
SODIO (Na)	0,08	meq/100g suelo	NTC 5349	0,10	1,00		
MAGNESIO (Mg)	0,66	meq/100g suelo	NTC 5349	1,20	1,80	158,80	
CALCIO (Ca)	1,48	meq/100g suelo	NTC 5349	3,00	6,00	590,56	
AZUFRE (S)	0,17	ppm	NTC 5402	10,00	15,00	0,34	
BORO (B)	0,06	ppm	NTC 5404	0,30	0,60	0,13	
HERRO (Fe)	101,65	ppm	NTC 5526	20,00	50,00	203,29	
COBRE (Cu)	1,99	ppm	NTC 5526	2,00	4,00	3,98	
MANGANESO (Mn)	2,04	ppm	NTC 5526	10,00	15,00	4,09	
ZINC (Zn)	1,05	ppm	NTC 5526	3,00	6,00	2,10	
CICE (meq/100g)	3,48						

RELACIONES CATIONICAS	VALOR	NIVEL ADECUADO	
Ca/Mg	2,23	3,00	6,00
Ca/K	2,92	15,00	30,00
Mg/K	1,31	10,00	15,00
(Ca+Mg)/K	4,22	20,00	40,00
% Sat. De Na	2,32	5,00	15,00
% Sat. De K	14,54	5,00	7,00
% Sat. De Ca	42,40	50,00	70,00
% Sat. De Mg	19,00	15,00	25,00
% Sat. De Bases	78,26	35,00	50,00
% Sat. De Aluminio	15,85		200,00



Estimado Cliente:

- A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con sesenta (60) días calendario para realizar alguna observación al respecto, si pasado este periodo de tiempo no se recibe ninguna información, el LABORATORIO CENPLANT LAB, asume la conformidad con los resultados del análisis.
- Las muestras de retención serán almacenadas en las instalaciones del LABORATORIO CENPLANT LAB, de acuerdo al siguiente programa logístico: Fertilizante (dos años), Coadyudante (dos años), Suelos (60 días), Foliares (60 días) y Aguas (8 días). Pasado este periodo de tiempo las muestras serán destruidas.
- Los resultados que se presentan en este documento corresponden a resultados veraces y trazables de los cuales el LABORATORIO CENPLANT LAB respalda, enmarcados a través de un acuerdo de confidencialidad de la información.
- El LABORATORIO CENPLANT LAB realiza únicamente los análisis solicitados por el cliente, en las condiciones descritas por la ORDEN DE SERVICIO asignada a cada muestra, previa evaluación y aprobación por Dirección Técnica.
- El LABORATORIO CENPLANT LAB establece un promedio de entrega máximo de resultados de 10 días hábiles, sin que esta condición sea una limitante para entregas anticipadas, avances y demás condiciones adicionales ó de reprogramación acordadas con el cliente.


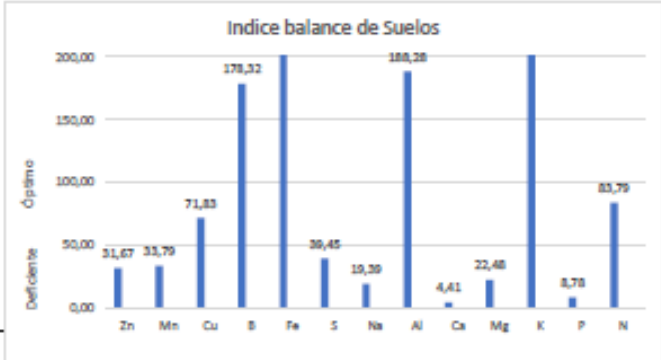
Elaborado Por:



**OLGA LUCIA RETAVISCA**  
 Analista Químico  
 T.P. 883 C.P.Q.



Oficinas y Planta: Transversal 4 # 13 A - 137 Mosquera - Cundinamarca • Celular: 3144754754  
 Colombia - Sur América • Web: www.ingepplant.com.co • E-mail: ingepplant@ingepplant.com

	<b>RESULTADO ANÁLISIS</b>			Código:		
	(SUELOS, FOLIARES Y AGUAS)			Versión:		
				Fecha de emisión:		
				Elaboró:		
				Aprobó:		
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	8 de marzo de 2021	<b>FECHA DE ENTREGA</b>	Marzo 29 de 2021	<b>NÚMERO DE LABORATORIO</b>		
<b>NOMBRE DEL CLIENTE</b>	Paola Figueroa			<b>SI 130</b>		
<b>MUNICIPIO</b>	Popayan	<b>DEPARTAMENTO</b>		Cauca		
<b>FINCA</b>	Las Guacas	<b>ASESOR EN NUTRICIÓN</b>		William Malgual		
<b>CULTIVO</b>	Pastura Natural	<b>LOTE</b>		5		
ANÁLISIS REALIZADO	RESULTADO HALLADO	UNIDADES	MÉTODO	RANGO ADECUADO	Kg/ha	
					SUELO	EXTRACCIÓN
TEXTURA	Franco Arenoso 68-22-10	% Arena - % Arcilla - % Limo	Bouyoucos	-	-	-
PH RELACION 1:1	4,60	Unidades de pH	NTC 5264	-	-	-
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 1:1	0,13	dS/m	NTC 5596	-	-	-
ACIDEZ INTERCAMBIABLE	1,44	meq/100g suelo	NTC 5263	-	-	-
ALUMINO INTERCAMBIABLE	0,94	meq/100g suelo	NTC 5263	0,00	1,00	-
MATERIA ORGÁNICA	6,28	%	NTC 5403	-	-	-
NITRÓGENO TOTAL (N)	0,31	%	No Aplica	0,25	0,50	62,84
FOSFORO (P)	1,98	ppm	NTC 5350	15,00	30,00	3,95
POTASIO (K)	0,52	meq/100g suelo	NTC 5349	0,15	0,30	403,56
SODIO (Na)	0,10	meq/100g suelo	NTC 5349	0,00	1,00	-
MAGNESIO (Mg)	0,45	meq/100g suelo	NTC 5349	1,50	2,50	107,93
CALCIO (Ca)	0,20	meq/100g suelo	NTC 5349	3,00	6,00	79,32
AZUFRE (S)	5,92	ppm	NTC 5402	10,00	20,00	11,84
BORO (B)	0,53	ppm	NTC 5404	0,10	0,50	1,07
HERRO (Fe)	149,17	ppm	NTC 5526	50,00	70,00	298,35
COBRE (Cu)	1,44	ppm	NTC 5526	1,50	2,50	2,87
MANGANESO (Mn)	2,53	ppm	NTC 5526	5,00	10,00	5,07
ZINC (Zn)	0,79	ppm	NTC 5526	2,00	3,00	1,58
CLC (meq/100g)	2,70					
RELACIONES CATIONICAS	VALOR	NIVEL ADECUADO				
Ca/Mg	0,44	3,00				
Ca/K	0,38	15,00				
Mg/K	0,87	10,00				
(Ca+Mg)/K	1,25	20,00				
% Sat. De Na	3,59	5,00				
% Sat. De K	19,16	5,00				
% Sat. De Ca	7,34	50,00				
% Sat. De Mg	16,65	15,00				
% Sat. De Bases	46,74	35,00				
% Sat. De Aluminio	34,86	200,00				
Estimado Cliente:						
<p>1. A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con sesenta (60) días calendario para realizar alguna observación al respecto, si pasado este periodo de tiempo no se recibe ninguna información, el LABORATORIO CENPLANT LAB, asume la conformidad con los resultados del análisis.</p> <p>2. Las muestras de retención serán almacenadas en las instalaciones del LABORATORIO CENPLANT LAB, de acuerdo al siguiente programa logístico: Fertilizante (dos años), Coadyuvante (dos años), Suelos (60 días), Foliare (60 días) y Aguas (8 días). Pasado este periodo de tiempo las muestras serán destruidas.</p> <p>3. Los resultados que se presentan en este documento corresponden a resultados veraces y trazables de los cuales el LABORATORIO CENPLANT LAB respalda, enmarcados a través de un acuerdo de confidencialidad de la información.</p> <p>4. El LABORATORIO CENPLANT LAB realiza únicamente los análisis solicitados por el cliente, en las condiciones descritas por la ORDEN DE SERVICIO asignada a cada muestra, previa evaluación y aprobación por Dirección Técnica.</p> <p>5. El LABORATORIO CENPLANT LAB establece un promedio de entrega máximo de resultados de 10 días hábiles, sin que esta condición sea una limitante para entregas anticipadas, avanos y demás condiciones adicionales ó de reproducción acordadas con el cliente.</p>						


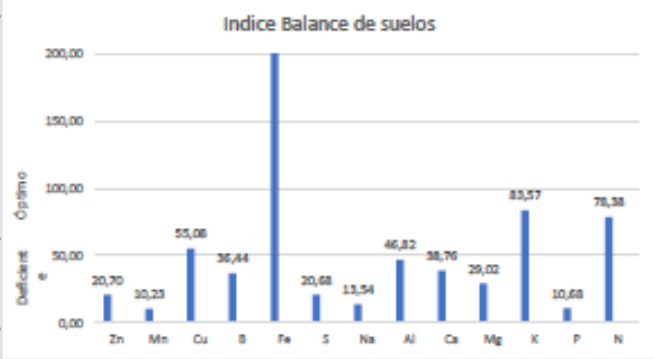
Elaborado Por:



**OLGA LUCIA RETAVIBCA**  
**Análisis Químico**  
**T.P. 383 C.P.Q.**



Oficinas y Planta: Transversal 4 # 13 A - 137 Mosquera - Cundinamarca • Celular: 3144758754  
 Colombia-Sur América • Web: www.ingepant.com.co • E-mail: ingepant@ingepant.com

	<b>RESULTADO ANÁLISIS</b>			Código:		
	( SUELOS, FOLIARES Y AGUAS )			Verstón:		
				Fecha de emisión:		
				Elaboró:		
				Aprobó:		
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	8 de marzo de 2021	<b>FECHA DE ENTREGA</b>	Marzo 29 de 2021	<b>NÚMERO DE LABORATORIO</b>		
<b>NOMBRE DEL CLIENTE</b>	Paola Figueroa			<b>SI 131</b>		
<b>MUNICIPIO</b>	Popayan		<b>DEPARTAMENTO</b>	Cauca		
<b>FINCA</b>	Las Guacas	<b>ASESOR EN NUTRICIÓN</b>	William Malgual			
<b>CULTIVO</b>	Canaña Brasilensis		<b>LOTE</b>	3		
ANÁLISIS REALIZADO	RESULTADO HALLADO	UNIDADES	MÉTODO	RANGO ADECUADO	Kg/ha	
					SUELO	EXTRACCIÓN
TEXTURA	Franco Arenoso 70-20-10	% Arena - % Arcilla - % Limo	Bouyoucos	-	-	-
pH RELACION 1:1	5,20	Unidades de pH	NTC 5264	-	-	-
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 1:1	0,17	dS/m	NTC 5596	-	-	-
ACIDEZ INTERCAMBIABLE	0,48	meq/100g suelo	NTC 5263	-	-	-
ALUMINO INTERCAMBIABLE	0,26	meq/100g suelo	NTC 5263	0,10	1,00	-
MATERIA ORGÁNICA	5,88	%	NTC 5403	-	-	-
NITRÓGENO TOTAL (N)	0,29	%	No Aplica	0,25	0,50	58,79
FOSFORO (P)	2,67	ppm	NTC 5350	20,00	30,00	5,34
POTASIO (K)	0,38	meq/100g suelo	NTC 5349	0,30	0,60	293,33
SODIO (Na)	0,07	meq/100g suelo	NTC 5349	0,10	1,00	-
MAGNESIO (Mg)	0,44	meq/100g suelo	NTC 5349	1,20	1,80	104,46
CALCIO (Ca)	1,74	meq/100g suelo	NTC 5349	3,00	6,00	697,63
AZUFRE (S)	2,58	ppm	NTC 5402	10,00	15,00	5,17
BORO (B)	0,16	ppm	NTC 5404	0,30	0,60	0,33
HERRO (Fe)	132,27	ppm	NTC 5526	20,00	50,00	264,54
COBRE (Cu)	1,65	ppm	NTC 5526	2,00	4,00	3,30
MANGANESO (Mn)	1,28	ppm	NTC 5526	10,00	15,00	2,56
ZINC (Zn)	0,93	ppm	NTC 5526	3,00	6,00	1,86
CCE (meq/100g)	3,11					
RELACIONES CATIONICAS	VALOR	NIVEL ADECUADO				
Ca/Mg	4,01	3,00				
Ca/K	4,64	15,00				
Mg/K	1,16	10,00				
(Ca+Mg)/K	5,80	20,00				
% Sat. De Na	2,40	5,00				
% Sat. De K	12,11	5,00				
% Sat. De Ca	56,14	50,00				
% Sat. De Mg	14,01	15,00				
% Sat. De Bases	84,65	35,00				
% Sat. De Aluminio	8,29	200,00				

Estimado Cliente:

- A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con sesenta (60) días calendario para realizar alguna observación al respecto, si pasado este periodo de tiempo no se recibe ninguna información, el LABORATORIO CENPLANT LAB, asume la conformidad con los resultados del análisis.
- Las muestras de retención serán almacenadas en las instalaciones del LABORATORIO CENPLANT LAB, de acuerdo al siguiente programa logístico: Fertilizante (dos años), Coadyudante (dos años), Suelos (60 días), Foliares (60 días) y Aguas (8 días). Pasado este periodo de tiempo las muestras serán destruidas.
- Los resultados que se presentan en este documento corresponden a resultados veraces y trazables de los cuales el LABORATORIO CENPLANT LAB respalda, enmarcados a través de un acuerdo de confidencialidad de la información.
- El LABORATORIO CENPLANT LAB realiza únicamente los análisis solicitados por el cliente, en las condiciones descritas por la ORDEN DE SERVICIO asignada a cada muestra, previa evaluación y aprobación por Dirección Técnica.
- El LABORATORIO CENPLANT LAB establece un promedio de entrega máximo de resultados de 10 días hábiles, sin que esta condición sea una limitante para entregas anticipadas, avances y demás condiciones adicionales ó de reprogramación acordadas con el cliente.

Elaborado Por:



**OLGA LUCIA RETAVISCA**  
**Análisis Químico**  
**T.P. 383 C.P.G.**



Oficinas y Planta: Transversal 4 # 13 A - 137 Mosquera - Cundinamarca • Celular: 3144754754  
 Colombia-Sur América • Web: www.ingepplant.com.co • E-mail: ingepplant@ingepplant.com

**ANEXO B. Resultados de análisis bromatológico por cada tratamiento**

<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS</b>	Código: FAR-002
<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y BROMATOLÓGICO</b>	Versión: 05
	Solicitud: 359



**Solicitud:** 11038      **Código de muestra:** 74281      **Informe:** 47358  
**Fecha recepción:** 2021/01/28      **Reporte de pago:** 2021/02/01      **Fecha impresión:** 2021/03/09  
**Nombre del interesado:** PAOLA MARICELA FIGUEROA VALLEJO  
Dirección: Cra 8C # 67N-15 B/ San Eduardo, Popayan, Cauca  
**Ítem de ensayo:** FORRAJE  
**Código de la muestra:** T1  
**Descripción:** Cortes cada 45 días después de la estandarización. 513 g  
**Condición:** Sólido  
**Ubicación:** Popayán, Cauca  
**Tipo de pasto:** Pueraria phaseoloides

Realizado	Análisis	Resultados	Método de análisis	Documento normativo
* 2021/02/15	Digestibilidad in vitro de la materia seca	53,2 g/100 g	Gravimétrico	MRE-001 V09.2018 Numeral 5.21
* 2021/03/09	Fibra (cruda)	34,5 g/100 g	Gravimétrico	PRE-005 V00.2018
* 2021/02/09	Fibra (detergente ácido)	39,7 g/100 g	Gravimétrico	PRE-005 V01.2019 Numeral 2.1
* 2021/02/10	Fibra en detergente neutro tratada con amilasa	51,1 g/100 g	Gravimétrico	PRE-005 V01. 2019 Numeral 2.1
* 2021/02/19	Nitrógeno	2,8 g/100 g	Volumétrico (Kjeldahl)	PRE-004 V00.2018

#### OBSERVACIONES

Resultados expresados en base seca.

Informe revisado y aprobado por: Ángel Giraldo Mejía

Fin de los resultados

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe por cualquier medio. En caso de requerir una copia del informe de resultados, solicítela al Coordinador del Laboratorio. Los resultados son aplicables sólo a la muestra analizada. La información sobre el ítem de ensayo es responsabilidad del cliente. \*Análisis no acreditado

**Ángel Giraldo Mejía**

Coordinador del Laboratorio

Carrera 65 No 59 A-110, Bloque 11 oficina 116  
 Teléfono: (57-4) 430 90 34  
 Correo electrónico: bromatol\_mad@unal.edu.co  
[http://laboratorioagropecuario.unal.edu.co/bromatol\\_mad@unal.edu.co](http://laboratorioagropecuario.unal.edu.co/bromatol_mad@unal.edu.co)  
 Medellín Colombia - Suramérica

<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS</b>	Código: FAR-002
	Versión: 05
<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y BROMATOLÓGICO</b>	Solicitud: 359



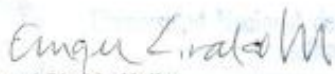
**Solicitud:** 11038      **Código de muestra:** 74282      **Informe:** 47359  
**Fecha recepción:** 2021/01/28      **Reporte de pago:** 2021/02/01      **Fecha impresión:** 2021/03/09  
**Nombre del interesado:** PAOLA MARICELA FIGUEROA VALLEJO  
Dirección: Cra 8C # 67N-15 B/ San Eduardo, Popayan, Cauca  
**Ítem de ensayo:** FORRAJE  
**Código de la muestra:** T2  
**Descripción:** Cortes cada 45 días después de la estandarización. 514 g  
**Condición:** Sólido  
**Ubicación:** Popayán, Cauca  
**Tipo de pasto:** Arachis pintoi (maní forrajero)

Realizado	Análisis	Resultados	Método de análisis	Documento normativo
* 2021/02/15	Digestibilidad in vitro de la materia seca	69,4 g/100 g	Gravimétrico	MRE-001 V09 2018 Numeral 5.21
* 2021/03/09	Fibra (cruda)	21,1 g/100 g	Gravimétrico	PRE-005 V00 2018
* 2021/02/09	Fibra (detergente ácido)	30,9 g/100 g	Gravimétrico	PRE-006 V01 2019 Numeral 2.1
* 2021/02/10	Fibra en detergente neutro tratada con amilasa	34,4 g/100 g	Gravimétrico	PRE-006 V01: 2019 Numeral 2.1
* 2021/02/19	Nitrógeno	3,0 g/100 g	Volumétrico (Kjeldahl)	PRE-004 V00 2018

#### OBSERVACIONES

Resultados expresados en base seca.  
Informe revisado y aprobado por: Ángel Giraldo Mejía  
Fin de los resultados

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe por cualquier medio.  
En caso de requerir una copia del informe de resultados, solicítela al Coordinador del Laboratorio.  
Los resultados son aplicables sólo a la muestra analizada.  
La información sobre el ítem de ensayo es responsabilidad del cliente.  
\*Análisis no acreditado

  
Ángel Giraldo Mejía  
Coordinador del Laboratorio

Carrera 65 No 59 A-110, Bloque 11 oficina 115  
Teléfono: (57-4) 430 30 34  
Correo electrónico: bromatol\_me@unal.edu.co  
<http://cienciasagarias.mad@unal.edu.co/laboratorio-analisis-quimico-bromatologico/>  
Medellín Colombia - Suramérica

<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS</b>	Código: FAR-002
	Versión: 05
<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y BROMATOLÓGICO</b>	Solicitud: 359



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA  
SEDE MEDALLÍN



ICA  
Instituto Colombiano Agropecuario  
Res. 2006 Oct. 1063

Solicitud: 11038      Código de muestra: 74283      Informe: 47360  
Fecha recepción: 2021/01/28      Reporte de pago: 2021/02/01      Fecha impresión: 2021/03/09  
Nombre del interesado: PAOLA MARICELA FIGUEROA VALLEJO  
Dirección: Cra BC # 67N-15 B/ San Eduardo, Popayán, Cauca  
Item de ensayo: FORRAJE  
Código de la muestra: T3  
Descripción: Cortes cada 45 días después de la estandarización. 513 g  
Condición: Sólido  
Ubicación: Popayán, Cauca  
Tipo de pasto: Canavalia brasiliensis

Realizado	Análisis	Resultados	Método de análisis	Documento normativo
* 2021/02/15	Digestibilidad in vitro de la materia seca	72,9 g/100 g	Gravimétrico	MRE-001 V09.2018 Numeral 5.21
* 2021/03/09	Fibra (cruda)	22,0 g/100 g	Gravimétrico	PRE-005 V00.2018
* 2021/02/09	Fibra (detergente ácido)	30,6 g/100 g	Gravimétrico	PRE-006 V01.2019 Numeral 2.1
* 2021/02/10	Fibra en detergente neutro tratada con amilasa	39,9 g/100 g	Gravimétrico	PRE-005 V01.2019 Numeral 2.1
* 2021/02/19	Nitrógeno	4,2 g/100 g	Volumétrico (Kjeldahl)	PRE-004 V00.2018

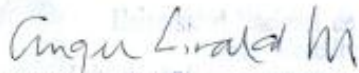
#### OBSERVACIONES

Resultados expresados en base seca.

Informe revisado y aprobado por: Ángel Giraldo Mejía

Fin de los resultados

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe por cualquier medio.  
En caso de requerir una copia del informe de resultados, solicítela al Coordinador del Laboratorio.  
Los resultados son aplicables sólo a la muestra analizada.  
La información sobre el ítem de ensayo es responsabilidad del cliente.  
\*Análisis no acreditado

  
Ángel Giraldo Mejía  
Coordinador del Laboratorio

Canera 55 No 55 A-110, Bloque 11 oficina 116  
Teléfono: (57-4) 430 99 34  
Correo electrónico: bromatol\_mad@unal.edu.co  
<http://cienciasagarias.mad@unal.edu.co/laboratorio/analisisquimicobromatologicos/>  
Medellín Colombia - Suramérica

Página 1 de 1

<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS</b>	Código: FAR-002
<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y BROMATOLÓGICO</b>	Versión: 05
	Solicitud: 359



**Solicitud:** 11038                      **Código de muestra:** 74284                      **Informe:** 47361  
**Fecha recepción:** 2021/01/28                      **Reporte de pago:** 2021/02/01                      **Fecha impresión:** 2021/03/09  
**Nombre del interesado:** PAOLA MARICELA FIGUEROA VALLEJO  
Dirección: Cra 8C # 67N-15 B/ San Eduardo, Popayan, Cauca  
**Ítem de ensayo:** FORRAJE  
**Código de la muestra:** T4  
**Descripción:** Cortes cada 45 días después de la estandarización. 518 g  
**Condición:** Sólido  
**Ubicación:** Popayán, Cauca  
**Tipo de pasto:** Centrosema macrocarpum

Realizado	Análisis	Resultados	Método de análisis	Documento normativo
* 2021/02/15	Digestibilidad in vitro de la materia seca	57,6 g/100 g	Gravimétrico	MRE-001 V08:2018 Numeral 5.21
* 2021/03/09	Fibra (cruda)	30,3 g/100 g	Gravimétrico	PRE-005 V00:2018
* 2021/02/09	Fibra (detergente ácido)	32,8 g/100 g	Gravimétrico	PRE-006 V01:2019 Numeral 2.1
* 2021/02/10	Fibra en detergente neutro tratada con amilasa	43,4 g/100 g	Gravimétrico	PRE-005 VD1: 2019 Numeral 2.1
* 2021/02/19	Nitrógeno	3,4 g/100 g	Volumétrico (Kjeldahl)	PRE-004 V00:2018

#### OBSERVACIONES

Resultados expresados en base seca.  
Informe revisado y aprobado por: Ángel Giraldo Mejía  
Fin de los resultados

Prohibida la reproducción parcial o total de este informe por cualquier medio.  
En caso de requerir una copia del informe de resultados, solicítela al Coordinador del Laboratorio.  
Los resultados son aplicables sólo a la muestra analizada.  
La información sobre el ítem de ensayo es responsabilidad del cliente.  
\*Análisis no acreditado

*Ángel Giraldo Mejía*

Ángel Giraldo Mejía

Coordinador del Laboratorio

Carrera 55 No 59 A-110, Bodega 11 oficina 119  
Teléfono: (57-4) 430 50 34  
Correo electrónico: bromatol\_med@unal.edu.co  
<http://cienciasgraduas.unal.edu.co/laboratorio/analisis/quimico/bromatologico/>  
Medellín Colombia, Suramérica



## ANEXO C. Homogeneidad de varianzas entre bloques

### Fase de establecimiento

VARIABLE	TRATAMIENTO	N	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	SIGNIFICANCIA
Vigor	T1	3	3.44	0.192	0.168
	T2	3	3.22	0.192	
	T3	3	4.11	0.509	
	T4	3	3.78	0.77	
Cobertura (%)	T1	3	43.9	29.9	0.0345
	T2	3	40.9	22.5	
	T3	3	64.4	32.4	
	T4	3	62.2	19.0	
Altura (cm)	T1	3	9.72	11.4	0.198
	T2	3	6.32	1.53	
	T3	3	29.8	10.0	
	T4	3	20.5	19.6	
Malezas (%)	T1	3	15.9	6.38	0.594
	T2	3	15.0	2.89	
	T3	3	11.7	10.9	
	T4	3	21.7	9.28	
Área descubierta (%)	T1	3	40.8	24.4	0.431
	T2	3	44.1	19.1	
	T3	3	23.9	25.1	
	T4	3	26.1	12.7	
Plagas	T1	3	1.44	0.385	0.606
	T2	3	1.33	0.333	
	T3	3	2.0	1.0	
	T4	3	1.1	0.192	
Enfermedades	T1	3	1.56	0.192	0.595
	T2	3	1.67	0.333	
	T3	3	1.11	0.192	
	T4	3	1.89	0.839	
Floración (%)	T1	3	0	0	0.00232
	T2	3	15.0	7.63	
	T3	3	0.556	0.962	
	T4	3	0	0	

Fase de producción

VARIABLE	TRATAMIENTO	N	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	SIGNIFICANCIA
Vigor	T1	3	4.0	0	0.301
	T2	3	3.11	0.51	
	T3	3	4.33	0.665	
	T4	3	3.78	0.191	
Cobertura (%)	T1	3	90.0	7.64	0.308
	T2	3	77.2	6.94	
	T3	3	87.8	8.39	
	T4	3	73.9	6.31	
Altura (cm)	T1	3	21.8	3.47	0.539
	T2	3	5.56	1.06	
	T3	3	39.6	6.14	
	T4	3	30.8	2.90	
Maleza (%)	T1	3	4.44	3.56	0.878
	T2	3	9.78	3.67	
	T3	3	9.45	7.52	
	T4	3	16.7	6.98	
Área descubierta (%)	T1	3	5.56	4.07	0.844
	T2	3	13.0	3.46	
	T3	3	2.78	0.958	
	T4	3	9.44	1.39	
Plagas	T1	3	1.89	0.191	0.803
	T2	3	1.56	0.196	
	T3	3	1.45	0.387	
	T4	3	1.44	0.196	
Enfermedades	T1	3	1.11	0.191	0.205
	T2	3	2.0	0.33	
	T3	3	1.11	0.191	
	T4	3	1.55	0.387	
Floración (%)	T1	3	0	0	0.00105
	T2	3	29.4	7.52	
	T3	3	0.557	0.964	
	T4	3	0	0	
KgMS/ha	T1	3	143	5.17	0.0381
	T2	3	41.3	9.64	
	T3	3	199	52.3	
	T4	3	95.1	12.8	
KgFV/ha	T1	3	1320	174	0.0320
	T2	3	441	110	
	T3	3	2002	1052	
	T4	3	1003	153	

## ANEXO D. Análisis de varianza entre tratamientos

### Fase de establecimiento

VARIABLE	Effect	DFn	DFd	F	p p-0.05	g
Vigor	Tratamiento	3	8	1.96	0.199	0.424
Cobertura (%)	Tratamiento	3	8	0.475	0.708	0.151
Altura (cm)	Tratamiento	3	8	2.238	0.161	0.456
Malezas (%)	Tratamiento	3	8	0.815	0.521	0.234
Area descubierta (%)	Tratamiento	3	8	0.705	0.575	0.209
Plagas	Tratamiento	3	8	1.324	0.333	0.332
Enfermedades	Tratamiento	3	8	1.444	0.3	0.351
Floración (%)	Tratamiento	3	8	11.119	0.003	0.807

### Fase de producción

VARIABLE	Effect	DFn	DFd	F	p p-0.05	g
Vigor	Tratamiento	3	8	4.314	0.044	0.618
Cobertura (%)	Tratamiento	3	8	3.431	0.072	0.563
Altura (cm)	Tratamiento	3	8	42.725	2.86 e-05	0.941
Malezas (%)	Tratamiento	3	8	2.303	0.154	0.463
Area descubierta (%)	Tratamiento	3	8	7.629	0.1	0.741
Plagas	Tratamiento	3	8	2.023	0.189	0.431
Enfermedades	Tratamiento	3	8	6.574	0.15	0.711
Floración (%)	Tratamiento	3	8	44.757	2.4 e-05	0.944
KgFV/ha	Tratamiento	3	8	18.113	0.000632	0.872
KgMS/ha	Tratamiento	3	8	4.334	0.043	0.619

## ANEXO E. Prueba de Tukey entre tratamientos

### Fase de establecimiento

Variable		Grupo 1	Grupo 2	Estimación	Conf. low	Conf. high	p. adj.	p. adj.
Floración (%)	Tratamiento	T1	T2	1.50 e+1	4.93	25.0	0.00613	Sig.
	Tratamiento	T1	T3	5.56 e -1	-9.50	10.6	0.998	Ns
	Tratamiento	T1	T4	-2.22 e -15	-10.1	10.1	1	Ns
	Tratamiento	T2	T3	-1.44 e +1	-24.5	-4,37	0.00766	Sig.
	Tratamiento	T2	T4	-1.50 e +1	-25.0	-4.93	0.00613	Sig.
	Tratamiento	T3	T4	-5.56 e -1	-10.6	9.50	0.998	Ns

### Fase de producción

Variable		Grupo 1	Grupo 2	Estimación	Conf. low	Conf. high	p. adj.	p. adj.
Vigor	Tratamiento	T1	T2	-0.887	-2.01	0.237	0.129	Ns
	Tratamiento	T1	T3	0.333	-7.90	1.46	0.78	Ns
	Tratamiento	T1	T4	-0.22	-1.34	0.903	0.92	Ns
	Tratamiento	T2	T3	1.22	0.0968	2.34	0.034	Sig
	Tratamiento	T2	T4	0.667	-0.457	1.79	0.3	Ns
	Tratamiento	T3	T4	-0.553	-1.68	0.570	0.441	Ns
Altura (cm)	Tratamiento	T1	T2	-16.2	-26.3	-6.14	3.82 e -3	Sig
	Tratamiento	T1	T3	17.8	7.74	27.9	2.11 e -3	Sig
	Tratamiento	T1	T4	9.02	-1.04	19.1	7.99 e -2	Ns
	Tratamiento	T2	T3	34.0	23.9	44.1	2.19 e -5	Sig
	Tratamiento	T2	T4	25.2	15.2	35.3	1.96 e -4	Sig
	Tratamiento	T3	T4	-8.79	-18.9	1.28	8.87 e -2	Ns
	Tratamiento	T3	T4	6.67	-0.664	14.0	0.0753	Ns
Floración (%)	Tratamiento	T1	T2	2.94 e +1	19.5	39.4	5.69 e -5	Sig
	Tratamiento	T1	T3	5.57 e -1	-9.35	10.5	9.98 e -1	Ns
	Tratamiento	T1	T4	-2.37 e -15	-9.91	9.91	1.00 e +0	Ns

	Tratamiento	T2	T3	-2.89 e +1	-38.8	-19.0	6.55 e -5	Sig
	Tratamiento	T2	T4	-2.94 e +1	-39.4	-19.5	5.69 e -5	Sig
	Tratamiento	T3	T4	-5.57 e -1	-10.5	9.35	9.98 e -1	Ns
KgFV/ha	Tratamiento	T1	T2	-102.	-173	-30.2	8.09 e -3	Sig
	Tratamiento	T1	T3	55.9	-15.7	127.	1.34 e -1	Ns
	Tratamiento	T1	T4	-48.0	-120	23.6	2.18 e -1	Ns
	Tratamiento	T2	T3	158.	-86.1	229.	4.88 e -4	Sig
	Tratamiento	T2	T4	53.8	-17.8	125.	1.53 e -1	Ns
	Tratamiento	T3	T4	-104.	-175	-32.3	7.17 e -3	Sig
KgMS/ha	Tratamiento	T1	T2	-879	-2295	538	0.269	Ns
	Tratamiento	T1	T3	682	-735	2098	0.459	Ns
	Tratamiento	T1	T4	-317	-1733	1099	0.888	Ns
	Tratamiento	T2	T3	1561	144	2977	0.0317	Sig
	Tratamiento	T2	T4	562	-855	1978	0.604	Ns
	Tratamiento	T3	T4	-999	-2415	418	0.187	Ns

## ANEXO F. Análisis estadístico de hojarasca degradada

### Homogeneidad de varianzas

Variable	N	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	SIGNIFICANCIA
Tiempo 1	12	10	4.79	0.607
Tiempo 2	12	13.9	6.22	0.00740
Tiempo 3	12	20.5	7.41	0.0234

### Análisis de varianza (Anova)

VARIABLE	Effect	DFn	DFd	F	p p-0.05	g
Tiempo 1	Tratamiento	3	8	0.671	0.593	0.201
Tiempo 2	Tratamiento	3	8	3.497	0.07	0.597
Tiempo 3	Tratamiento	3	8	0.445	0.728	1.43