

**INDICADORES DE SALUD  
EN EL CONTINUUM  
SUELOS - PASTURAS**

**Roberto Piñeros Varón  
Lilian Paola Guevara Muñetón  
Geiner Alberto Almario Leiva**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA  
2019**

Piñeros Varón, Roberto

Indicadores de salud en el continuum suelos - pasturas /  
Roberto Piñeros Varón, Lilian Paola Guevara Muñetón,  
Geiner Alberto Almario Leiva. -- 1ª. Ed. -- Ibagué :  
Universidad del Tolima, 2019.

110 p. : il.

Contenido: Los escarabajos : organismos sensibles a  
disturbios del suelo -- Evaluación física y dinámica  
microbiológica del suelo en un sistema de pastoreo  
convencional y un sistema agroforestal con cítricos en el  
trópico seco -- Respuesta a la fertilización de pasturas  
naturalizadas en el tropico seco del Tolima -- Evaluación  
agronómica y nutricional del pasto vial (Bothriochloa  
saccharoides) sometido a diferentes dosis de fertilización  
nitrogenada.

ISBN: 978-958-5569-59-1

1. Pastos naturales 2. Función hídrica 3. Agroforesteria  
I. Título II. Guevara Muñetón, Lilian Paola III. Almario  
Leiva, Geiner Alberto

**633.2**

**P661i**

© Sello Editorial Universidad del Tolima, 2019

© Roberto Piñeros Varón, Lilian Paola Guevara Muñetón, Geiner Alberto Almario Leiva

Primera edición electrónica:

ISBN: 978-958-5569-59-1

Número de páginas: 110

Ibagué-Tolima

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Grupo de investigación en sistemas agroforestales pecuarios

Indicadores de salud en el continuum suelos - pasturas

publicaciones@ut.edu.co

rpinerosv@ut.edu.co

Impresión, diseño y diagramación por PROVEER PRODUCTOS Y SERVICIOS S.A.S

Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio,  
sin permiso expreso del autor.

# Contenido

<b>Presentación .....</b>	<b>7</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo 1</b>	
<b>LOS ESCARABAJOS: ORGANISMOS SENSIBLES A</b>	
<b>DISTURBIOS DEL SUELO .....</b>	<b>15</b>
1.1. Introducción .....	17
1.1.2. Coleópteros en Colombia.....	17
1.1.3. Características de los coleópteros.....	18
1.1.4. Superfamilia Scarabaeoidea.....	19
1.1.5. Familia Scarabaeidae .....	20
1.1.6. Ciclo de vida.....	21
1.1.7. Importancia de los escarabajos estercoleros.....	23
1.1.8. Métodos de colecta para escarabajos coprófagos .....	23
1.1.9. Métodos de evaluación de la biodiversidad .....	27
1.1.10. Cría de escarabajos.....	28
1.2. Metodología .....	29
1.2.1. Recolección e identificación de escarabajos .....	30
1.2.2. Evaluación de diversidad y abundancia.....	31
1.3. Resultados.....	32
1.4. Conclusión .....	38
1.5. Referencias .....	38

## Capítulo 2

### **Evaluación física y dinámica microbiológica del suelo en un sistema de pastoreo convencional y un sistema agroforestal con cítricos en el trópico seco..... 47**

2.1.	Introducción.....	49
2.1.1.	Efectos Positivos Sobre el Suelo.....	50
2.1.1.1.	Reciclaje de Nutrientes.....	50
2.1.1.2.	Acción de Micro y macrofauna .....	50
2.2.	Metodología .....	51
2.2.1.	Análisis físico - químico del suelo .....	52
2.2.2.	Respirometría .....	52
2.2.3.	Relación Suelo-Agua-Planta.....	54
2.2.4.	Análisis estadístico .....	54
2.3.	Resultados.....	54
2.3.1.	Evaluación microbiológica.....	56
2.3.2.	Humedad del Suelo.....	58
2.3.3.	Valor Fertilizante.....	58
2.4.	Conclusión.....	59
2.5.	Referencias.....	59

## Capítulo 3

### **Respuesta a la fertilización de pasturas naturalizadas en el trópico seco del Tolima..... 63**

3.1.	Introducción.....	65
3.1.1.	Fertilización de praderas - Importancia .....	66
3.1.2.	Respuesta productiva de pastos tropicales a la fertilización nitrogenada.....	66
3.1.3.	Pasturas naturalizadas del Tolima .....	68
3.1.4.	Características generales de <b>B. pertusa</b> .....	69
3.1.5.	Producción de biomasa y calidad nutricional .....	69
3.2.	Metodología .....	71
3.2.1.	Establecimiento de parcelas.....	72
3.2.2.	Tratamientos.....	73
3.2.3.	Indicadores agronómicos.....	73
3.2.3.1.	Alto de planta.....	73

3.2.3.2. Largo y ancho de hoja .....	73
3.2.3.3. Relación hoja/tallo.....	74
3.2.3.4. Área foliar.....	74
3.2.3.5. Producción de biomasa .....	74
3.2.3.6. Producción en toneladas por hectárea por corte de material verde (Ton/ha/corte en MV).....	74
3.2.3.7. Producción en toneladas por hectárea por corte de materia seca (Ton/ha/corte en MS) .....	74
3.2.3.8. Eficiencia del forraje .....	75
3.2.3.9. Capacidad de carga animal .....	75
3.2.3.10. Composición nutricional.....	75
3.2.3.11. Colecta de la muestra y análisis .....	75
3.2.3.12. Análisis estadístico .....	75
3.3. Resultados.....	76
3.3.1. Altura de la planta .....	76
3.3.2. Relación hoja/tallo.....	77
3.3.3. Largo y ancho de hoja .....	78
3.3.4. Área foliar .....	80
3.3.5. Producción de biomasa.....	82
3.4. Calidad nutricional.....	84
3.5. Conclusiones.....	86
3.6. Referencias .....	86

## Capítulo 4

### **Evaluación agronómica y nutricional del pasto vidal (*Bothriochloa saccharoides*) sometido a diferentes dosis de fertilización nitrogenada. .... 89**

4.1. Introducción .....	91
4.2. Materiales y métodos .....	92
4.2.1. Establecimiento de las parcelas .....	93
4.2.2. Tratamientos (dosis de fertilización nitrogenada) .....	93
4.2.3. Indicadores agronómicos.....	94
4.2.4. Análisis bromatológico.....	95
4.2.5. Análisis estadístico .....	95
4.3. Resultados y discusión .....	95
4.3.1. Indicadores Agronómicos.....	95



4.3.1.1	Altura de la planta .....	95
4.3.1.2	Largo de hoja .....	98
4.3.1.3	Ancho de la hoja .....	98
4.3.1.4	Peso de biomasa aérea.....	99
4.3.1.5	Peso de la raíz.....	99
4.3.1.6	Relación Hoja/Tallo (H/T).....	101
4.3.1.7	Área foliar.....	102
4.3.2.	Análisis Bromatológico.....	102
4.3.2.1	Materia seca.....	104
4.3.2.2	Proteína bruta.....	104
4.3.2.3	Fibra Detergente Neutra .....	105
4.3.2.4	Fibra Detergente Ácida.....	106
4.3.2.5	Cenizas.....	107
4.3.2.6	Lignina.....	107
4.4.	Conclusión.....	108
4.5.	Referencias.....	108



# PRESENTACIÓN





**L**a palabra suelo se deriva del latín *solum*, que significa suelo, tierra o parcela. Sobre él se asientan carreteras, edificios, casas y usos diversos; crecen árboles formando bosques que proporcionan alimento y vivienda a muchos animales y plantas; se cultivan plantas que sirven de alimento a los humanos y al ganado; sirve de cuenco para contener espejos de agua; sobre él se excava para extraer minerales utilizados por el ser humano. Estas son solo algunas de las percepciones y definiciones que se dan a este importante recurso, según se la ventana disciplinar desde la cual se hacen las aproximaciones al suelo.

Desde el punto de vista agronómico, el suelo, es la capa superior de la tierra que sirve de sustento para el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo cual durante muchas décadas ha sido visto como un sustrato al cual puede incrementarse o extraerse los nutrientes, vía manipulación fisicoquímica, siendo la preferida la fertilización con abonos de síntesis química. Sin embargo, desde una perspectiva moderna, ya comienza a concebirse el suelo como un organismo vital, en el cual se desarrollan procesos metabólicos de degradación, síntesis y resíntesis, como los que suceden en cualquier sistema vivo.

Los suelos bajo pasturas son los usos más extendidos en el mundo y también los más degradados. Es en virtud, de que las pasturas no han sido vistas como un cultivo, por lo cual las actividades extractivas son las predilectas en los sistemas ganaderos del mundo, es decir, extraer nutrientes, sin devolverle al sistema lo exportado mediante el aprovechamiento forrajero, afectando la salud del suelo.

Se entiende la salud del suelo como la capacidad específica que tiene esta parte de la tierra para funcionar dentro de un ecosistema natural



o antrópico, manteniendo sus atributos para sostener o mejorar la productividad de las plantas y animales, controlar la polución del agua y del aire, almacenar nutrientes y favorecer la salud y habitad del hombre

Los indicadores biológicos constituyen sistemas de medida de la salud del suelo de alta sensibilidad, por lo cual la medición de grupos de insectos (mesofauna) o de la respiración del suelo (actividad microbial) representa unas buenas mediciones para saber la respuesta del suelo a alteraciones o practicas positivas sobre este recurso. Complementariamente, la medición de la respuesta de los suelos bajo pasturas a prácticas que restituyan los materiales y energía extraídos dan idea de la capacidad de respuesta de un suelo a la restauración.

En este libro, se analizan datos experimentales que apuntan a entender el estado de un suelo mediante la medición de indicadores biológicos y su capacidad de respuesta a una práctica generalizada como es la fertilización. El primer capítulo, discute métodos y resultados de la evaluación de la actividad de los escarabajos como indicadores de la salud del suelo; el capítulo 2, analiza la actividad microbiana de las capas superficiales al efecto del componente leñoso en un sistema agroforestal. El tercer, capitulo presenta resultados de las respuestas de dos tipos de suelo bajo una de las gramíneas más difundidas en las ganaderías colombianas de trópico bajo (*Botriochloa pertusa*) a diferentes fuentes de fertilización nitrogenada (de síntesis química y orgánica). Finalmente, el capítulo cuatro presenta las respuestas de una gramínea promisoría (*B. saccharoides*) a diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

Se espera que los lectores de este libro se inicien y sean atrapados por el estudio de estos temas que apuntan a un manejo adecuado de un sistema que es fundamental en la producción de alimentos de alta calidad proteica, como es el *continuum* suelo-planta animal.



## RESUMEN





**E**n los ecosistemas pecuarios de producción bovina los escarabajos desempeñan un papel fundamental para el desarrollo de otros individuos y reflejan alteraciones del ecosistema debido a su sensibilidad poblacional. En el desarrollo del ciclo biológico los escarabajos favorecen la aireación del suelo al aumentar la porosidad, textura y disponibilidad de nutrientes para las plantas. La producción forrajera es la base de la alimentación de los rumiantes, ya que este es la principal fuente de nutrientes para los animales y de manera particular todas las especies forrajeras se ven beneficiadas por la presencia de varias especies de escarabajos que habitan el suelo.

No solamente los escarabajos desarrollan actividades benéficas para las especies forrajeras, sino también las arañas, hormigas, lombrices de tierra, entre otros. En los suelos colombianos se encuentran diferentes especies de escarabajos coprófagos variando entre los diferentes sistemas de producción como silvopastoriles, convencionales o de agroforestería, dentro de los cuales se encuentran especies de escarabajos como *Dichotomius* sp., *Onthophagus marginicollis*, *Canthon mutabilis* y paracópidos.

El concepto de agroforestería se aplica a la producción de árboles y de cultivos no arbóreos o animales en el mismo terreno, permitiendo desarrollar varias actividades productivas dentro de un mismo ecosistema, lo cual lo hace más rentable, de manera auto sostenida y ecológicamente amigable, comparado con los demás sistemas pecuarios. Todos los sistemas silvopastoriles tienen un efecto positivo sobre el suelo, ya que favorece la subsistencia de muchas especies de animales de la micro y macrofauna, con microclimas benéficos y mejores indicadores bioquímicos del suelo para el desarrollo de las gramíneas.



Las gramíneas son especies forrajeras utilizadas en la alimentación animal como principal fuente de todos los nutrientes, especialmente en el ganado bovino y ovino. Estas se encuentran distribuidas por todo el mundo y en diferentes pisos térmicos, en nuestro país se encuentra una gran diversidad de gramíneas y dentro de estas el *Bothriochloa*, es una excelente opción para establecer praderas debido a su rusticidad, poca exigencia de nutrientes en el suelo y buen aporte de nutrientes para los rumiantes.

Para el manejo de las gramíneas el componente edáfico se presenta como el más importante para su desarrollo, ya que allí se encuentran todos los nutrientes, agua y minerales que necesitan las pasturas para crecer. Los suelos varían según la región geográfica presentando mayor o menor retención de agua y disponibilidad de nutrientes los cuales deben ser medidos y analizados por las personas encargadas de cada sistema pecuario para realizar de manera adecuada las enmiendas luego de cada pastoreo, de forma mensual o semestral según recomendación de un profesional en el área.

Las enmiendas aplicadas al suelo siempre se deben realizar teniendo en cuenta factores medioambientales como precipitación, radiación solar, hora del día, temperatura o humedad relativa y la biodisponibilidad de los productos químicos utilizados. En todas las especies de gramíneas y en general las pertenecientes al género *Bothriochloa* se ha encontrado una respuesta positiva a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, ya que estos le permiten a la gramínea sintetizar nuevos tejidos y elongar su área foliar, su altura de la planta, largo de las hojas, ancho de las hojas, peso aéreo de las plantas y su relación hoja/tallo.

Otros compuestos como el fósforo y microelementos aplicados al suelo mejoran el peso de las raíces y el crecimiento de raíces secundarias, materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y cenizas de las gramíneas en cuanto a su producción de forraje verde y calidad nutricional.



## Capítulo 1

# **LOS ESCARABAJOS: ORGANISMOS SENSIBLES A DISTURBIOS DEL SUELO**





## 1.1. Introducción

La producción forrajera en los sistemas ganaderos depende de muchos factores dentro de los cuales se encuentra la materia orgánica y los minerales disponibles en el suelo; ambos componentes pueden ser incorporados al suelo por medio del excremento bovino con ayuda de la macro y micro-fauna del suelo (Waite, MacDonald, & Holmes, 1951; Petersen, Lucas, & Woodhouse, 1956; Whitehead, 1970; Pinheiro, 2006; García, Suarez, Hernández & Betancourt, 2009), ya que cerca del 70% - 95% de los nutrientes ingeridos por los bovinos retornan a las pasturas mediante las excretas (Russelle, Entz & Franzluebbbers, 2007). Por otro lado, la macrofauna del suelo está representada por un grupo de animales invertebrados de un tamaño mayor a 2 mm de diámetro, encontrando que dentro de este grupo se encuentran las arañas, hormigas, escarabajos, lombrices de tierra, entre otras. (Brown et al., 2001; Lavelle & Spain, 2001). Entre estos, los invertebrados principalmente asociados a la degradación de la bosta y su incorporación al suelo son los escarabajos coprófagos (*Scarabaeinae*) (Brown et. al, 2001), los cuales modifican la porosidad y textura del suelo y contribuyen al reciclaje de nutrientes por el transporte, fragmentación y digestión de la materia orgánica al formar galerías para su reproducción (Martínez & Lumaret, 2006).

### 1.1.2. Coleópteros en Colombia

En Colombia se registran 35 géneros y 288 especies, que significa el 50% y 22% respectivamente de la fauna tropical de escarabajos coprófagos (Medina, Lopera, Vitolo & Gill, 2001; Pulido, Medina & Riveros, 2007;



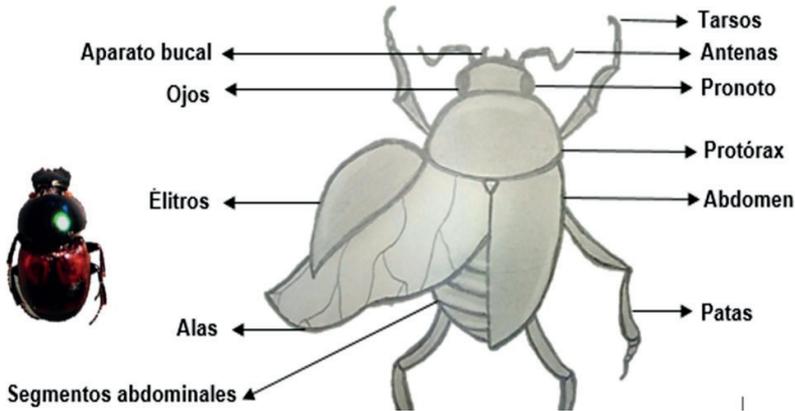
Noriega, Solís, Escobar & Realpe, 2007). Por otro lado, la región andina dentro de la cual está configurada la ecorregión del eje cafetero concentra el 65% de los géneros conocidos para Colombia, donde hasta el siglo XX se habían registrado 73 especies de 19 géneros (Medina et al., 2001; Cultid, Medina, Martínez, Escobar, Constantino, & Betancur, 2012).

Para el Norte del Tolima en los municipios de Honda, Armero-Guayabal y Alvarado; Escobar (1997), encontró que las especies de mayor presencia son *Canthon aequinoctialis*, *Canthon ca. Meridionalis*, *Dichotomius problematicus*, *Dichotomus belus*, *Uroxys sp.*, *Onthophagus landolti*, *Onthophagus marginicollis* y *Ateuchus sp.* Representando el 79.8% de individuos *Scarabaeinae* capturados. Luego, 9 años después Fuentes (2006), en el municipio de Mariquita, Tolima en áreas abiertas encontró la presencia de *Canthon aequinoctialis*, *Onthophagus Landolti*, *Onthophagus marginicollis*, *Canthonidium sp.*, *Canthon cyanellus* y *Eurysternus foedus*.

### 1.1.3. Características de los coleópteros

Los coleópteros o escarabajos, como se les conoce comúnmente, están conformados por 360.000 especies de las cuales hay reportadas 5000 especies en Colombia que representan el 1.4% mundial (Amat, Gasca & García, 2005). Los coleópteros se caracterizan por presentar élitros que son un par de alas endurecidos que protegen las alas membranosas y el resto del abdomen (Figura 1.1); por lo que su denominación se relaciona con esta característica en griego Koleos: Caja o estuche y pteron: Ala (Amat, Gasca, & García, 2005). Se encuentran caracterizados dentro del suborden, polyphaga y superfamilia, *Scarabaeoidea* (Martínez, Cruz, Montes & Suarez, 2011).





**Figura 1.1.** Partes del escarabajo.

Fuente: Autor

### 1.1.4. Superfamilia Scarabaeoidea

Es la más numerosa dentro de los coleópteros con un estimado de 35.000 especies a nivel mundial (Grebennikov & Scholtz, 2004) y constituye uno de los grupos de insectos más diversificados en cuanto a forma, coloración, tamaño y hábitos (Delgado & Márquez, 2006). Se caracterizan por poseer un cuerpo endurecido, aparato bucal masticador, ojos desarrollados, ocelos frecuentemente ausentes y el último segmento abdominal retráctil, de diez que presentan (Triplehorn & Johnson, 2005) (Figura 1.2).

Son conocidos como escarabajos lamelicornios, ya que poseen antenas terminadas en varios segmentos comprimidos y alargados de forma laminar (Morón, 1984; Solís, 2004; Amat et al., 2005), las cuales tienen receptores olfativos que sirven en la búsqueda de alimento y reproducción. Además, poseen tarsos con cinco segmentos y a partir de los huevos ovipositados por las hembras emergen larvas de tipo escarabeiforme (Figura 1.2) que se caracterizan por poseer un cuerpo arqueado de color blanco, cabeza bien diferenciada, esclerotizada, pigmentada generalmente de color castaño (Amat et al., 2005). La superfamilia Scarabaeoidea se encuentra dividida en cinco familias (Endrödi, 1985; Kohlmann & Morón, 2003): Scarabaeidae, Lucanidae, Passalidae, Trogidae y Melolonthidae.





Figura 1.2. Larvas de tipo escarabeiforme.

Fuente: Autor.

### 1.1.5. Familia Scarabaeidae

Los escarabajos coprófagos pertenecen a la familia Scarabaeidae (Halffter y Edmonds, 1982), se han reportado 1200 especies para el neotrópico de las cuales 380 se han encontrado en Colombia (Amat, Andrade & Fernández, 1999). Se reconocen por ser pleurosticti, donde tres o más pares de espiráculos abdominales están situados lateralmente sobre los esternitos abdominales y un par por lo menos no es recubierto por los élitros y queda expuesto. El pigidio no está recubierto por los élitros. Además, las tibias de las patas posteriores poseen distalmente dos espolones y las uñas de los tarsos se pueden presentar simples, bífidas o dentadas (Solis, 2004; Triplehorn & Johnson, 2005). El principal recurso alimenticio de esta familia es el estiércol de mamíferos, aunque también se pueden presentar dietas alternas dirigidas hacia la necrofagia o saprófagia. Además, se dividen en cinco sub-familias: Scarabaeinae, Ceratocanthinae, Hybosorinae, Aphodiinae y Geotrupinae (Amat et al., 2005). De esta manera los escarabajos en sentido estricto coprófagos pertenecen a las sub-familia Scarabaeinae (Halffter & Edmonds, 1982; Halffter, 1991; Morón, 2004; Smith 2006).



Para los Scarabaeinae se conocen alrededor de 6000 especies y 266 géneros, concentrándose el 26% en la zona tropical con cerca de 1300 especies y alrededor de 70 géneros (Halffter & Edmonds, 1982; Halffter, 1991; Medina et al., 2001; Davis et al., 2002; Smith, 2006). Se caracterizan por poseer antenas con 9-10 segmentos, cabeza en forma de pala y patas delanteras por lo general aplanadas dorso-ventralmente (Howden & Young, 1981). Además, poseen dimorfismo sexual, en el que los machos presentan procesos cefálicos u otras estructuras en el cuerpo (Halffter & Edmonds, 1982).

### 1.1.6. Ciclo de vida

El desarrollo de los escarabajos es holometábolo (metamorfosis completa), el ciclo de vida comienza con la formación de una pareja, aunque puede ocurrir partenogénesis. La pareja se alimenta de la parte líquida del excremento que contiene bacterias y proteínas, luego realiza un nido con estiércol denominado masa o bola de cría, ambos insectos cuidan del estiércol para que la hembra ponga un huevo rodeado por una cámara de aire en la masa de cría de la que posteriormente emergerá una larva, la cual gracias a las fuertes mandíbulas que posee comerá la fibra derivada del excremento que fue enterrado (Halffter & Edmonds, 1982; Hanski & Cambefort, 1991; Martínez et al., 2011).

La larva (Figura 1.3) muda su piel de dos a cinco veces, lo que se conocen como estadios larvales o "instares". Las larvas mudan a pupas, que son estados inactivos, sin alimentación, tienen reorganización de órganos y sistemas orientados a la conformación de lo que será el individuo adulto, completando de esta manera la metamorfosis (Halffter & Edmonds, 1982; Martínez et al., 2011). Sin embargo, los adultos no son reproductivamente activos, en su lugar atraviesan por una etapa de maduración sexual en la que solo se alimentan y permanecen ocultos. Son llamados individuos teneales y es común que presenten un exoesqueleto rojizo, muy blando y casi traslúcido (Halffter & Matthews, 1966).





**Figura 1.3.** Larva Scarabaeinae.

Fuente: Autor.

Por otro lado, el excremento que se encuentra en el suelo debe ser utilizado rápidamente, ya que experimenta desecación de ahí que se origine una adaptación conductual conocida como relocalización del alimento que permite minimizar la competencia por alimento y espacio (Halfitter & Edmonds, 1982; Hanski & Cambefort, 1991). De esta manera, los modos de alimentación y cría se pueden clasificar en tres apartados (Halfitter & Edmonds, 1982; Hanski & Cambefort, 1991; Martínez et al., 2011):

- Endocópridos o residentes. Son escarabajos que se alimentan y nidifican en la misma fuente de alimento o en pequeñas cavidades junto a ella.
- Paracópridos o cavadores. Escarabajos que forman galerías bajo el excremento para lo que presentan miembros cortos y fuertes. Las hembras se encargan de excavar y cuidar las bolas de cría por galerías bajo materia fecal donde nidifican, sirviendo en ocasiones de túneles de alimentación ayudándose de la cabeza y el pronoto.
- Telecópridos o rodadores. Morfológicamente se caracterizan por presentar los miembros medios y posteriores delgados y alargados, que son útiles en el transporte de la materia fecal. Los coleópteros forman bolas de excremento que transportan fuera de la fuente de alimento enterrándolas a cierta distancia de la misma, sirviendo de alimentación o cría. En algunas especies, el macho ofrece a la hembra una bola de alimento, la cual es



transportada por la pareja. Sin embargo, en ocasiones el macho rueda la bola mientras la hembra permanece encima de ella.

### 1.1.7. Importancia de los escarabajos estercoleros

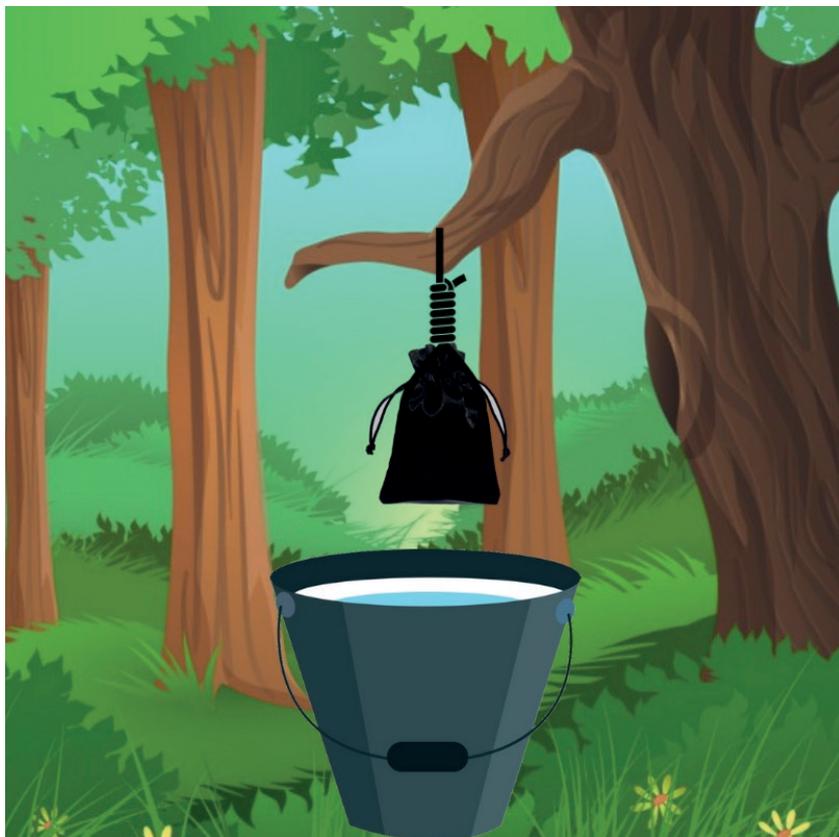
Los escarabajos son utilizados principalmente para la evaluación de los cambios producidos por la actividad antropogénica en ecosistemas naturales, debido a la sensibilidad que tienen frente a cambios en el ecosistema (Halffter & Matthews, 1996). Estos insectos desempeñan varias funciones ecológicas: su actividad produce un efecto acondicionador sobre el suelo, ya que modifican la porosidad y textura del suelo durante la formación de galerías e incrementan el reciclaje de nutrientes por transporte, fragmentación y digestión de la materia orgánica (Yokoyama, Kai, Koga & Aibe, 1991; Martínez & Lumaret, 2006). Son dispersores secundarios de semillas, estas son ingeridas y defecadas sobre la superficie del suelo por dispersores primarios (vertebrados) y quedan vulnerables a la destrucción por ratones, insectos y hongos, los escarabajos coprófagos las protegen al enterrarlas, como resultado de sus actividades de nidificación y alimentación (Halffter y Mathews 1966; Hanski 1991; Nichols et al. 2008). Contribuyen a disminuir las poblaciones de moscas como la mosca de los cuernos *Haematobia irritans* y parásitos gastrointestinales de bovinos al competir con sus larvas por consumir el estiércol (Chirico, Wiktelius & Waller, 2003). Por lo que Mariscal, Bravo y Cala (2012), sugiere el uso de algunas especies de escarabajos como parte del manejo integrado de plagas.

### 1.1.8. Métodos de colecta para escarabajos coprófagos

**a) Trampa de intersección del vuelo.** Son utilizadas para complementar los inventarios realizados con trampas de caída, para coleccionar especies de baja densidad poblacional, preferencias alimenticias específicas y cortos periodos de actividad (Cultid et al., 2012). Para la captura se utiliza una malla fina de color negro o verde, de forma rectangular con un borde angosto de tela fuerte que a su vez cuenta con ojales o lasos cuyo objetivo



es interrumpir el vuelo de los escarabajos. Esta malla se coloca de forma vertical en relación con el suelo y sobre el mismo se colocan recipientes de poca profundidad (Villarreal et al., 2006). A estos recipientes se les coloca agua saturada de sal o/y unas gotas de detergente líquido algún otro líquido que conserve los especímenes (Villarreal et al., 2006).



**Figura 1.4.** Trampa de intersección del vuelo.

Fuente, autores.

**b) Trampa de foso o de caída con cebo.** Es una de las técnicas más usadas ya que permite obtener datos sobre riqueza, abundancia y composición en un corto tiempo (Cultid et al., 2012). Consiste en un recipiente abierto que se coloca enterrado con su abertura a nivel del suelo. Colgando sobre el recipiente cebo que puede consistir en excremento o carne descompuesta según las características de la especie a capturar. Los excrementos pueden ser de origen humano o proveniente de otros mamíferos, sin embargo, los excrementos de herbívoros aparentemente dan mejor resultado (Villarreal et al., 2006).





**Figura 1.5.** Trampa de foso o de caída con cebo.

Fuente, autores

**c) Recolecta con atrayentes (químicos, feromonas y luminosos).** Según Donaldson, McGovern & Ladd citado por Reed, Lee, Kim & Klein (1991), se usan atrayentes químicos obtenidos de aceites esenciales de plantas o por síntesis donde se coloca un atrayente y un recipiente con un embudo donde son capturados los escarabajos.



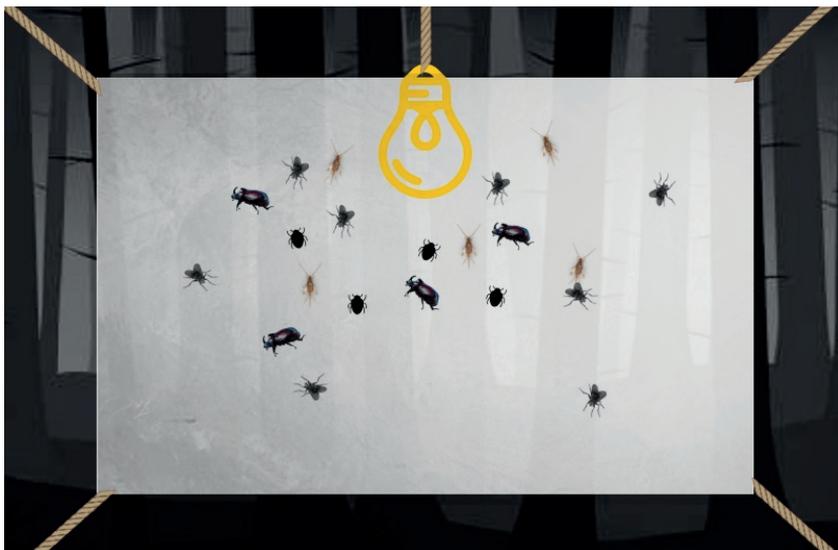


Figura 1.6. Trampa de luz.

Fuente, autores



Figura 1.7. a) trampa con atrayente químico (feromonas); b) recolecta directa.

Fuente, Solís (2014)



**d) Recolecta directa.** Este método se basa en la búsqueda en el follaje, frutos o flores de ciertas plantas, se pueden obtener algunas especies, tanto de hábitos diurnos como nocturnos que de otra forma son difíciles de recolectar. Para la captura de estas especies es útil el uso de la red de mano y se recomienda hacerlo en la mañana (Cultid et al., 2012).

### 1.1.9. Métodos de evaluación de la biodiversidad

**a) Diversidad alfa ( $D\alpha$ ).** Es la riqueza de especies de una comunidad determinada y que se considera homogénea, por lo tanto, es a nivel local. Esto depende de qué hábitat sea una localidad ya que puede estar refiriéndose a un transecto o hábitat muestreado. (Villarreal et al., 2006; Cultid et al., 2012). Esta se puede determinar de tres formas (Halffter & Moreno, 2005):

- Diversidad puntual. Es el número de especies registrado en un punto, hábitat o circunstancia ambiental.
- Diversidad acumulada. Es el número de especies en un periodo de tiempo determinado.
- Diversidad promedio. Es el promedio de la diversidad puntual entre sitios, hábitats o circunstancias ambientales.

**b) Índices para medir la diversidad alfa ( $D\alpha$ ).**

- Riqueza específica. Riqueza de especies, Margalef, rarefacción, Coleman, Michaelis-Menten (Villarreal et al., 2006).
- Estructura de las comunidades. Simpson, Serie de Hill, Shannon-Wiener, Pielou, Brillouin (Villarreal et al., 2006).

**c) Diversidad Beta ( $D\beta$ ).** Es la medida del cambio o reemplazo en la composición de especies entre las comunidades que se encuentran en un área mayor por lo que se basan en la presencia o ausencia de individuos. Esta no puede ser medida de forma directa, porque es una relación entre la diversidad puntual y la diversidad regional o gamma (Villarreal et al., 2006; Cultid et al., 2012).

**d) Diversidad gamma.** Es la riqueza total de especies existente en un área mayor. Se define como la sumatoria de la diversidad alfa encontrada en



todas las unidades de paisaje o entre varios tipos de coberturas o hábitats (conjunto de comunidades). Este nivel de diversidad también puede ser un promedio de la riqueza alfa o una relación entre la riqueza total y el promedio de la diversidad beta (Villareal et al., 2006).

### 1.1.10. Cría de escarabajos

La cría en cautiverio permite estudiar los ciclos de vida y patrones de comportamiento. Sin embargo, para realizarla se necesita de metodologías estandarizadas, las cuales no alteren las condiciones de vida, ni el medio físico en el que se desarrollan normalmente los individuos (Verdugo, 1995). En ellas se conocen las condiciones de temperatura, humedad, hábito alimenticio y duración de los diferentes estados. Así mismo, es indispensable tener en cuenta los riesgos que conlleva la cría en un medio de reducido espacio, las infecciones, la desecación, el canibalismo e incluso otros riesgos por mecanismos fisiológicos desconocidos (Carabajal, 1995).

Cada pareja de escarabajos debe ser mantenida y confinada por separado. Previamente es recomendable hacer una limpieza de los ejemplares para eliminar posibles plagas como ácaros del cuerpo del insecto (Amat et al., 2005). Luego del apareamiento la hembra deposita los huevos en las bolas de cría (Halffter & Edmonds, 1982). Los huevos de escarabajos tienen un color blanco lo que los hace fácilmente reconocibles (Gasca, 2002).

Existen dos maneras de iniciar con el proceso de incubación. La primera es dejar los huevos en el sustrato hasta que eclosionen, para esto se necesita cavar cuidadosamente para tener una idea de cuantas bolas de cría ha depositado la hembra. La segunda, es extraer cuidadosamente del terrario cada una de las bolas de cría y colocarlas por separado en cajas plásticas de cría provistas de sustrato alimenticio de esta manera evitando el canibalismo y reduciendo la competencia por el alimento; asimismo se garantiza un buen crecimiento y desarrollo (Gasca, 2002). Este proceso debe hacerse con mucho cuidado, ya que al momento de mover el sustrato se corre el riesgo de dañar las bolas de cría. De manera general para los escarabajos deben ser mantenidas a una temperatura promedio de 23-29°C y humedad relativa del 70-85 % (Amat et al., 2005).



Luego de la eclosión del huevo, las larvas de primer estadio se pueden mantener en las mismas cajas de cría o pueden ser transferidas cuidadosamente a estas, si los huevos permanecieron en el terrario. Las condiciones de humedad y temperatura deben ser las mismas. Es recomendable revisar las cajas dos veces por semana manteniendo las condiciones de humedad con un rociador y en busca de posibles plagas que afecten el desarrollo de las larvas como ácaros, nematodos o insectos parasitoides (Amat et al., 2005).

Después de la primera y segunda ecdisis (muda), las larvas comenzarán a desarrollarse en tamaño y peso para dar lugar al segundo y tercer estado larval (instar), por lo cual deberán ser transferidas a cajas de cría de mayor tamaño para proporcionar más espacio y movilidad. Las larvas continuarán alimentándose y ganando peso durante los próximos días para luego iniciar con el proceso de pupación (Amat et al., 2005).

Teniendo en cuenta lo anterior el objetivo de este capítulo fue evaluar la diversidad y abundancia de coleópteros coprófago en diferentes sistemas ganaderos.

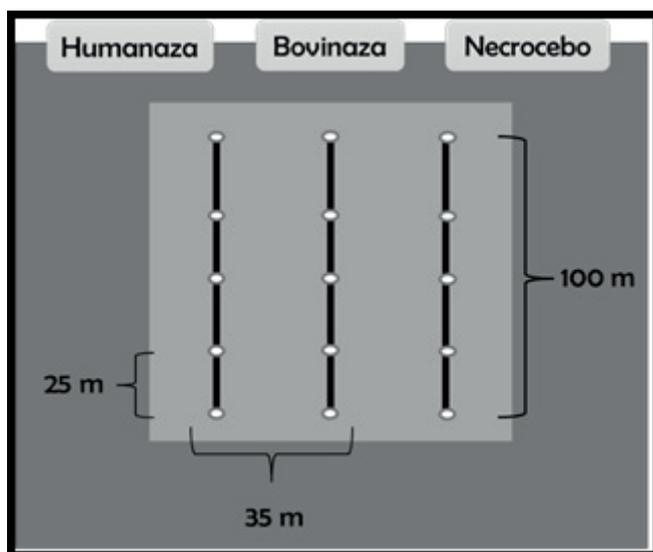
## 1.2. Metodología

Los resultados presentados en este capítulo fueron obtenidos del proyecto titulado: “Efecto de lactonas macrocíclicas (Ivermectina y Moxidectina) y benzimidazoles (Albendazol) sobre la mortalidad y fertilidad de los coleópteros coprófagos (Scarabaeinae) en el Trópico Seco.”, adscrito a la oficina de investigaciones de la Universidad del Tolima con código 380213.

El estudio se realizó entre marzo y abril del 2013 durante el periodo de transición de época seca a época de lluvias en un sistema convencional y silvopastoril en los municipios de Alvarado y Piedras, situados en la subregión central del Tolima; la cual hace parte de la ecorregión del eje cafetero conformada por los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, norte del Valle del Cauca y el noroccidente del Tolima (CARDER-FONADE, 2002). Los municipios seleccionados se encuentran bajo las siguientes



condiciones ambientales: altitud 605 msnm, precipitación de 1200 mm, temperatura promedio de 28°C, suelos caracterizados por ser franco-arcillosos (Cortolima, 2009) y según Holdridge (1996) se localiza en una zona de vida de bosque seco tropical (Bs-T). Se seleccionó un potrero convencional (Finca la Brasilia) en el municipio de Alvarado con ausencia de especies arbóreas y predominio de pasto Colosuana (*Bothriochloa pertusa*); y un sistema silvopastoril (Hacienda El Chaco) en el municipio de Piedras establecido por callejones a 2 m con tres estratos conformados por pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*), Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y Nim (*Azadirachta indica*).



**Figura 1.8.** Disposición de las trampas de cebos en los dos sistemas ganaderos.

Fuente: Autor.

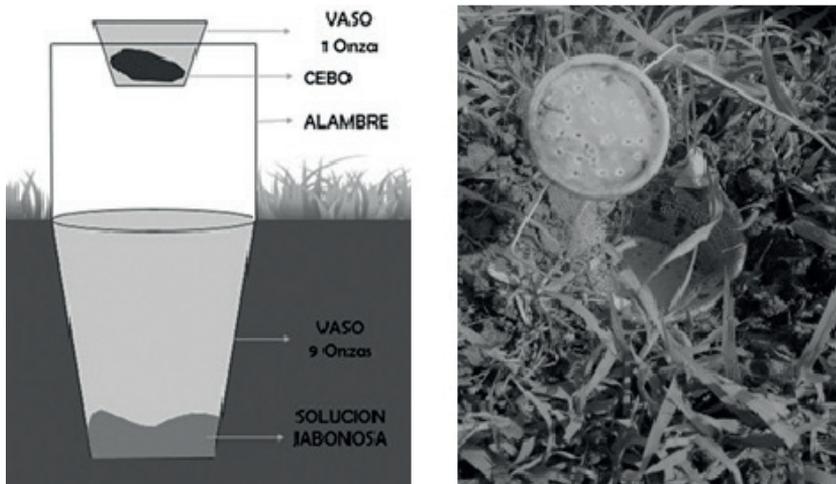
### 1.2.1. Recolección e identificación de escarabajos

En cada sistema ganadero (convencional y silvopastoril) se trazaron tres transectos lineales de 100 m separados por 35 m, cada transecto contenía 5 puntos distanciados a 25 m, como se muestra en la figura 1.8. En cada punto de muestreo se colocaron 4 trampas de caída. Estas fueron elaboradas con vasos de 9 onzas y enterrados a nivel del suelo, se adaptó un vaso de 1 onza con 7 g de cebo por encima de este, por medio de un alambre, como se muestra en la figura 1.9. (Cultid et al., 2012). Las trampas



fueron ocupadas hasta una tercera parte con solución jabonosa para evitar la salida de los escarabajos. En cada transecto se usó un cebo diferente: humanaza, bovinaza y necrocebo (Intestino bovino descompuesto).

Luego de 24 horas se procedió a recoger las trampas y seleccionar los coleópteros del resto de invertebrados. Para esto se tuvo en cuenta las características generales del orden: Cuerpo dividido en tres segmentos (Cabeza, tórax y abdomen), presencia de alas y élitros, observación de 3 pares de patas (Cultid et al., 2012). De esta manera se contabilizaron los individuos pertenecientes a la orden coleóptera encontrados en las trampas de los diferentes puntos de muestreo.



**Figura 1.9.** Trampa de caída utilizada para la captura de escarabajos. Derecha: Dibujo de trampas de caída. Izquierda: Fotografía de una trampa de caída instalada.

Fuente: Autor

### 1.2.2. Evaluación de diversidad y abundancia.

Los coleópteros colectados fueron colocados en recipientes plásticos de 10 ml, preservados en 5 ml de alcohol etílico al 70% y llevados al laboratorio de Ecofisiología Tropical de la Universidad del Tolima. Posteriormente, se realizó identificación de los individuos Scarabaeidae hasta género y en algunos casos hasta especie por medio de las claves propuestas por Medina



& Lopera (2000) y Vaz de mello, Edmonds, Ocampo & Schoolmeesters (2011). Además, se hizo análisis de la diversidad y abundancia de acuerdo a la morfoespecie por medio de la metodología de Simpson (D) y Shannon (H) descrita por Bouza & Covarrubias (2005) (Tabla 1.1).

**Tabla 1.1.** Fórmulas de índice de Simpson y Shannon.

ÍNDICE DE SIMPSON	ÍNDICE DE SHANNON
$D = \sum_{i=1}^s (pi^2)$	$H' = - \sum_{i=1}^s pi \text{ Ln } pi$
donde $pi = \frac{ni}{N}$ $ni$ representa la abundancia de la especie $i$	

Fuente: Adaptado de Cultid et al. (2012).

### 1.3. Resultados

Se colectaron 364 individuos del Orden Coleóptera pertenecientes a las superfamilias Carabidae, Crisomelidae, Scarabeidae, Histeridae y Tenebrionidae, encontrándose una mayor población en el sistema silvopastoril con un 52.2% respecto a un 47.8% en el sistema convencional. Por otro lado, la población Scarabaeidae total recolectada fue de 300 individuos donde el 38.3% se encontró en el potrero convencional y el 61.7% en el sistema silvopastoril, como se observa en la (Tabla 1.2). Estos resultados coinciden a los reportados por Medina, García, Moratinos, Tyrone & Iglesias (2011) quienes encontraron mayor cantidad de macrofauna edáfica en los sistemas silvopastoriles asociados con leucaena (*Leucaena leucophala*) y leucaena-morera (*Morus alba* L). La menor cantidad de individuos capturados se presentó en el sistema convencional, debido a que en este tipo de sistema hay características ambientales heterogéneas por lo que se disminuye la cantidad de microhábitats donde se puedan desarrollar los individuos (Bustos-Gómez & Lopera, 2003).

Se encontraron individuos de 4 tribus (Tabla 1.2), de las 6 reportadas por Escobar (2000a) para Colombia. Los géneros encontrados coinciden con los reportados para la región andina colombiana (Pulido, Medina &



Riveros, 2007) y se resumen en la tabla 2, donde *Canthon sp.* (132 individuos, 44%), *Dichotomus sp.* (50 individuos, 16.7%), *Onthophagus spp.* (45 individuos, 15%) y *Eurysternus* (40 individuos, 13.3%) son los géneros con mayor número de individuos colectados. Esto concuerda con lo observado en el bosque seco tropical del caribe colombiano en los departamentos de Atlántico y Magdalena (Jiménez-Ferbans, Mendieta-Otálora, García & Amat, 2008; Martínez, García, Pulido, Ospino & Narváez, 2009; Martínez et al., 2010) con lo reportado por Castillo, Lara & Olivares (2011) en un bosque pluvial montano del Meta, donde hubo una abundancia relativa de 72% de individuos capturados para el género *Canthon*. Otros estudios realizados en potreros del bosque seco tropical del norte del Tolima por Bustos-Gómez & Lopera (2003) encontraron 3 géneros de escarabajos con frecuencias relativas similares: *Canthon spp.* con 62.4%, *Dichotomus spp.* 21.1% y *Onthophagus spp.* con 16.1%.

**Tabla 1.2.** Géneros de Scarabaeidae capturados en sistema de pastoreo convencional y silvopastoril en el municipio de Alvarado, Tolima.

Genero	Sistema				Población Total		Gremio
	SC		SSP		FA	FR (%)	
	FA	FR (%)	FA	FR (%)			
<i>Tribu/ Coprini</i>							
<b><i>Bdelyrus sp.</i></b>	4	3.5	7	3.8	11	3.6	Pa
<b><i>Dichotomius sp.</i></b>	30	26.1	20	10.8	50	16.7	Pa
<i>Tribu/ Eurysternini</i>							
<b><i>Eurysternus sp.</i></b>	22	19.1	18	9.7	40	13.3	E
<i>Tribu/ Onthophagini</i>							
<b><i>Onthophagus marginicollis</i></b>	28	24.3	10	5.4	38	12.7	Pa
<b><i>Onthophagus sp. 2</i></b>	5	4.3	2	1.1	7	2.3	Pa
<b><i>Digitonthophagus gazella</i></b>	12	10.5	5	2.7	17	5.7	Pa
<i>Tribu/ Canthonini</i>							
<b><i>Canthon mutabilis</i></b>	12	10.5	120	64.9	132	44	Te
<b><i>Pseudocanthon sp.</i></b>	2	1.7	3	1.6	5	1.7	Te

SC: Sistema convencional. SSP: Sistema Silvopastoril. FA: Frecuencia absoluta. FR: Frecuencia Relativa. Pa: Paracópidos. E: Endocóprido. Te: Telecóprido. Fuente: Autor.



Aunque se obtuvieron un gran número de individuos capturados, el periodo de muestreo ocurrió durante una época de transición de baja a alta precipitación, por lo que, es posible que la captura de individuos estuviera reducida, ya que estas especies de escarabajos presentan mayor actividad durante el periodo de lluvias (altas precipitaciones). Esto lo explican Estrada, Costa-Estrada & Cammarano (1998) y Martínez et al. (2010) quienes afirman que dentro de los factores asociados a la presencia de coprófagos están las condiciones medio ambientales. Ya que estas modifican la humedad del suelo para el desarrollo de las pupas, por lo que, muchas especies emergen y se reproducen durante el periodo de lluvias (Howden & Young, 1981; Janzen, 1983; Breytenbach & Breytenbach, 1986; Escobar, 1997; Gámez, Mora & Acconcia, 2006; Martínez et al., 2010), ya que cuando se presenta periodos secos (baja precipitación) se limita la construcción de galerías por la dureza y compactación del suelo (Janzen, 1983).

Los escarabajos colectados se agrupan en los siguientes gremios: 41.3% paracópridos, 45.7% telecópridos, 13% endocópridos como se puede apreciar en la (Tabla 2). De acuerdo con los resultados de Martínez et al. (2010) para el Atlántico, se evidencia una proporción numéricamente cercana en la presencia de paracópridos (49.96%) y telecópridos (50%) respecto al presente estudio. Sin embargo, Martínez et al. (2010) reporta 0.04% de endocópridos, ya que solo se encontraron un individuo para este gremio; lo cual se debe a los hábitos alimenticios y de cría de estas especies. De acuerdo a esta comparación, es posible que el recurso alimenticio en el sistema silvopastoril y convencional sea más abundante o se encontrara cercano a las trampas por lo que se evidenció mayor cantidad de individuos endocópridos. Este comportamiento también fue observado en otras zonas de vidas como la del Guaviare (Escobar, 2000b), en la selva húmeda de Norte de Santander (Esparza & Amat, 2007) y en el bosque tropical montano de Nariño (Escobar y Chacón, 2000). Adicionalmente, se encontró que para el sistema convencional se colectaron el 68.7% de paracópridos respecto al 23.8% en el sistema silvopastoril. En cuanto a telecópridos en el sistema convencional fueron colectados 12.2% respecto al 66.5% en el sistema silvopastoril. De esta manera se observa una relación inversa que hay entre estos dos sistemas frente a la presencia de telecópridos y paracópridos. Con relación a los endocópridos se capturaron el 19.1% en el sistema convencional respecto al 9.7% en el sistema silvopastoril.





**Figura 1.10.** Escarabajo de la especie *D. gazella*.

Fuente: Autor.

En cuanto a las especies encontradas cabe resaltar el *D. gazella* (Figura 1.10), el cual es una especie invasora en Texas desde el continente africano con el fin de contribuir a la remoción de excremento bovino (Fincher, Stewart & Hunter, 1983), esta se ha distribuido hasta Suramérica (Noriega, Moreno & Otavo, 2011). Reportándose en Colombia inicialmente en la isla de San Andrés (Noriega, 2002) y la región continental del caribe (Noriega et al., 2006; Noriega et al., 2007; Rivera & Wolf, 2007; Jiménez-Ferbans et al., 2008; Martínez et al., 2009; Noriega, Delgado, Blanco, Gámez & Clavijo, 2011). En el Tolima se reportó su distribución por primera vez en el 2009 (Noriega et al., 2011c). Al ser esta una especie exótica, los individuos capturados en los dos sistemas de pastoreo son bajos en relación con otras especies colectadas, encontrando 12 y 5 individuos para los sistemas convencionales y silvopastoril respectivamente. Lo que sugiere que esta especie se encuentra en fase de establecimiento (Kohlmann, 1994; Delgado & Márquez, 2006; Young, 2007).



**Figura 1.11.** Escarabajo del género *Onthophagus* sp.

Fuente: Autor.



Por otro lado, el género *Onthophagus* sp. (Figura 1.11) tuvo una frecuencia relativa de 28,7% en el sistema de pastoreo convencional, mientras que en el sistema silvopastoril tan solo un 6,5%, lo cual, coincide con lo reportado por Pereira & Halffter (1961); Howden & Nealis, (1975); Bustos (2000); Kohlmann & Solis (2001); Fuentes (2006) y Cultid et al., (2012), quienes afirman que esta especie se caracteriza por encontrarse en áreas abiertas, tales como potreros y bosques secundarios abiertos, por lo que, se reporta como indicador de deforestación. En este caso, la especie *O. marginicollis* (Figura 1.12) ha sido reportada únicamente en potreros (Montes, 2010). Bustos-Gómez & Lopera (2003) encontraron una frecuencia relativa de 14.1% en potreros del norte del Tolima, para el presente estudio se encontró con una frecuencia relativa de 24.3% en el sistema convencional, cuyo valor supera considerablemente al observado en el sistema silvopastoril que presentó un 5.4%.



**Figura 1.12.** Pareja de escarabajos *Onthophagus marginicollis*.

Fuente: Autor

Bustos-Gómez & Lopera (2003) encontraron una abundancia relativa de *Dichotomius* sp. Del 21.1% comparados con el 16.7% de este estudio. En el mismo trabajo para *Canthon mutabilis* (Figura 1.13) se obtuvo 18.69% de frecuencia relativa en los potreros y no se encontró en el bosque, por lo que se sugiere que el hábitat preferente son los potreros, lo que contrasta con lo observado en el presente estudio, donde hubo una abundancia relativa de 10.5% en el sistema convencional respecto al 64.9% en el sistema silvopastoril. Sin embargo, *Eurysternus* sp reportada en este trabajo como una especie exclusiva del bosque en el presente trabajo se evidenció la presencia en el potrero con una abundancia relativa de 19.1% respecto al 9.7% en el sistema silvopastoril.





**Figura 1.13.** Escarabajo de la especie *Canthon mutabilis*.

Fuente: Autor.

Con relación al índice de riqueza y abundancia estimada por el índice de Simpson (D) y Shannon (H) se encontraron los siguientes valores para el potrero convencional D 0.18 y H 1.81 y para el sistema silvopastoril D 0.44 y H 1.24, como se observa en la tabla 1.3. Donde los valores de Simpson indican que en el sistema silvopastoril hay más probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie y Shannon están por debajo de 2 indicando una baja riqueza (Cultid et al., 2012). Los resultados para el potrero convencional son comparables a los obtenidos en un bosque húmedo tropical por Montes (2010) en un borde de bosque con pasturas de dedicación ganadera en Antioquia donde se obtuvieron valores D 0,77 y H 1,79.

**Tabla 1.3.** Riqueza y abundancia en los sistemas ganaderos de Alvarado y Piedras, Tolima.

	Simpson (D)	Shannon (H)
<b>Sistema convencional</b>	0.18	1.81
<b>Sistema silvopastoril</b>	0.44	1.24

Fuente: Autor.

La abundancia en el sistema silvopastoril D 0.44 es numéricamente mayor respecto al sistema convencional D 0.18, lo cual también evidenció Montoya-Molina et al. (2015) quienes observaron mayor abundancia de individuos en un sistema silvopastoril en el Cesar respecto a un potrero convencional probablemente por la presencia del dosel en los árboles



favoreciendo microclimas y evitando la desecación del excremento. Sin embargo, en el Cesar se evidenció el incremento de la abundancia de especies encontradas principalmente en coberturas boscosas, lo cual también ha sido reportado en otros sistemas (Giraldo, Escobar, Chara & Calle, 2011; Broom, Galindo & Murgueitio, 2013). Por otro lado, Gómez-Cifuentes, Giménez, Munevar & Zurita (2015) obtuvieron porcentajes de captura en sistemas silvopastoriles y potrero similares. De esta manera, estudios en regiones tropicales muestran que en sistemas ganaderos sin estrato arbóreo se pueden mantener la riqueza y abundancia de especies de coleópteros coprófagos (Petit, Petit, Christian & Powell, 1999; Nichols et al., 2008. Zurita & Bellocq, 2012).

## 1.4. Conclusión

La abundancia de escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) en el sistema silvopastoril es mayor numéricamente frente al sistema convencional. Sin embargo, la riqueza fue menor en el sistema silvopastoril. Por otro lado, la especie con mayor frecuencia en el sistema de pastoreo convencional fue *Dichotomius* sp. seguido del *Onthophagus marginicollis*, mientras en el sistema silvopastoril las especies con mayor frecuencia relativa fueron *Canthon mutabilis* y el *Dichotomius* sp. Por otro lado, las especies de escarabajos pertenecientes al gremio paracópridos se presentan con mayor frecuencia en los dos sistemas de pastoreo.

## 1.5. Referencias

- Amat, G., Andrade, G., & Fernández, F. (1999). *Insectos de Colombia. Volumen II*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Amat, G., Gasca, H., & García, E. (2005). *Guía para la cría de escarabajos*. Bogotá: Banco ideas impresores.
- Bouza, C. & Covarrubias, D. (2005). Estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo. *Revista investigación operacional*, 26 (2), 187- 197.
- Breytenbach, W., & Breytenbach, G. (1986). Seasonal patterns in dung feeding Scarabaeidae in the southern cape. *Journal of the entomological Society of South Africa*, 49, 359- 366.



- Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J., Bueno, J., Moreno, A., Lavelle, P., Ordaz, V., & Rodríguez, C. (2001). Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana*, 1, 79110.
- Broom, D., Galindo, F., & Murgueitio, E. (2013). Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. *Proceedings of the Royal Society B*, 280 (1771), 1-9. Doi:10.1098/rspb.2013.2025
- Bustos L. (2000). *Preferencias alimenticias de los escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) en un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima* (Trabajo de grado). Universidad de los Andes: Bogotá. 130 p.
- Bustos-Gómez, F., & Lopera, A. (2003). Preferencia por cebo de los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). *M3m: monografías tercer milenio*, 3 (30), 59-65.
- Carabajal, E. (1995). Cría de Carabus en cautividad. *Boletín de la SEA. Sociedad Entomológica Aragonesa*, 9, 17-20.
- CARDER-FONADE (Ministerio del Medio Ambiente). (2002). Ecorregión eje cafetero: Un Territorio de Oportunidades. Pereira. Tomado de: [http://www.almamater.edu.co/Publicaciones/Ecorregion\\_Eje\\_Cafetero\\_Un\\_Territorio\\_de\\_Oportunidades.pdf](http://www.almamater.edu.co/Publicaciones/Ecorregion_Eje_Cafetero_Un_Territorio_de_Oportunidades.pdf)
- Castillo, R. M., Lara, M. I., & Olivares, J. C. (2011). Diversidad preliminar de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae), atraídos por excremento humano en el Calvario, Meta. *Conexión Agropecuaria JDC*, 1 (1), 17-33.
- Chirico, J., Wikteliuss, S., & Waller, P. J. (2003). Dung beetle activity and development of trichostrongylid eggs into infective larvae in cattle faeces. *Veterinary Parasitology*, 118 (1-2), 157-163.
- Cortolima. (2009). Agenda ambiental del municipio de Alvarado: Documento técnico. Ibagué, Tolima.
- Cultid, C., Medina, C., Martínez, B., Escobar, A., Constantino, L., & Betancur, N. (2012). *Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: guía para el estudio ecológico*. WCS, CENICAFE, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia: Villa María, ISBN: 978-958-98927-5-6.
- Davis, A., Scholtz, C., & Philips, C. (2002). Historical biogeography of Scarabaeinae dung beetles. *Journal of Biogeography*, 29, 1217-1256.
- Delgado, L., & Márquez, J. (2006). Estado del conocimiento y conservación de los coleópteros Scarabaeoidea (Insecta) del estado de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana* 22 (2), 57-108.
- Endrödi S. (1985). *The Dynastinae of the World.*, Dordrecht: Dr. W Junk Publishers. ISBN 90-6193-138-X.



- Escobar, F. (1997). Estudio de la comunidad de coleópteros (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco del norte del Tolima, Colombia. *Caldasia*, 19 (3), 419- 430.
- Escobar, F., & Chacón, P. (2000). Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna se coleópteros coprófagos (Scarabaeinae: Aphodiinae) en un bosque tropical montano, Nariño- Colombia. *Revista de biología tropical*, 48 (49), 961- 975.
- Escobar, F. 2000a. Diversidad y distribución de los escarabajos del estiércol (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Hacia un proyecto CYTED para el -inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PrIBES 2000*, 1: 197- 210.
- Escobar, F. (2000b). Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un mosaico de hábitats en la reserva natural nukak, Guaviare, Colombia. *Acta zoológica mexicana*, 79, 103- 121.
- Estrada, A., Costa- Estrada, R., Dadda, A., & Cammarano, P. (1998). Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of tropical ecology*, 14, 577- 593.
- Esparza, A., & Amat, G. (2007). Composición y riqueza de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en un gradiente altitudinal de selva húmeda tropical del parque nacional natural Catatumbo- Bari (Norte de Santander, Colombia). *Actualidades biológicas*, 29 (87), 181- 192.
- Fincher, G., Stewart, T., & Hunter, J. (1983). The 1981 distribution of *Onthophagus gazelle* Fabricius from releases in Texas and *Onthophagus Taurus* Schreber from an unknown release in Florida (Coleoptera: Scarabaeidae). *The Coleopterists Bulletin*, 37, 159-163.
- Fuentes, P. (2006). Estudio de la fauna de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque húmedo tropical de Colombia. *Entomotrópica*. 21 (3), 133-143.
- Gámez, J., Mora, E., & Acconcia, R. (2006). Informaciones ecológicas sobre *Coprophanæus* (*Coprophanæus*) *telamon nevinsoni* Arnaud & Gámez (Coleoptera: Scarabaeinae Phaenini) en un sector de la selva húmeda sub-montana en Mérida, Venezuela. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 22 (3), 95-105.
- Gasca. H. (2002). *Crecimiento y desarrollo de Dynastes hercules L. (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae); un estudio parcial de su ciclo de vida* (Tesis de grado. Facultad de Ciencias). Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.



- García, L., Suarez, Y., Hernández, R., & Betancourt, A. (2009) Estiércol bovino: Mitos y realidades. *Revista de la Asociación Cubana de Producción Animal*, 4, 36-37.
- Giraldo, C., Escobar, F., Chara, J., & Calle, Z. 2011. The adoption of silvopastoral systems promotes to recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect Conservation and Diversity*, 4, 115-122.
- Gómez-Cifuentes, A., Giménez, V., Munevar, A., & Zurita, G. (2015). Estructura y composición de las comunidades de escarabajos estercoleros (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en diferentes sistemas ganaderos del bosque atlántico de Argentina. *Entomología Mexicana*, 2, 588-594.
- Grebennikov, V., & Scholtz, C. (2004). The basal phylogeny of Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) inferred from larval morphology. *Invertebrate Systematics*. 18, 321–348.
- Halffter, G., & Edmonds, W. (1982). *The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae): an ecological and evolutive approach*. Instituto de ecología: México D. F.
- Halffter, G., & Matthews, E. (1966). The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomologica Mexicana*, 12/14, 1-312.
- Halffter, G. (1991). Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Entomologica Mexicana*, 82, 195-238.
- Halffter, G., & Moreno, C. (2005). Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. *M3m: Monografías tercer milenio*, (4), 5-18.
- Hanski, I., & Cambefort, Y. (1991). *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press: New Jersey.
- Holdridge, L. (1996). *Ecología basada en las zonas de vida*. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. ISBN 92-9039-131-6.
- Howden, H., & Nealis, V. (1975). Effects of claring in a tropical rain forest on the composition of the coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera). *Biotropica*, 7 (2), 77-83.
- Howden, H., & Young O. (1981). Panamian Scarabaeinae: Taxonomy, Distribution, and habits (Coleoptera, Scarabaeidae). *Contributions of the American Entomological Institute*. 18, 1-204.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2018. Trampa de interceptación de vuelo para insectos. In línea Agosto de 2018: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/1883>



- Janzen, H. (1983). Seasonal changes in abundance of large nocturnal dung beetles (Scarabaeidae) in a Costa Rica deciduous forest and adjacent horse pastures. *Oikos*, 33, 274- 283.
- Jiménez-Ferbans, L., Mendieta-Otálora, W., García, H., & Amat-García, G. (2008). Notas sobre los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en ambientes secos de La región de Santa Marta, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 13 (2), 203-208.
- Kohlmann, B. (1994). A preliminary study of the invasion and dispersal of *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) in México (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Acta Zoológica Mexicana*, 61, 35-42.
- Kohlmann, B., & Solís A. (2001). El Género *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. *Giornale Italiano di Entomologia*, 9:139-261.
- Kohlmann, B., & Morón, M. (2003). Análisis histórico de la clasificación de los Coleoptera Scarabaeoidea o Lamellicornia. *Acta Zoológica Mexicana*. 90, 175-280.
- Lavelle, P. Spain, A. (2001). *Soil ecology*. Amsterdam: Springer Science & Business Media.
- Mariscal, C., Bravo, L., & Cala, J. (2012). Identificación de escarabajos estercoleros como biocontroladores de la *Haematobia irritans* (L) en la provincia Cercado del Beni. XIX Reunión Nacional de ABOPA. La Paz, 6 al 8 de Septiembre de 2012.
- Martínez, I., & Lumaret, J. (2006). Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. *Folia Entomologica Mexicana*, 45(1), 57- 68.
- Martínez, N., Cañas, L., Rangel, J., Barraza, J., Montes, J., & Blanco, O. (2010). Coleopteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un fragmento de bosque seco tropical en el departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín del museo de entomología de la universidad del valle*, 11 (1), 20- 30.
- Martínez, I., Cruz, M., Montes, E., & Suarez, T. (2011). *Función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos*. México: Secretaria de educación de Veracruz. ISBN 978-607-7536-16-1.
- Martínez, N., García, J., Pulido, L., Ospino, D., & Narváez, J. (2009). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de la vertiente noroccidental, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Neotropical Entomology*, 28 (6), 708-715.
- Medina, C., Lopera, A. (2000). Clave ilustrada para la identificación de géneros de escarabajos coprófagos (coleoptera: scarabaeinae) de Colombia. *Caldasia*, 22 (2), 299-315.



- Medina, C., Lopera, A., Vitolo, A., & Gill, B. (2001). Escarabajos Coprófagos (Coleóptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colombiana*, 2 (2), 131-144.
- Medina, M., García, D., Moratinos, P., Tyrone, C., & Iglesias, J. (2011). Macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles con *Morus alba*, *Leucaena leucophala* y pastos. *Zootecnia Tropical*, 29 (3), 301-312.
- Montes, J. (2010). *Efecto de borde en ensamblajes de escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeidae) en fragmentos de bosque en el nordeste antioqueño*, Colombia (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Montoya- Molina, S., Giraldo-Echeverri, C., Montoya-Lerma, J., Escobar, F., Chara, J., & Murgueitio. (2015). III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VIII Congreso internacional de sistemas agroforestales. 7-9 mayo 2015. Iguazú- Misiones, Argentina. En: [http://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-libro\\_actas\\_silvopastoriles\\_-\\_agroforestales.pdf](http://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-libro_actas_silvopastoriles_-_agroforestales.pdf)
- Morón, M. (1984). *Escarabajos 200 millones de años de evolución*. Zaragoza: Instituto de Ecología, A. C. y Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.).
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcua, S., & Favila, M. (2008). Ecological functions and ecosystems services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141, 1461-1474.
- Noriega, J. (2002). First report of the presence of the genus *Digitonthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Colombia. *Caldasia*, 24 (1), 213-215.
- Noriega, J., Moreno, J., & Otavo, S. (2011a). Quince años del arribo del escarabajo coprófago *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleóptera: Scarabaeidae) a Colombia: proceso de invasión y posibles efectos de su establecimiento. *Biota Colombiana*, 12 (2), 35-44.
- Noriega, J., Delgado, O., Blanco, J., Gámez, J., & Clavijo, A. (2011b). Introducción, establecimiento e invasión de *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleóptera: Scarabaeidae) en las sabanas colombo-venezolanas. *Entomotropica*, 26 (2).
- Noriega, J., Moreno, J., Moreno, C., Otavo, S., & Castaño, E. (2011c). New departmental records of *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 16 (3).
- Noriega, J., Solís, C., Quintero, I., Pérez, L., García, H., & Ospino, D. (2006). Registro continental de *Digitonthophagus gazella* (Coleóptera: Scarabaeidae) en Colombia. *Caldasia*, 28 (2), 379-381.
- Noriega, J., Solís, C., Escobar, F., & Realpe, E. (2007). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) de la provincia de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Biota Colombiana*, 8 (1), 77-86.



- Pereira, F. & Halffter, G. (1961). Nuevos datos sobre Lamellicornia mexicanos con algunas observaciones sobre saprófagia. *Revista Brasileña de Entomología*, 10, 53-66.
- Petit, L., Petit, D., Christian, D., & Powell, H. (1999). Bird communities of natural and modified habitats in Panamá. *Ecography*, 22, 292-304.
- Petersen, R., Lucas, H., & Woodhouse, W. (1956). The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility: I. Excretal distribution, *Agronomy Journal*, 48 (10), 440-449. doi:10.2134/agronj1956.00021962004800100002x
- Pinheiro, C. (2006). *Pastoreo racional Voisin. Tecnología agroecológica para el tercer milenio*. Hemisferio sur: Buenos Aires.
- Pulido, L., Medina, C., & Riveros, R. (2007). Nuevos registros de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) para la región andina de Colombia. *Revista de la Academia Colombia de Ciencias Físicas y Exactas*, 31 (119), 305-310.
- Reed, D., Lee, M., Kim, S., & Klein, M. (1991). Attraction of scarab beetle populations (Coleoptera: Scarabaeidae) to Japanese beetle lures in the Republic of Korea. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 36 (3), 163-174.
- Rivera, C., & Wolff, M. (2007). *Digitonthophagus gazella* (Coleóptera: Scarabaeidae): distribución en América y dos nuevos registros para Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 33 (2), 190-192.
- Russelle, M., Entz, M., & Franzluebbers, A. (2007). Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. *Agronomy Journal*, Madison 99: 325-334.
- Smith, A. (2006). A review of the family-group names for Superfamily Scarabaeoidea (Coleoptera) with corrections to nomenclature and a current classification. *Coleopterists Society Monograph*. 5, 144-204.
- Solís, A. (2004). La superfamilia Scarabaeoidea de Costa Rica: Disponible en: <http://www.inbio.ac.cr/papers/lameli/>
- Solis, A. (2014). *Métodos y técnicas de recolecta para coleópteros Scarabaeoideos*. Costa rica: Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Triplehorn, C., & Johnson, N. (2005). *Borror and delong's introduction to the study of insects*. Minnesota: Thompson Brooks/ Cole.
- Vaz-de-Mello, F., Edmonds, W., Ocampo, F., & Schoolmeesters, P. (2011). A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa*. 2854: 1-73.
- Verdugo, A. (1995). Experiencias en la cría en cautividad de coleópteros. Boletín de la SEA. *Sociedad Entomológica Aragonesa*. 9, 21-23.



- Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina & A.M. Umaña. (2006). *Insectos, Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogota: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Yokoyama, K., Kai, H., Koga, T., & Aibe, T. (1991). Nitrogen mineralization and microbial populations in cow dung, dung balls and underlying soil affected by paracoprid dung beetles. *Soil Biology y Biochemistry*, 23 (7):643-647.
- Young, O. (2007). Relationships between an introduced and two native dung beetle species (Coleoptera: Scarabaeidae) in Georgia. *Southeastern Naturalist*, 6 (3), 491-504.
- Waite, R., MacDonald, W., & Holmes, W. (1951). Studies in grazing management. III. The behavior of dairy cows grazed under the close folding and rotational systems of management. *The journal of agricultural science*. 41(1-2), 163-173. doi:10.1017/S0021859600058640
- Whitehead, D. (1970). *The role of nitrogen in grassland productivity*. Commonwealth bureau of pastures and field crops bull. Hurley: Berkshire.
- Zurita, G., & Bellocq, M. (2012). Bird assemblages in anthropogenic habitats: identifying a suitability gradient for native species in the Atlantic forest. *Biotropica*. 44, 412-4.





Capítulo 2

**EVALUACIÓN FÍSICA Y DINÁMICA  
MICROBIOLÓGICA DEL SUELO  
EN UN SISTEMA DE PASTOREO  
CONVENCIONAL Y UN SISTEMA  
AGROFORESTAL CON CÍTRICOS  
EN EL TRÓPICO SECO**





## 2.1. Introducción

En un lenguaje sencillo, agroforestería es la producción de árboles y de cultivos no arbóreos o animales en el mismo terreno. Los cultivos pueden sembrarse juntos al mismo tiempo, pueden sembrarse en rotación o incluso pueden sembrarse en parcelas separadas cuando los materiales de uno se utilizan para beneficiar al otro. Sin embargo, esta sencilla definición falla al no tomar en cuenta los conceptos integrados asociados con la agroforestería que hacen de este sistema de manejo de la tierra posiblemente el más auto sostenido y ecológicamente sólido de cualquier sistema agropecuario. Así, una segunda definición de agroforestería sería la integración de árboles, plantas, y animales en sistemas productivos de largo plazo y conservacionistas. La agroforestería puede considerarse más un enfoque que una tecnología única, completa. Si bien se han diseñado varios sistemas completos, dicha tecnología podría requerir ajuste para situaciones particulares. La flexibilidad del enfoque agroforestal es una de sus ventajas (Martin & Sherman 2007 y Ibrahim, 2001).

Por otro lado, Pezo & Ibrahim (1998), definen el silvopastoreo como un tipo de agroforestería, como una opción de producción pecuaria donde las leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo sistema de manejo integral. Los sistemas silvopastoriles (SSP) cumplen funciones múltiples, proveen retornos económicos y, al mismo tiempo, crean un sistema de producción sustentable con muchos beneficios ambientales (González-Hernández & Rozados-Lorenzo, 2008, Harvey et ál. 2005).



## 2.1.1. Efectos Positivos Sobre el Suelo

La incorporación de leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas tradicionales ganaderos, permite incrementar la fertilidad del suelo, mejora su estructura y disminuir los procesos de erosión. Estos resultados han sido explicados al reciclaje de nutrientes que ocurre, la fijación de N, la profundización de las raíces de los árboles, la mayor actividad de la macro y microfauna y el control de la erosión (Maecha, 2002).

### 2.1.1.1. Reciclaje de Nutrientes

El manejo de gramíneas acompañado de árboles y / o arbustos, permite que una fracción representativa de los nutrientes que han sido extraídos de la solución edáfica retornen a ella mediante la deposición, el follaje y residuos de pastoreo o podas en la superficie del suelo. Esta materia orgánica, contribuye a modificar las características físicas del suelo como su estructura (Sadeghian, Rivera & Gómez, 1998; Fassbender, 1993).

### 2.1.1.2. Acción de Micro y macrofauna

La mayor presencia de materia orgánica en el suelo y el microclima (humedad y temperatura) creado a por la presencia de árboles, favorece la actividad biológica de la micro y macrofauna, resultando en una alta mineralización de N y utilización en el suelo. Además, la materia orgánica que es incorporada paulatinamente al suelo por la acción de endofauna contribuye a mejorar la estabilidad y la capacidad de infiltración de agua (Belsky, Mwonga & Duxbury, 1993).

De igual forma, otros autores han reportado que el silvopastoreo aumenta la diversidad faunística fomentando los depredadores, especialmente de insectos, convirtiéndose en un ecosistema menos susceptible en comparación con el monocultivo. En Magangué (Bolívar) y Santa Ana (Magdalena), se tienen reportes de observación, en los cuales indican que el mión de los pastos o salivazo (*Eneolamia sp*) y el chinche (*Blissuss sp.*), afectan menos las praderas arborizadas que las praderas limpias con monocultivos de pastos, especialmente de Colosua (*Bothriochloa pertusa*) (Botero, 1996).



Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas y dinámica microbiana del suelo en un sistema de pastoreo convencional y un sistema agroforestal con cítricos en el trópico seco.

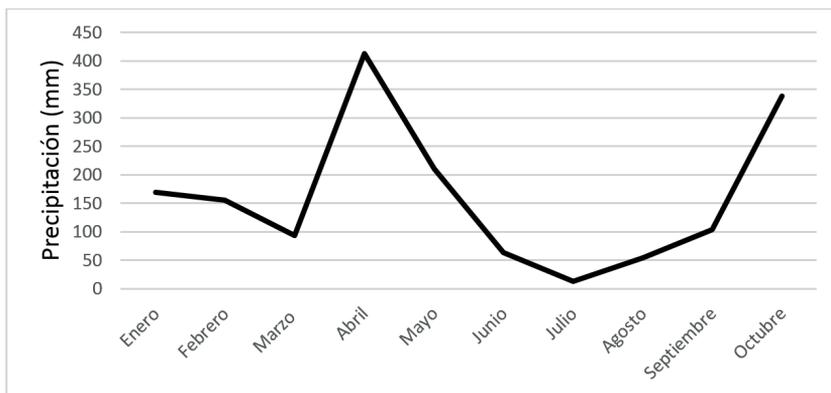
## 2.2. Metodología

Los resultados presentados en este capítulo fueron obtenidos del proyecto titulado: “Evaluación ecofisiológica de un sistema agroforestal Frutales – Pasturas- Ovinos en el trópico Seco del departamento del Tolima.”, adscrito a la oficina de investigaciones de la Universidad del Tolima con código 280213.

El estudio se realizó en el Centro Universitario Regional del Norte (CURDN), ubicado en la vía hacia el Municipio de Armero- Guyabal, con coordenadas; Latitud 5°0'29.46" N y Longitud 74°54'18.32" O. Esta zona presenta las siguientes condiciones: Zona de vida según Holdridge Bosque Seco Tropical (bs-T), temperatura promedio de 27 °C, altura entre 275 a 550 m.s.n.m., precipitación de 1.738 mm anuales, humedad relativa de 71 %.

La evaluación se realizó durante un periodo húmedo comprendido entre los meses de abril a mayo y periodo seco entre los meses de junio a julio de 2014 como se aprecia en la figura 2.1. Las evaluaciones se realizaron en dos sistemas de producción: uno de ellos; un sistema convencional sin presencia de especies leñosas y el segundo en un sistema agroforestal con frutales (limón Tahití - *Citrus aurantifolia*). Cada sistema contó con un área de una hectárea. Los dos sistemas presentaban las mismas especies de gramíneas (*Brachiaria xaraes*, *Brachiaria mulato* y *Panicum maximum*).





**Figura 2.1.** Curva de Precipitación de la granja el CURDN durante los primeros 10 meses del 2014

## 2.2.1. Análisis físico - químico del suelo

Para el análisis físico-químico del suelo se tomó una muestra (1 kg.) de suelo a una profundidad de veinte centímetros por cada sistema productivo para ser analizado en el laboratorio AGQ labs & technological services. Se analizó pH, materia orgánica, macro y micro-minerales disponibles, textura, intercambio catiónico y densidad aparente.

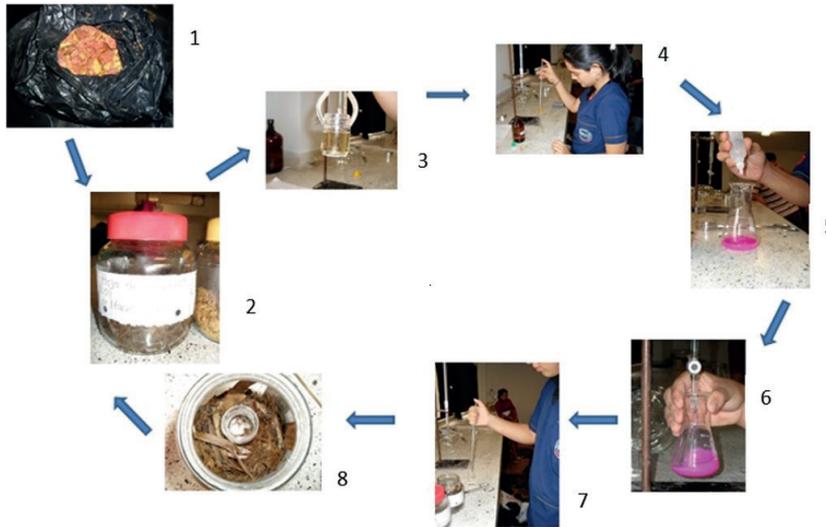
Para la evaluación de la dinámica microbiana se tomaron muestra 500 gr de suelos a una profundidad de 20 cm, en el sistema convencional se muestrearon 10 puntos aleatorios y en el sistema agroforestal se seleccionaron al azar 10 cítricos, en cada cítrico se tomó una muestra a 50, 100 y 150 cm de la base del arbusto.

## 2.2.2. Respirometría

Se evaluó el comportamiento microbiológico estimando la respiración ( $\text{CO}_2$ ) poblacional de los microorganismos. Se realizaron tres repeticiones por cada uno de los tratamientos evaluados. Las mediciones de  $\text{CO}_2$  mediante respirometría, se realizaron empleando la metodología descrita en el Manual de Métodos Analíticos de Laboratorio de suelos del I.G.A.C. (1990). El respirométero constó de un frasco grande y uno de menor tamaño.



En el frasco más chico se llenó con 10ml de NaOH al 1N y se introdujo en los frascos de mayor tamaño que contenían la muestra de suelo (100 gr). Posteriormente los frascos se sellaron con papel parafilm, para evitar pérdidas de CO<sub>2</sub> liberado. Luego se incubó los frascos a temperatura ambiente, pasadas 24 horas se realizó titulación de la solución de NaOH, agregándole 2ml de BaCl<sub>2</sub> y 2 gotas de fenolftaleína, esta solución se tituló con HCl al 1N (figura 2.2).



**Figura 2.2.** Pasos de respirometría sobre diferentes ensilajes. Fuente, autores.

Cálculos:

- NaOH ml (muestra transformada en Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) = 3HCl ml (testigo) - HCl
- CO<sub>2</sub> mg = NaOH ml (convertido en Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) x N (normalidad) HCl x 22

## Valor fertilizante (N, P y K)

Para estimar la cantidad de carbono microbiano producido en un sustrato se multiplicó la producción de CO<sub>2</sub> por el coeficiente 0.75, este valor sirvió de base para encontrar el valor fertilizante del nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales se calcularon como la sexta, treceava y veinteava parte del carbono microbiano respectivamente siguiendo el procedimiento de Escobar (2013).



### 2.2.3. Relación Suelo-Agua-Planta

Se determinó el porcentaje de humedad de suelo por medio de método directo de gravimetría, este método consiste en tomar una muestra de suelo (100 gr), realizar un pesaje inicial y luego secarlo en una estufa a 105° C pasado 24 horas se lleva a un desecador para luego ser pesado nuevamente. El número de repeticiones para esta variable fue de diez por cada uno de los tratamientos.

Cálculos:

$$w = \frac{Mw}{Ms}$$

Donde:

W: Humedad

Mw: Muestra Húmeda

Ms: Muestra Seca

### 2.2.4. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico completamente aleatorizado. Los datos se analizaron en primera instancia en una forma descriptiva con medidas centrales y de dispersión entre las diferentes variables y después se realizó ANOVA, adicionalmente se aplicó el Test HSD (Honestly-significant-difference) de Tukey para comparar las medias. Los análisis estadísticos se corrieron en el software estadístico InfoStat versión e13.

## 2.3. Resultados

Como se aprecia en la tabla 2.1, el análisis químico del suelo en el sistema agroforestal con cítricos presentó mejores resultados que el suelo del sistema convencional, dentro del análisis sobresale que el porcentaje de materia orgánica presente en suelo del sistema agroforestal es 3,6 veces más alto que el sistema convencional, también se observa que el nitrógeno es 3 veces más alto en el sistema agroforestal, cabe resaltar que tanto el sistema agroforestal como el sistema convencional no se han abonado desde el momento de sus instauración (3 años), lo que sugiere que el sistema agroforestal se presenta un alto nivel de ciclaje de nutrientes que mejoran las condiciones del suelo a nivel físico y químico. Según Sadeghian



et al. (1998) y Fassbender (1993), el manejo de gramíneas acompañado de árboles y/o arbustos, permite que una fracción representativa de los nutrientes que han sido extraídos de la solución edáfica retornen a ella mediante la deposición, el follaje y residuos de pastoreo o podas en la superficie del suelo.

**Tabla 2.1.** Análisis químico del suelo presente en un sistema convencional y un sistema agroforestal con cítricos.

	Sistema Convencional		Sistema Silvopastoril	
	Valor	Observación	Valor	Observación
pH	6.02	pH próximo a la neutralidad. Adecuada disponibilidad de la mayor parte de los elementos minerales.	5.48	pH ácido. Adecuada disponibilidad de la mayor parte de los elementos minerales.
Caliza Activa (%)	< 0.5	No deben esperarse problemas. La caliza activa no afecta la disponibilidad de otros elementos minerales.	< 0.5	No deben esperarse problemas, la caliza activa no afecta la disponibilidad de otros elementos minerales.
Materia Orgánica (%)	2.07	Alto contenido en materia orgánica, lo que tiene un efecto muy beneficioso sobre el complejo de cambio y la estructura del suelo.	7.55	Contenido en materia orgánica muy alto, lo que tiene un efecto muy beneficioso sobre el complejo de cambio y la estructura del suelo.
Nitrógeno (mg/Kg)	1369.1	Contenido normal en nitrógeno. Abonado de fondo adecuado y/o ritmo de mineralización de la materia orgánica normal.	4191.1	Suelo muy rico en nitrógeno. Abonado de fondo excesivo y/o ritmo de mineralización de la materia orgánica muy alto.
Calcio (meq/100g)	3.65	Escasa disponibilidad de calcio, lo que además puede tener un efecto desfavorable sobre la estructura del suelo.	6.37	Baja disponibilidad de calcio y posible efecto desfavorable sobre la estructura del suelo.
Magnesio (meq/100 g)	1.5	Baja disponibilidad de magnesio.	1.68	Adecuada disponibilidad de magnesio
Potasio (meq/100g)	0.56	Adecuada disponibilidad de potasio para la planta	0.94	Buena disponibilidad de potasio para la planta.



	Sistema Convencional		Sistema Silvopastoril	
	Valor	Observación	Valor	Observación
Sodio (meq/100g)	0.08	Contenido en sodio óptimo, lo que descarta sus efectos negativos sobre la planta y el suelo.	0.11	Contenido en sodio óptimo, lo que descarta sus efectos negativos sobre la planta y el suelo.
C/N	8.78	Materia orgánica correctamente descompuesta.	10.45	Materia orgánica poco descompuesta. Aún persiste el efecto de aportes recientes de M.O.
Ca/Na	45.9	Bajo riesgo de dispersión de arcillas y compactación del suelo.	58.8	Bajo riesgo de dispersión de arcillas y compactación del suelo.

Fuente: autores.

González- Hernández y Rozados (2008) y Harvey et ál. (2005), señalan que los sistemas silvopastoriles cumplen funciones múltiples, proveen retornos económicos y, al mismo tiempo, crean un sistema de producción sustentable con muchos beneficios ambientales.

Maecha (2002), reporta que la incorporación de leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas tradicionales ganaderos, permite incrementar la fertilidad del suelo, mejora su estructura y disminuye los procesos de erosión, lo cual es explicado por el reciclaje de nutrientes que ocurre, la fijación de N, la profundización de las raíces de los árboles, la mayor actividad de la macro y microfauna y el control de la erosión.

### 2.3.1. Evaluación microbiológica

Con relación a la evaluación microbiológica se encontraron diferencias significativas con un  $p < 0,05$  entre los diferentes puntos de evaluación dentro del sistema agroforestal y el sistema convencional durante la época seca como se puede observar en la tabla 2.2, donde, las muestras de suelo tomadas a 50 cm de distancia de los arbustos obtuvieron la actividad microbiana más elevada.



Por otro lado, la actividad microbiana del suelo a una distancia de 150 cm de los cítricos con los siguientes valores  $1.4 \pm 0.5$  y  $1 \pm 0.2$  mg CO<sub>2</sub> para época seca y época húmeda respectivamente presentaron valores similares a la actividad microbiana en el sistema convencional durante la época seca y húmeda  $1.5 \pm 0.6$  y  $1.0 \pm 0.2$  respectivamente.

**Tabla 2.2.** mg de CO<sub>2</sub> microbiano producido en suelos de un sistema convencional (C) y diferentes distancias de cítricos de un sistema agroforestal. (S50; S100 y S150: 50, 100 y 150 cm de distancia al frutal respectivamente).

Tratamiento	Época	
	Seca (mg CO <sub>2</sub> /gr)	Húmeda (mg CO <sub>2</sub> /gr)
S50	2,1 ± 0,3 a	1,5 ± 1,3 a
S100	1,6 ± 0,6 b	1,4 ± 1,3 a
S150	1,4 ± 0,5 b	1,0 ± 0,2 a
C	1,5 ± 0,6 b	1,0 ± 0,2 a
p	0,032	0,063
EE	0,4	0,2

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), EE: error estándar

Fuente: autores

Celisa, et al., (2009), en estudios similares reportan que la actividad microbiana medida en diferentes suelos fue mayor donde la materia orgánica era más alta, lo cual concuerda con los resultados encontrados en el presente estudio. Fortis-Hernández *et al* (2009), reportan que la adición de residuos vegetales o excretas incrementan la actividad microbiana, lo cual explica en gran medida los resultados encontrados en los suelos más cercanos al arbusto (donde hay un mayor depósito de hojas y frutos resultado de la caída periódica del arbusto) que presentaron mayor actividad microbiana. Por otro lado, Pedraza et al. (2010) y Reyes-Jaramillo (2011), reportan que la actividad microbiana presente en la zona rizosfera es mayor y está dada por la interacción entre suelo-raíz-microorganismo y es fundamental para que exista una buena dinámica entre el suelo, agua y nutrientes minerales, González-Parra (2000), reporta que los microorganismos se distribuyen paralelos a las raíces disminuyendo su población a medida que aumenta la distancia a la zona de germinación de la planta, lo cual explicaría la menor actividad microbiana presente en los suelos más distantes a los arbustos.



### 2.3.2. Humedad del Suelo

Con relación a la humedad del suelo no se encontraron diferencias significativas entre los sistemas y las diferentes distancias al arbusto como se puede observar en la tabla 2.3, sin embargo, se observa que hay mayor humedad en el suelo que se encuentra más cerca de los cítricos y que el sistema convencional presenta menor retención de humedad con relación a puntos evaluados en el sistema agroforestal.

**Tabla 2.3.** Porcentaje de humedad en suelos colectados en suelos de un sistema convencional (C) y diferentes distancias de cítricos de un sistema agroforestal. (S50; S100 y S150: 50, 100 y 150 cm de distancia al frutal respetivamente) en el trópico seco durante época seca y húmeda.

Tratamiento	Época	
	Húmeda (%)	Seca (%)
C	9 ± 3,9	4,1 ± 1,5
S150	9,7 ± 1,1	5,1 ± 0,7
S100	10,4 ± 1,3	5,0 ± 0,9
S50	10,7 ± 1,3	5,0 ± 0,9
EE	1,1	0,6
p	0,082	0,1023

EE: error estándar.

Fuente, autores.

### 2.3.3. Valor Fertilizante

Como se puede observar en la tabla 2.4 el valor de fertilizante representado por la cantidad de carbono, nitrógeno, fósforo y potasio microbiano en los diferentes sistemas de pastoreo presentaron diferencias significativas con un  $p > 0,05$  durante la época seca en el suelo más cercano a los arbustos, esto es explicado por la mayor actividad microbiana visualizada y la cantidad de dióxido de carbono producido en estas zonas, sugiriendo que existe a esta distancia (50 cm) un ambiente propicio para el crecimiento microbiano.



**Tabla 2.4.** Valor fertilizante en suelos de un sistema convencional (C) y diferentes distancias de cítricos de un sistema agroforestal. (S50; S100 y S150: 50, 100 y 150 cm de distancia al frutal respectivamente) en el trópico seco durante época seca y húmeda.

Época	Tratamiento	mg CO <sub>2</sub> /gr	mg C mic/gr de suelo	mg N mic/gr de suelo	mg P mic/gr de suelo	mg K mic/gr de suelo
Seca	S50	2,1	1,58	0,26	0,12	0,08
	S100	1,6	1,20	0,20	0,09	0,06
	S150	1,4	1,05	0,18	0,08	0,05
	C	1,5	1,13	0,19	0,09	0,06
Húmeda	S50	1,5	1,125	0,19	0,09	0,06
	S100	1,4	1,05	0,18	0,08	0,05
	S150	1	0,75	0,13	0,06	0,04
	C	1	0,75	0,13	0,06	0,04

mg C mic/gr: miligramos de carbono microbiano por gramo de suelo; mg N mic/gr: miligramos de nitrógeno microbiano por gramo de suelo; mg P mic/gr: miligramos de fósforo microbiano por gramo de suelo y mg K mic/gr: miligramos de potasio microbiano por gramo de suelo

Fuente: Autor

## 2.4. Conclusión

Los sistemas silvopastoriles presentan un efecto benéfico al componente edáfico al presentar una mayor actividad microbiana, una mejor retención de humedad durante periodos secos y mejores indicadores bioquímicos.

## 2.5. Referencias

- Belsky, A. J., Mwonga, S. M., Duxbury, J. M. (1993). Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannas. *Agroforestry systems*, 24(1), 1-20.
- Botero, R. (1996). *Manejo de Praderas y Cobertura arbórea en ganado de doble propósito en la zona caribe*. En: Memorias de seminario internacional sobre sistemas silvopastoriles. Corpoica.
- Celisa, J., Sandovalb, M. & Zagalb, E. (2009). Actividad respiratoria de microorganismos en un suelo patagónico enmendado con lodos salmonícolas. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41 (3), 275-279.



- Escobar, N., Romero, N., & Mora Delgado, J. (2013). Dinámica microbiológica en abonos obtenidos a partir de residuos orgánicos de fincas cafeteras. *Agronomía*, 21 (2), 29 – 39.
- Fassbender, H. (1993). *Modelos edafológicos de Sistemas agroforestales*. Turrialba, CATIE.
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J., García-Hernández, J. & Orozco-Vidal J. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*. 27 (4), 329-336.
- González-Hernández, M.P., Rozados, M. J. (2008). *Pasture production and tree growth in agroforestry systems of Northwest Spain. Ecological basis of agroforestry*. Boca Raton, Florida: Taylor and Francis Group.
- González-Parra, M. (2000). *Efecto de un inoculante microbiano a partir de cepas nativas de Azotobacter chroococcum sobre el rendimiento en secuencias de cultivos hortícolas*. (Tesis de maestría) Universidad De Camagüey, Instituto De Suelo, 1- 75.
- Harvey, C. A., Villanueva, C., Villacís, J., Chacón, M., Muñoz, D., López, M., ... & Navas, A. (2005). Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agriculture, ecosystems & environment*, 111 (1-4), 200-230. doi:10.1016/j.agee.2005.06.011
- Ibrahim, M. (2001). *Potencialidades de los Sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales: memorias de una conferencia electrónica realizada entre septiembre y diciembre del 2001*. Turrialba: CATIE.
- I.G.A.C. 1990. *Manual de métodos analíticos de laboratorio de suelos*. Bogotá: IGAC.
- Maecha, L. (2002). El silvopastoreo: una alternativa de producción disminuye que el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de ciencias Pecuarias*. 15: 2, 226-231.
- Martin, F., Sherman, S. (2007). Principios de agroforestería. Marango - Nota Técnica de ECHO. 24 de mayo de 2012, Recuperado de <http://www.echocommunity.org/resource/collection/96A1B5DF-DAD3-4D80-B3BC-FAF7F6A0414E/AgroforestryPrinciplesSpanish.pdf>
- Pedraza, R., Teixeira, K., Fernández, A., García, I., Baca, B., Azcón, R., Baldani, V., Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 11 (2), 155-164.
- Pezo, D., Ibrahim, M. (1998). *Sistemas silvopastoriles. Colección de modelos de enseñanza agroforestal*. N ° 2. Costa rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE.



- Reyes-Jaramillo, I. (2011). La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizosfera: comunidad microbiológica dinámica del suelo. *Revista Contactos*, 81, 17–23.
- Sadeghian, S., Rivera, J.M., Gómez, M.E. (1998). Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los andes de Colombia. En: *Memorias de la conferencia sobre electrónica agroforestería para la producción animal en América Latina*, CIPAV – FAO.





### Capítulo 3

# **RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN DE PASTURAS NATURALIZADAS EN EL TRÓPICO SECO DEL TOLIMA**





### 3.1. Introducción

Las gramíneas representan uno de los grupos biológicos que están más adaptados a diferentes ambientes como bosque templado y cálido-húmedo; dentro de esta gran variedad de especies se encuentran las utilizadas como alimento para el ganado y otros rumiantes, se estima que a nivel mundial existen un poco más de 700 géneros y alrededor de 10,000 especies de gramíneas (Valdés y Dávila, 1995).

Entre los 700 géneros de gramíneas encontramos el *Bothriochloa*, el cual presenta cerca de 35 especies en el mundo (Watson & Dallwitz, 1992). En un trabajo realizado por Vega, (2000), reconoce en América 22 especies, dos subespecies y una variedad.

Dos de esas especies se han trabajado en Colombia, el pasto Vidal (*B. saccharoides*) y en especial el pasto Colosuana (*Bothriochloa pertusa*), que es una gramínea perenne que se da espontánea y rápidamente en las praderas de las zonas tropicales (Vélez, 2011). Es nativo de Asia (Sur y Sudeste), tolera sequía (500 a 900 mm), encharcamientos por periodos cortos de tiempo, adaptado a suelos moderadamente ácidos o alcalinos de baja fertilidad (arenosos o arcillosos), responde a fertilización con N y P, es invasivo (semilla y estolones) con alto potencial de convertirse en maleza (Lascano y Argel, 2011). Una de las alternativas para mejorar y aumentar la productividad de las gramíneas es el uso de fertilización, ya que ésta devuelve al suelo parte de los nutrientes que el cultivo ha extraído e incrementa el rendimiento de forraje y la producción animal (Segura y Rojas, 2008).



### 3.1.1. Fertilización de praderas - Importancia

En el trópico las pasturas generalmente son cultivadas en suelos con baja concentración de materia orgánica, la continua extracción de nutrientes como forraje y la erosión, hacen necesario asegurar un buen reciclaje de nutrientes (Apolinário et al., 2014). En condiciones de pastoreo el reciclaje de nutrientes se realiza a través de la incorporación de la hojarasca del pastizal y las heces de los animales, con el aumento de la carga animal, hay una menor acumulación de hojarasca, el retorno de nutrientes a través de las excretas no es un proceso uniforme (Jiménez, Granados, Oliva, Quiroz y Barrón, 2010). Esto debido a que los rumiantes presentan una tendencia a congregarse cerca de los sitios de sombrero y abrevadero, siendo mayor proporción de retorno de nutrientes a estas zonas, conllevando a una disminución de la fertilidad del suelo en otras áreas (Teixeira et al., 2014). Es necesario asegurar la reposición de nutrientes a través de la práctica de fertilización con el objetivo de evitar la pérdida de fertilidad del suelo, aumentar la cantidad y calidad de la pastura (Chinea y Arévalo, 2014). Por lo cual, es importante que todos los nutrientes que se suministren deben de estar en cantidades equilibradas y que el nivel de exigencia de la planta dependerá del tipo de suelo, condiciones climáticas, fertilidad y tipo de pastoreo (Silva et al., 2014).

### 3.1.2. Respuesta productiva de pastos tropicales a la fertilización nitrogenada

El principal elemento para la fertilización es el nitrógeno y tiene como principales características la estimulación del crecimiento y desarrollo de las hojas, tallos y raíces, promoviendo así una mayor absorción de otros nutrientes en la planta, y también permite la optimización en la utilización de carbohidratos en las plantas (Duran et al., 2016).

Es posible aumentar la producción de forraje mediante la fertilización con nitrógeno, ya que este permite el aumento de la velocidad de flujo de tejido, que conlleva a una mayor área foliar, longitud, número de hojas y tasa de aparición foliar (Silva et al., 2014). Queiroz et al. (2012), evaluaron la respuesta productiva de *Cynodon* spp cv. tifton 85 and *Brachiaria*



*brizantha* cv. *Xaraés* con irrigación sometidos a dos dosis de Nitrógeno en forma de urea (200 Kg/N/ha y 400/N/ha) con cuatro estrategias de aplicación: 1) 50% en el período lluvioso y el otro 50% en el período seco; 2) 1/3 parte en el período lluvioso y 2/3 en el período seco; 3) 2/3 de la dosis en el período lluvioso y 1/3 en el período seco; 4) 100% de la dosis en el período seco, dentro de los resultados se encontró que la aplicación del 100% de la dosis de 200 Kg/N/ha en el periodo seco y la estrategia de 2/3 de la dosis de 400 Kg/N/ha en el periodo seco permite obtener producciones uniformes de pasto a lo largo del año. Taffarel, Mesquita, Castagnara, Costa y de Oliveira (2017), compararon la producción de MS, altura de la planta, número de macollas de *Cynodon spp cv. tifton 85* al aplicar 5 dosis diferentes de Nitrógeno (0, 25, 50, 75 y 100 kg/N/ha), se observó que la producción de MS aumentó 8,79 Kg/ha por cada Kg/ha de nitrógeno aplicado, la altura de las plantas incrementó a medida que la dosis de nitrógeno aumentaba (30 cm con 0 Kg/N/ha y 38 cm con una dosis de 100 Kg/N/ha), no se evidencio un efecto de la dosis de nitrógeno sobre el número de macollas. La aplicación de 60 kg N/ha cada 40–45 incrementa el porcentaje de hojas (60-70%) y permite obtener concentraciones de PC superiores al 7% en pasturas de *Panicum maximum* cv Tanzania y Mombasa (Hare, Phengphet, Songsiri y Sutin, 2015). El uso de residuos orgánicos como fertilizante es una medida para hacer un aprovechamiento de estos, ya que si son liberados al ambiente sin ningún tratamiento previo pueden causar grandes perjuicios (do Nascimento, dos Santos, de Azevedo, Lima y Barbosa, 2017). Sin embargo, se debe tener en cuenta que para ser útiles como fertilizantes deben proporcionar los contenidos adecuados de macro y micronutrientes para la planta, y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo Dahlin, Ramezianian, Campbell, Hillier y Öbor (2015). Evaluaron el efecto de dos tipos de compost (pollinaza a base de caña de azúcar y pasto Napier) en tres dosis (100, 200 y 300 kg/N/ha) con base en el análisis de nitrógeno de los compostajes, sobre la producción y características físicas y morfológicas de *Brachiaria brizantha* cv Piata. La producción de MS obtenida en el tratamiento con 300 K/N/ha fue 140% más alta que en el tratamiento con 100 Kg/N/ha, se realizaron 4 cortes en los cuales se usó como criterio para el corte, una altura de 30 cm, no se observó diferencias para esta variable entre el tipo de compuesto, dosis y periodo de corte para el crecimiento de la planta; dentro de las variables afectadas por la dosis de nitrógeno, la tasa de alargamiento



tuvo un incremento del 54% para las plantas que recibieron 300 Kg/N/ha en relación a las que recibieron 100 Kg/N/ha, la tasa de aparición foliar pasó de 0,13 hojas/día para las plantas que recibieron la menor dosis de nitrógeno a 0,17 hojas/día para las plantas que recibieron la mayor dosis de nitrógeno, en cuanto al filocrono se vio una reducción de 8,51 días a 6,81 días en los tratamientos que recibieron la menor y la mayor dosis de N respectivamente. McRoberts et al. (2016), evaluaron el balance de Nitrógeno al fertilizar *Brachiaria cv. Mulato II* quince tratamientos que se derivaron de la combinación de cinco dosis de bovinaza (0, 4, 8, 12 y 24 t/ha por año) y tres dosis de nitrógeno en forma de urea (0, 60 y 120 kg N /ha por año), se encontró que el tratamiento con 24 t/ha de compost y 60 kg/N/ha/año fue el único que presentó una tasa de recolección positiva de nitrógeno, los porcentajes más bajos fueron para los tratamientos en los que no se realizó la aplicación de materia orgánica. Maleko, Kileo, Abdul-Rahman y Sangeda (2015), midieron la respuesta productiva de *Brachiaria ruziziensis* al aplicar 4 dosis de bovinaza (0,5,10 y 15 t/ha), la producción de materia seca fue similar para los tratamientos 10 y 15 t/ha con 13,5 y 13,7 t/MS/ha respectivamente, para los tratamientos 0 y 5 la producción fue de 9,31 y 11,05 t/MS/ha; además la longitud del tallo fue mayor durante las 8 semanas de evaluación para los tratamientos con 10 y 15 t/ha, se observó igual comportamiento para el número de macollas y número de hojas por planta, no se encontró efecto de las dosis sobre el largo y ancho de la hoja. Por lo tanto, El principal objetivo de la fertilización de praderas es aumentar la producción y calidad del forraje (Mejía-Taborda, Ochoa-Ochoa Medina-Sierra, 2014).

### 3.1.3. Pasturas naturalizadas del Tolima

Dentro de las especies que se han masificado en las praderas de los sistemas ganaderos del Tolima se encuentra el *Bothriochloa pertusa*, gramínea de origen asiático y que fue introducida a Colombia a través de colchones de paja de esta especie durante la comercialización de porcelanas importadas de Asia, dentro de estas, adicional al material vegetal usada para proteger las porcelanas provenían semillas que se fueron diseminando desde la región caribe hasta el interior del país, desplazando otras especies mejoradas usadas en la alimentación de los rumiantes en pastoreo.



### 3.1.4. Características generales de *B. pertusa*

El pasto Colosuana pertenece al género *Bothriochloa* Kuntze, el cual agrupa 35 especies, distribuidas en zonas tropicales y subtropicales (Sumadijaya y Veldkamp, 2011). Esta especie es originaria del sudeste asiático (Ortega et al., 2013). En Colombia se conoce con el nombre de Colosuana, se encuentra ampliamente distribuida en las zonas de vida de bosque seco tropical (bs-T) y bosque muy seco tropical (bms-T), siendo una de las principales fuentes alimenticias para los bovinos ubicados en estas regiones (Pérez, Rojas, y Fuentes, 2010; Piñeros, Tobar y Mora, 2011). Es una especie perenne, estolonífera y cespitosa, de color rosado, con longitud de 20 a 85 cm, presenta tallos con 7 a 8 nudos., hojas de color verde-grisáceo, glabras de 3 a 20 cm de largo y 2 a 5 mm de ancho, borde escabruésulo, ápice acuminado, lígulas de 0,5 mm de largo con pelos dispersos, inflorescencia digitada con 3-13 racimos, eje de 1-3,5 cm de largo y racimos de 4-5 cm de longitud, cariósipide de 1.5 a 2 mm de largo, cubierto firmemente encerrado por el lemma fértil y estéril, junto a la arista unida (Neamsuvan, Veldkamp, y Seelanan, 2009). Esta gramínea predomina en zonas de vida con suelos de baja fertilidad, altas temperaturas, baja precipitación, se caracteriza por buena tolerancia al pisoteo, alta competencia frente a especies nativas e introducidas y susceptibilidad al salivazo (*Aeneolamia* spp.) (Ortega et al., 2013).

### 3.1.5. Producción de biomasa y calidad nutricional

Dentro de los factores que afectan la producción de biomasa y calidad nutricional de un forraje se encuentran los factores intrínsecos de la planta como la especie, edad y morfología, los factores ambientales entre los que están la temperatura, radiación solar, precipitación, fertilidad, tipo de suelo y los de manejo como frecuencia de pastoreo y descanso, carga animal, fertilización y tipo de fertilización (Hakl, Santrucek, Pisarcik, & Dindová, 2017). En la tabla 3.1 se presentan las características bromatológicas de *B. pertusa* en tres fincas del Atlántico durante el periodo seco y periodo de lluvias (Cajas-Girón et al., 2012).



La asociación de praderas con leguminosas puede generar asociaciones positivas que llevan a una mayor producción y la calidad del forraje (Gama, Edimilson, Volpe, & Lempp, 2014); Sin embargo, también se puede presentar una disminución en producción de materia seca debido a la restricción de luz causada por la arbórea (Fey, Malvasi y Malvasi, 2015). Dentro de los trabajos en los cuales se evaluó el comportamiento productivo de *B. pertusa* en asocio con arbóreas; Roncallo, Barros, Bonilla, Murillo y Del Toro (2009), encontraron durante una temporada de lluvias de 4 meses que la biomasa producida por una pradera de *B. pertusa* asociada con *Leucaena sp* fue un 67% mayor a la obtenida en un monocultivo de *B. pertusa* con 2,0 Ton/ha, en cuanto a la composición nutricional en cultivo asociado presentó PC de 7,7 y digestibilidad del 51,7% frente al monocultivo que presentó PC del 3,7% y digestibilidad del 46,6%. Piñeros, Tobar y Delgado (2011), hallaron que esta especie presenta baja tolerancia a la sombra, ya que en el monocultivo la altura, área foliar, largo y ancho de la hoja fue mayor que el que estaba asociado con *Leucaena*, en cuanto a su composición nutricional el cultivo asociado con *Leucaena* presento mayor contenido de FDN y menor de PC en comparación al monocultivo. Serrano, Mora y Piñeros (2014), en un estudio realizado en el norte del Tolima en el que evaluaban el efecto de 5 niveles de densidad arbórea sobre la producción de biomasa y calidad del forraje, encontraron una producción promedio de biomasa de 3,8 Ton/ha/corte, sin embargo en las áreas con una cobertura arbórea menor al 40% fue de 4,3 Ton/ha/corte, en cuanto a la calidad nutricional los valores más altos de PC se observaron en zonas con entre 60 y 80% (8,3%) mientras que los mas más bajos en áreas con cobertura entre 20 y 40% (7,2%).

Son pocos los estudios en los cuales se ha evaluado el efecto de la fertilización sobre la cantidad y calidad del forraje o sobre los requerimientos nutricionales de *B. pertusa*. Patiño, Pérez y Pérez (2013), evaluaron el efecto de la aplicación de urea (100 kg de N/ha) y fertilizantes orgánicos como bovinaza, pollinaza y lombricompost (1,5 t/ha) sobre la producción de materia seca y calidad nutricional durante la temporada de lluvias y temporada seca, la producción de materia seca fue más alta durante la temporada seca con la aplicación de urea (0,60 t/MS/ha) donde el tratamiento tuvo una producción de 0,19 t/MS/ha, en la temporada de lluvias la producción de MS con bovinaza y 2,3 t/MS/h para el tratamiento con el lombricompost frente al control (1,09 t/MS/ha). *B. pertusa* fertilizado



con urea presentó el mayor contenido de proteína (11%) frente al control (7,7%) durante la temporada seca, en la época de lluvias no hubo diferencias entre los contenidos de proteína de los lotes fertilizados, sus valores de proteína se encontraron entre 12 y 13%, pero si hubo diferencia entre estos con el lote control que presentó un porcentaje de proteína de 11,1%. Los valores de FDN no fueron afectados por el tipo de fertilizante, pero los de FDA se incrementaron con la aplicación de fertilizantes orgánicos en las dos temporadas.

**Tabla 3.1.** Calidad nutricional *B. pertusa* en tres fincas del Atlántico durante el periodo seco y periodo de lluvias

Finca	Temporada	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	Cenizas (%)	DIVMS (%)
1	Lluviosa	6,1	68	40,8	11,1	54,6
	Seca	3,9	79,2	47,9	11,1	42,9
2	Lluviosa	10,9	65,3	42,1	11,3	55,3
	Seca	8,7	76,8	50,5	17,7	34,3
3	Lluviosa	8,7	72,1	35,2	9	58,1
	Seca	2,5	77,3	53,5	13,1	41,9

Este capítulo tiene como objetivo mostrar el efecto de la fertilización en la producción de biomasa, indicadores agronómicos y calidad nutricional en pasturas naturalizadas con predominio de pasto Colosuaña bajo diferentes fertilizaciones y tipos de suelos.

### 3.2. Metodología

Los resultados presentes en este capítulo fueron obtenidos de estudios realizados por Portela, Brito, Mora y Piñeros-Varón en el 2018. El proyecto tuvo como título “Evaluación agronómica y productiva del pasto Colosuaña (*Bothriochloa pertusa*) expuesto a diferentes tipos de fertilizantes y calidades de suelos en el departamento del Tolima” y adscrito a la oficina central de investigaciones de la Universidad del Tolima con código 300212.

El trabajo se realizó en la hacienda La Brasilia ubicada en el municipio de Alvarado (Tolima), bajo las condiciones de bosque seco tropical (BS-t)



según Holdridge (1987), con una altura sobre el nivel del mar de 439 msnm, temperatura promedio de 26°C, precipitación media anual de 1.360mm (Sitio Web Oficial Alcaldía de Alvarado, 2016). El estudio se realizó en dos tipos de suelo: franco-arenoso y franco arcilloso. Las características químicas principales de los suelos donde se realizó el estudio se encuentran en la tabla 3.2

**Tabla 3.2.** Características químicas encontradas en los suelos de la Finca La Brasilia (Alvarado-Tolima).

	UNIDAD	FRANCO ARCILLOSO	FRANCO ARENOSO
<b>pH</b>	---	6.3	5.7
<b>M.O.</b>	%	1.6	1.7
<b>P</b>	mg. Kg <sup>-1</sup>	21	19
<b>Ca</b>	meq. (100g) <sup>-1</sup>	5	4.7
<b>Mg</b>	meq. (100g) <sup>-1</sup>	1.6	2.1
<b>Na</b>	meq. (100g) <sup>-1</sup>	0.1	0.2
<b>K</b>	meq. (100g) <sup>-1</sup>	0.42	0.37
<b>Fe</b>	mg. Kg <sup>-1</sup>	6.4	6.5
<b>Cu</b>	mg. Kg <sup>-1</sup>	0.4	0.4
<b>Zn</b>	mg. Kg <sup>-1</sup>	3.7	4.1

### 3.2.1. Establecimiento de parcelas

Por cada tipo de suelo se utilizó un área total de 210m<sup>2</sup> distribuidos en 3 parcelas en suelo franco arenoso y otras 3 en suelo franco arcilloso, cada una de 16m x 2m, separadas entre sí por 2mt de distancia para evitar efecto de borde. Cada parcela se dividió en 4 eras de 4m x 2m, para un área de 8 m<sup>2</sup>, separadas por 2m cada una. En cada era se aplicó un tratamiento diferente; a su vez, cada era se subdividió en 2m x 2m para las mediciones agronómicas (método no destructivo) y 2m x 2m para el método destructivo para tomar muestras para análisis bromatológicos y evaluaciones de relación tallo/hoja, peso aéreo y peso de raíz.



### 3.2.2. Tratamientos

El experimento contó con 3 tratamientos y 1 grupo control, cada uno con tres repeticiones. Los tratamientos correspondieron a cada tipo de fertilizante: tratamiento T1 (Urea), T2 (15N, 15P, 15K; mejor conocido como triple 15), T3 (Compost) y TC (Control, sin aplicación de fertilizante), los cuales fueron designados de forma aleatoria en cada una de las parcelas y tipos de suelos.

En el suelo arenoso se aplicó una dosis de fertilizante de 0.84 kg/8m<sup>2</sup> de N para el tratamiento 1 (T1), en el tratamiento 2 (T2) se utilizó 2.59 kg/8m<sup>2</sup> de N, y en el tratamiento 3 (T3) se utilizó 19.44 kg/8m<sup>2</sup> N. La cantidad de fertilizante fue calculada teniendo en cuenta la metodología propuesta por Estrada (2002), además, se tomó como valor de fertilizante base las necesidades de nitrógeno (N) del pasto angleton mono (*Dichantium aristatum*), dadas las similitudes en su morfología y producción.

### 3.2.3. Indicadores agronómicos

Para evaluar los indicadores agronómicos se realizó un corte de emparejamiento del pasto en todas las parcelas y posterior aplicación de cada uno de los fertilizantes correspondiente a cada tratamiento, para luego tomar mediciones y muestras de los forrajes cada 8 días por 4 semanas, en tiempo lluvioso. Los periodos evaluados fueron: 1, 2, 3, y 4 correspondientes a los 7, 14, 21, y 28 días de rebrote respectivamente.

Los indicadores agronómicos evaluados fueron:

#### 3.2.3.1. Alto de planta

Este parámetro se midió con una regla graduada en centímetros (cm). Se escogió la hoja más alta (hoja bandera) para medir la misma desde el suelo hasta su vértice. Fueron seleccionadas 20 plantas al azar por cada repetición de tratamiento, para un total de 60 repeticiones por periodo.

#### 3.2.3.2. Largo y ancho de hoja

Estos indicadores se midieron con la misma regla tomándose 5 hojas por cada planta y 20 plantas por cada era, para un total de 300 repeticiones;



a las cuales se les midió la parte más ancha de la hoja y el largo de esta desde el ápice hasta la lígula. Cada planta fue escogida al azar.

### 3.2.3.3. Relación hoja/tallo

Este indicador se obtuvo utilizando las mismas plantas de biomasa aérea, separando las hojas del tallo y posteriormente pesándolos. Para hacer la relación hoja/tallo, se dividió el peso de las hojas sobre el peso del tallo en base seca; este procedimiento se realizó con cada planta.

### 3.2.3.4. Área foliar

Este parámetro se estimó por medio de la metodología propuesta por Kemp (1969), con la siguiente fórmula:  $A = 0,905L \times B$ , donde, L es el largo de la hoja y B el ancho.

Los indicadores productivos evaluados fueron:

### 3.2.3.5. Producción de biomasa

Desde el primer día de instauración de parcelas se realizó un corte de empajamiento del pasto y se aplicaron las cantidades de fertilizante correspondiente a cada tratamiento, posterior a esto se realizó un corte al día 21, momento en el cual este había alcanzado su estado de prefloración. La producción de biomasa se evaluó por medio de un aforo, se tomó muestra de cada era para un total de 3 repeticiones por tratamiento para cada uno de los suelos evaluados en la etapa de prefloración de la gramínea (tercera semana).

### 3.2.3.6. Producción en toneladas por hectárea por corte de material verde (Ton/ha/corte en MV)

Se realizó un aforo con un marco de 50 X 50 cm para determinar la cantidad de forraje en kilogramos por metro cuadrado de suelo y posteriormente por hectárea.

### 3.2.3.7. Producción en toneladas por hectárea por corte de materia seca (Ton/ha/corte en MS)

Para esto se tomó la biomasa total de cada era para un total de 3 repeticiones por tratamiento y por periodo. Las muestras fueron enviadas al laboratorio de Ecofisiología Animal de la Universidad del Tolima, donde



se analizó la materia seca (MS), teniendo en cuenta los datos de Ton/ha/corte en MV y los resultados del análisis de MS se realizaron los cálculos para hallar la MS por corte y por año en una hectárea.

### **3.2.3.8. Eficiencia del forraje**

Para esto se tuvo en cuenta las pérdidas de forraje por pisoteo, materia fecal y orina, además de una proporción del 20% adicional dentro de las cuales se encuentran los carbohidratos de reserva que usa la planta para iniciar su rebrote luego del pastoreo, calculando finalmente una eficiencia del 50% de la cantidad de forraje disponible en MS.

### **3.2.3.9. Capacidad de carga animal**

Se estimó teniendo en cuenta que una unidad grande de ganado equivale a UGG = 450 Kg de peso vivo por animal y cada animal consume alrededor del 3% de su peso vivo en MS, luego esto se dividió en la producción de Ton/ha/año en MS.

### **3.2.3.10. Composición nutricional**

Las muestras de forraje fueron colectadas para cada tratamiento cada 8 días durante 4 semanas en los periodos 1, 2, 3, correspondientes a los 7, 14, 21, días de rebrote respectivamente.

### **3.2.3.11. Colecta de la muestra y análisis**

En campo eran recolectados aproximadamente 1000 g de forraje verde, las cuales eran llevadas y procesadas en el laboratorio de Ecofisiología de la Universidad del Tolima en el que era determinado, el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas (CZAS), mediante análisis químico proximal según los métodos establecidos por la AOAC (2000); fibra detergente neutra y fibra detergente ácida por medio del protocolo propuesto por (Van Soest, Robertson, & Lewis, 1991).

### **3.2.3.12. Análisis estadístico**

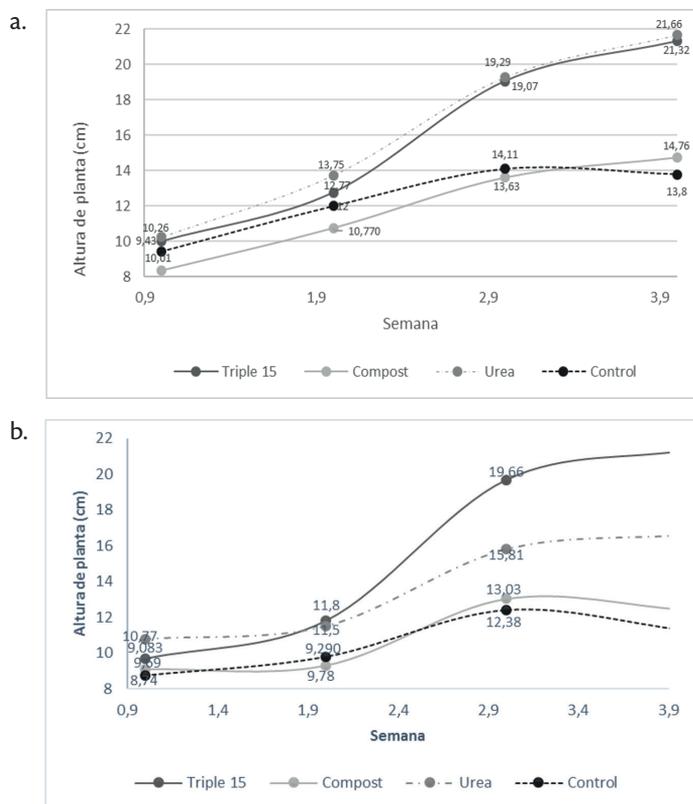
Los tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques al azar en parcelas divididas con tres repeticiones. Se compararon las medias de los tratamientos por medio de ANOVA y de test HSD de Tukey. Para el análisis estadístico se utilizó el software estadístico InfoStat Versión 2013.



### 3.3. Resultados

#### 3.3.1. Altura de la planta

Como se puede observar en la figura 3.1(a y b) las alturas de la planta tuvieron diferencias significativas con un  $p > 0.05$  entre los fertilizantes utilizados, encontrando que los fertilizantes químicos triple 15 y urea obtuvieron una mayor altura mientras el fertilizante orgánico (compost) presentó un comportamiento similar al tratamiento control, donde, las plantas que se encontraron en este tratamiento presentaron la alturas más baja con relación a las plantas a las que se le aplicó fertilizantes químicos. Con relación al tipo de suelo no se encontraron diferencias entre el tipo de suelo, obteniendo resultados similares.



**Figura 3.1.** Altura de la planta de pasto *B. pertusa*, en dos tipos de suelos: a. franco-arcilloso y b. franco arenoso y 3 fertilizaciones diferentes en el trópico seco del departamento del Tolima.

Fuente: autores.



Por otro lado, se observa que el fertilizante que mejor se comportó en los dos suelos fue el triple 15, mientras que la urea respondió de mejor manera en el suelo franco-arcilloso, alcanzando alturas similares al tratamiento con triple 15, lo cual, no es observado en las plantas que recibieron el mismo tratamiento, aunque, presentan una mayor altura a las gramíneas que no recibieron fertilización y las que se les aplicó compost.

### 3.3.2. Relación hoja/tallo

Con relación a la relación de hoja-tallo se observa en la tabla 3.3 que, se encontraron diferencias significativas con un  $p < 0,05$  entre las plantas que se les aplicaron fertilizantes químicos en el suelo franco arenoso, encontrando que las gramíneas a las que se aplicaron urea obtuvieron la mayor relación hoja/tallo en el día 21 (etapa de prefloración) de rebrote del *B. pertusa*. Homen, Entrena y Arriojas (2010), reportan valores para *Urochloa decumbens*, *Urochloa humidicola* y *Urochloa arrecta* en etapa de prefloración de 1,74, 2,62 y 0,87 respectivamente, los cuales se encuentran por debajo de los resultados obtenidos en el presente estudio.

Por otro lado, se observa que los valores más altos para la relación H/T se encuentran en las plantas que crecieron en el suelo franco-arcilloso, lo cual se puede explicar debido a las propiedades químicas presentes en este tipo de suelo, donde, la arcilla presenta un efecto retenedor de los macro y micronutrientes para las plantas, mientras que los suelos con un mayor porcentaje de arena dejan lixiviar los nutrientes a capas más profundas del suelo limitando los nutrientes y agua a las raíces de las gramíneas. También se evidencia que la edad de rebrote donde se presenta una mayor cantidad de hojas es al 21 día, momento en el que las plantas, tanto, en el suelo franco arcilloso y franco arenoso estaban en la etapa de prefloración, momento ideal para el pastoreo ya que los nutrientes no han sido utilizados en la formación de semillas. De igual forma, se evidencia que después del día 21 de edad de las gramíneas la relación hoja-tallo disminuye, lo cual, ha sido reportado por otros estudios, quienes atribuyen esta tendencia al aumento de la edad que genera una disminución de hojas y aumento en los tallos presentes en la planta (Faria-Mármol y Sánchez, 2007).

as con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ); EE: error estándar



**Tabla 3.3.** Relación hoja/tallo del pasto *B. pertusa* sometido a diferentes tipos de fertilizantes en suelos franco-arcilloso y franco-arenoso en el trópico seco del departamento del Tolima.

Tipo de suelo	Edad de rebrote (días)	Tratamiento				EE	p
		compost	control	triple	urea		
Franco - Arcilloso	7	1,96 a	2,0 a	1,9 a	1,8 a	0,29	0,98
	14	2,1 a	1,5 a	2,1 a	2,1 a	0,24	0,17
	21	2,9 a	2,8 a	3,5 a	3,3 a	0,42	0,98
	28	2,8 a	2,7 a	2,9 a	2,5 a	0,35	0,14
Franco- Arenoso	7	2,0 a	1,5 a	1,6 a	1,5 a	0,23	0,38
	14	1,5 a	1,7 a	2,3 a	2,0 a	0,23	0,11
	21	2,4 a	2,2 a	2,8 ab	3,7 b	0,37	0,03
	28	2,2 a	2,1 a	2,3 a	2,4 a	0,45	0,97

Fuente. Autores.

### 3.3.3. Largo y ancho de hoja

Como se puede observar en la tabla 3.4, el ancho de hoja del *B. pertusa* en las plantas que fueron sometidas al tratamiento con fertilizantes químicos (urea y triple 15), presentaron diferencias significativas con un  $p < 0,05$  con relación a los diferentes tratamientos. Adicionalmente, se evidencia que el ancho de la hoja presenta su máximo valor a partir del día 21 de edad, lo cual, es patrón en los dos tipos de suelo, sugiriendo que esta variable no se ve afectada por el tipo de suelo. Piñeros, Tobar y Mora (2011), encontraron un ancho de las hojas de 0,4 cm para la especie *Bothriochloa pertusa* en un sistema convencional sin fertilizar, valores similares a los encontrados en el presente estudio. Otros estudios realizados por Saluzzo, Reinoso y Martínez (2015), reportan un valor para el ancho de hoja similar (0,4 cm) en *Paspalum alnum*, *Paspalum denticulatum* y *Paspalum vaginatum* bajo un régimen de fertilización con triple 15.



**Tabla 3.4.** Ancho de hoja del pasto B pertusa sometido a diferentes tipos de fertilizantes en suelos franco–arcilloso y franco–arenoso en el trópico seco del departamento del Tolima.

suelo	Edad rebrote (día)	Tratamiento				p	EE
		Control	Compost	Triple 15	Urea		
Franco-Arcilloso	7	0,4 ± 0,02 a	0,4 ± 0,03 a	0,3 ± 0,07 a	0,4 ± 0,02 a	0,8533	0,01
	14	0,4 ± 0,05ab	0,3 ± 0,04a	0,4 ± 0,03 b	0,4 ± 0,04 ab	0,007	0,01
	21	0,4 ± 0,09 a	0,4 ± 0,03 a	0,5 ± 0,05 b	0,5 ± 0,05 b	<0,0001	0,01
	28	0,3 ± 0,08 a	0,4 ± 0,03 ab	0,5 ± 0,06 c	0,5 ± 0,09 b	<0,0001	0,02
Franco - Arenoso	7	0,4 ± 0,06 a	0,4 ± 0,05 a	0,4 ± 0,03 a	0,4 ± 0,03 a	0,5619	0,01
	14	0,3 ± 0,03 ab	0,4 ± 0,05 a	0,4 ± 0,05 ab	0,4 ± 0,07 b	0,01	0,01
	21	0,4 ± 0,03 a	0,4 ± 0,05 a	0,5 ± 0,08 b	0,5 ± 0,04 c	<0,0001	0,01
	28	0,4 ± 0,03 a	0,4 ± 0,05 a	0,5 ± 0,09 c	0,5 ± 0,04 b	<0,0001	0,01

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ); EE: error estándar

Fuente. Autores

Por otro lado, se evidencia que la longitud de la hoja también se ve influenciada por los fertilizantes químicos tanto en el suelo franco arcilloso como el franco arenoso (ver tabla 3.5), se encontraron diferencias significativas con un  $p > 0,05$ . Las longitudes de las hojas de las plantas que se les aplicaron fertilizantes químicos alcanzaron en promedio 1,5 veces más que las plantas que permanecieron en el tratamiento control y a las que se sometieron a compost. Adicionalmente, se evidencia que las plantas sembradas en el suelo franco-arcilloso presentaron un mayor crecimiento de las hojas. Sierra, Bedoya, Monsalve y Orozco (1986), reportan valores para la longitud de hoja del Colosua de 10 cm de largo sin aplicación de fertilizantes, valores similares a los obtenidos en las gramíneas de los tratamientos control y fertilizante orgánico (compost).



**Tabla 3.5.** Largo de hoja del pasto B pertusa sometido a diferentes tipos de fertilizantes en suelos franco-arcilloso y franco-arenoso en el trópico seco del departamento del Tolima.

Suelo	Edad rebrote (día)	Tratamiento				p	E. E
		Control	Compost	Triple 15	Urea		
Franco-Arcilloso	7	6,9 ± 0,85 a	7,2 ± 0,81 a	7,1 ± 1,16 a	7,4 ± 1,05 a	0,5834	0,25
	14	7,9 ± 2,32 ab	7,5 ± 1,75 ab	10 ± 4,37b	6,9 ± 1,64 a	0,0175	0,71
	21	9,9 ± 1,86 a	10,2 ± 1,86 ab	11,2 ± 1,62 ab	12 ± 2,73 b	0,0137	0,53
	28	9,9 ± 1,79 a	13,1 ± 4,06 ab	17,7 ± 4,59 c	17 ± 6,00 bc	<0,0001	1,13
Franco - Arenoso	7	7,3 ± 1,14 a	7,3 ± 1,53 a	7,3 ± 1,14 a	7,5 ± 1,24 a	0,9525	0,33
	14	7,6 ± 1,86 a	6,8 ± 2,02 a	7,9 ± 2,14 a	8,2 ± 2,01 a	0,2785	0,52
	21	9,7 ± 1,79 a	10,2 ± 2,58 ab	12,4 ± 2,20 c	12,2 ± 1,94 bc	0,0014	0,55
	28	9,7 ± 1,49 a	9,8 ± 1,66 a	14,0 ± 1,67 b	13,3 ± 1,49 b	<0,0001	0,41

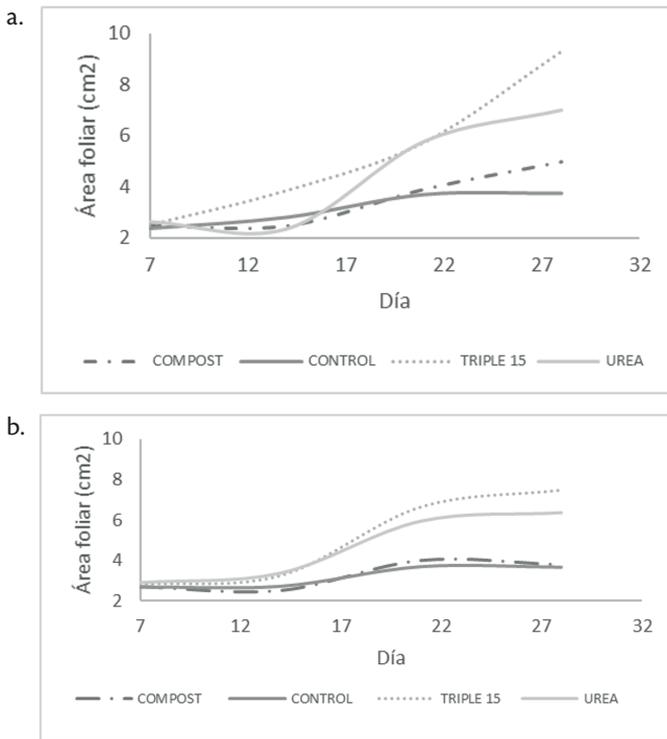
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ); EE: error estándar

Fuente: Autores.

### 3.3.4. Área foliar

Con relación al área foliar se puede observar en la figura 3.2 que todos los tratamientos tanto en el suelo franco-arcilloso y franco-arenoso presentaron un crecimiento sigmoideal similar, donde, la primera fase que correspondió desde el día cero al día doceavo el crecimiento es lento, debido a una baja superficie de la hoja, por lo tanto, los principales nutrientes obtenidos para el crecimiento son suministrados principalmente por los nutrientes de reserva, sin embargo, las plantas que crecieron en los suelos con aplicación de fertilizantes químicos fueron más altas. Después del día 17 el crecimiento es exponencial en todos los tratamientos, evidenciando en mismo efecto de los fertilizantes en la primera etapa. Con relación al efecto de los fertilizantes de demuestra un efecto positivo sobre las gramíneas, especialmente con la urea y triple 15.





**Figura 3.2.** Área foliar del pasto B pertusa sometido a diferentes tipos de fertilizantes en suelos franco-arcilloso (a) y franco-arenoso (b) en el trópico seco del departamento del Tolima.

Fuente: autores

Con relación al comportamiento de las gramíneas en suelos franco-arcilloso y franco-arenoso se puede observar en la tabla 3.6 que existen diferencias significativas con un  $p < 0,05$ , donde el suelo franco-arcilloso presentó los valores de área foliar más altos en las diferentes edades de la gramínea. Silva et al (2014), afirman que nutrientes como el N, K y P son nutrientes esenciales que contribuyen en gran medida al crecimiento de las gramíneas, donde, el N juega un papel importante en el crecimiento foliar al ser un elemento necesario para la clorofila, la cual, es requerida para la fotosíntesis que está directamente relacionada con el producción de biomasa que se concentra especialmente en la lámina foliar, por lo tanto, las gramíneas que tengan una disponibilidad de N altamente soluble, como es el caso del N presente en los fertilizantes químicos (urea y triple 15), generan una área foliar de mayor tamaño que las gramíneas que no cuentan con estos elementos.



**Tabla 3.6.** Área foliar del pasto B pertusa sometido a diferentes tipos de fertilizantes en suelos franco–arcilloso y franco–arenoso en el trópico seco del departamento del Tolima.

Tipo de suelo	Edad de rebrote (día)			
	7	14	21	28
Franco - Arenoso	2,49 a	2,86 a	4,79 a	5,34 a
Franco - Arcilloso	2,79 b	2,97 a	5,09 a	6,18 b
p	0,0051	0,6135	0,2049	0,0082
E. E	0,07	0,16	0,16	0,22

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ); EE: error estándar

Fuente. Autores

### 3.3.5. Producción de biomasa

Como se puede ver en la tabla 3.7, se puede observar que existen diferencias significativas con un  $p < 0,05$  entre los tratamientos químicos (triple 15 y urea) y el tratamiento control y orgánico, estos últimos presentaron la producción de biomasa seca más baja con un valor promedio de 3,2 ton/ha, mientras que las pasturas a las que se les aplicó fertilizante químico (triple 15 y urea) produjeron en promedio una biomasa en materia seca de 6,2 ton/ha, esta producción se ve reflejada en la carga animal que puede alcanzar, la cual, es en promedio de 2 veces más tanto en el suelo franco-arcilloso y franco-arenoso. Una respuesta similar fue reportada por Nunes, Magalhães y Aguiar (2005), quienes al evaluar el efecto de fertilizantes químicos (urea y triple 15) en cultivares de tifton-85 y Tanzania, quienes demostraron una producción similar a los reportados en el presente estudio.



**Tabla 3.7.** Biomasa y carga animal del pasto *B pertusa* sometido a diferentes tipos de fertilizantes en suelos franco – arcilloso y franco – arenoso en el trópico seco del departamento del Tolima.

Tipo de suelo	Tratamiento	Biomasa verde (ton/ha)	Biomasa seca (ton/ha)	Biomasa Eficiente (ton/ha)	Carga Animal (UGG)
Franco - Arcilloso	Compost	9,57 a	3,4 a	1,7 a	4,17 a
	Control	8,47 a	3,03 a	1,5 a	3,77 a
	Triple 15	21,9 b	5,7 b	2,87 b	7,03 b
	Urea	24,67 b	6,87 b	3,47 b	8,47 b
	p	0,0037	0,0335	0,03	0,0311
	E. E	2,56	0,84	0,42	1,02
Franco - Arenoso	Compost	6,1 a	1,93 a	1,9 a	2,37 a
	Control	5,67 a	2,27 a	1,13 a	2,8 a
	Triple 15	19,9 b	5,17 b	2,6 b	6,4 b
	Urea	17,17 b	4,77 b	2,37 b	5,9 b
	p	0,0099	0,0245	0,0241	0,023
	E. E	2,68	0,71	0,35	0,88

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ); EE: error estándar

Es importante resaltar que la alta producción de biomasa producida por las plantas que recibieron fertilización química, demuestran una respuesta positiva a la aplicación de estos por parte del *B pertusa*, sin embargo, se evidencia que las gramíneas cultivadas en el suelo franco-arcilloso presentan una mayor producción de biomasa y por lo tanto, pueden generar una mayor producción de carne por hectárea al presentar una carga animal más alta. Los valores encontrados en el presente estudio son similares a los reportados por Fukumoto, Damasceno, Deresz, Martins, Cóser y Santos (2010), al encontrar que las especies de gramíneas evaluadas (Estrella, Tanzania y Marandu) con una carga animal de 4.5, 4.6 y 5 UGG respectivamente para las diferentes especies, demostrando que el pasto Colosuana al ser fertilizadas adecuadamente, pueden alcanzar valores similares a gramíneas mejoradas.



### 3.4. Calidad nutricional

El contenido de Ms de la gramínea *Bothriochloa pertusa* en los dos tipos de suelo bajo la aplicación de los diferentes tipos de fertilizantes de rebrote no presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $p>0,05$ ). Datos similares reportaron Peyraud y Astigarraga (1998); Coblenz, Akins, Cavadini y Jokela (2017), quienes no encontraron efectos de la fertilización sobre los contenidos de materia seca de las gramíneas evaluadas.

La fertilización nitrogenada influyó sobre los contenidos de PC de la gramínea en todos los días de rebrote, como se muestra en la tabla 3.8, los tratamientos urea y N-P-K 15-15-15 fueron diferentes estadísticamente ( $p<0,05$ ) en relación a los tratamientos compostaje y control tanto para el suelo franco arenoso como el franco arcilloso. Este comportamiento puede ser explicado por la mayor disponibilidad de N que tiene la gramínea fertilizada con los tratamientos urea y N-P-K 15-15-15, compuestos que son precursores directos de la formación de aminoácidos, péptidos y proteínas (Carvalho et al., 2000; Rezende et al., 2015). Resultados acordes a la presente investigación, son reportados por Freitas et al. (2007), quienes evaluaron la composición química-bromatológica del pasto Mombasa (*Panicum maximum* Jack.) sometido a diferentes dosis fertilizantes nitrogenado, encontrando una relación lineal entre los niveles de PB y las dosis crecientes de N utilizadas; entre tanto Calixto et al. (2007), estudiaron el efecto del nitrógeno sobre el pasto *Cynodon nlemfuensis Vanderysty* encontrando un incremento en el contenido de PB en función del incremento en la fertilización nitrogenada. Como se apreció en la tabla anterior el forraje que fue sometido al tratamiento con compostaje no presentó diferencias estadísticas ( $p>0,05$ ) con respecto al control para los contenidos de PC, esto puede estar determinado por el tiempo de vinculación y de disponibilidad del compostaje en el suelo (Benke et al., 2017). Bedada et al. (2016), en su trabajo demostraron que los insumos orgánicos para fertilización del suelo tienen una disponibilidad menor a la demostrada por los productos químicos y concluye qué, los efectos están relacionados con mecanismos de acción a largo plazo. El contenido de FDN y FDA no fue influenciado por los tipos de fertilización, como se presenta en la tabla 3.8, esta variable no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos ( $p>0,05$ ) para suelos franco arenoso y franco arcilloso; sin embargo, se comprobó un aumento



de los contenidos de FDN a medida que aumentó la edad de rebrote en el pasto *B. pertusa*, lo cual es un mecanismo normal de adaptación de la planta al medio, disminuyendo la cantidad de carbohidratos solubles y aumentando la presencia de carbohidratos fibrosos (Abdalla, Fox y Seaney, 1988). Resultados similares presentaron da Silva, Vásquez y da Silva (2000), quienes evidenciaron un aumento lineal en los niveles de FDN a medida que aumentó la edad de rebrote para pasto *Brachiaria brizantha* y *Panicum repens*.

**Tabla 3.8.** Calidad nutricional del pasto *Bothriochloa pertusa* sometido a diferentes tipos de fertilizante en suelos franco arenoso y franco arcilloso.

Tipo de suelo	Variable	Edad de rebrote (días)	Tratamiento				EE <sup>5</sup>	p- valor	
			Control	Compost	Triple 15	Urea			
Franco-arenoso	MS	7	27,92	28,43	26,40	27,30	2,34	0,435	
		14	26,15	27,03	25,60	28,86	2,60	0,141	
		21	25,45	24,01	23,16	25,75	0,88	0,559	
	PC	7	10,28 a	9,73 a	13,99 b	13,90 b	1,07	0,0015	
		14	8,58 a	8,59 a	13,94 b	12,13 b	0,66	0,0008	
		21	6,92 a	8,37 a	11,94 b	12,12 b	0,92	0,0037	
	FDN	7	62,20	62,40	61,30	62,63	1,09	0,4049	
		14	62,57	61,13	62,83	63,37	1,14	0,813	
		21	70,87	70,53	69,17	67,73	1,15	0,2774	
	FDA	7	51,53	52,67	52,97	52,67	0,45	0,2014	
		14	51,77	51,03	51,03	53,03	0,64	0,1690	
		21	51,87	51,90	52,33	50,97	0,55	0,4128	
	Cenizas	7	12,40	12,67	15,78	14,73	1,22	0,2291	
		14	10,93	11,68	11,41	11,97	0,77	0,8007	
		21	12,14	9,66	9,63	9,63	0,84	0,1636	
	Franco-arcilloso	MS	7	32,90	31,18	32,12	33,83	2,12	0,0773
			14	43,82	41,4	25,40	28,84	3,25	0,9011
			21	25,98	25,79	26,70	26,01	1,05	0,7833
PC		7	8,94 a	9,31 ab	13,55 c	11,93 bc	0,66	0,0031	
		14	5,99 a	8,54 ab	13,54 c	11,06 bc	1,1	0,0033	
		21	7,25 a	7,96 a	11,82 b	10,29 b	0,96	0,0333	
FDN		7	61,97	62,27	61,40	62,3	0,62	0,4523	
		14	67,97	67,60	66,77	63,80	2,02	0,4941	
		21	69,10	71,37	69,63	69,53	0,56	0,0861	
FDA		7	51,70	52,80	52,90	53,93	0,75	0,2883	
		14	50,67	51,80	52,80	51,43	0,74	0,3005	
		21	52,40	52,13	51,50	51,33	0,67	0,6459	
Cenizas		7	13,23	13,37	14,27	16,80	0,96	0,987	
		14	12,37	11,87	11,57	11,40	0,38	0,352	
		21	12,03	11,80	9,77	11,53	1,49	0,7066	

Medias seguidas de letras difieren por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ); EE: error estándar



### 3.5. Conclusiones

El uso de urea y N-P-K 15-15-15, en la fertilización del pasto *Bothriochloa pertusa* en suelos franco arcilloso y franco arenoso es determinante en el aumento de los indicadores agronómicos, productivos y niveles de proteína de la planta. Adicionalmente se evidencia un mejor comportamiento productivo y agronómico en las gramíneas que son plantadas en suelos franco-arcillosos, sugiriendo que los suelos franco-arcillosos presentan mejores condiciones fisicoquímicos para el crecimiento del *B. pertusa*.

### 3.6. Referencias

- Abdalla, H. O., Fox, D. G., & Seaney, R. R. (1988). Variation in protein and fiber fractions in pasture during the grazing season. *Journal of Animal Science*, 66(10), 2663-2667.
- AOAC, & Chemist, A. of O. A. (2000). Official methods of analysis. (A. International, Ed.) (17a ed.). Virginia.
- Benke, A. P., Rieps, A. M., Wollmann, I., Petrova, I., Zikeli, S., & Möller, K. (2017). Fertilizer value and nitrogen transfer efficiencies with clover-grass ley biomass based fertilizers. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 107(3), 395-411.
- Calixto, M., Jobim, C., & Canto, W. (2007). Taxa de desidratação e composição químico-bromatológica do feno de grama-estrela ( *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst ) em função de níveis de adubação nitrogenada Dehydration rate and chemical composition of stargrass ( *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst ) hay. *Semina: Ciências Agrárias*, 28(3), 493–502.
- Carvalho, A., Miranda, D., Gomide, J. A., Álvarez, V., Martins, C. E., & Pacífico, D. (2000). Produtividade e Valor Nutritivo do Capim-Elefante cv. Napier sob Doses Crescentes Elephant grass Napier cv. Mass Production and Nutritive Value under Increasing Levels of Nitrogen and Potassium Fertilizers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(6), 1589–1595.
- Coblentz, W. K., Akins, M. S., Cavadini, J. S., & Jokela, W. E. (2017). Net effects of nitrogen fertilization on the nutritive value and digestibility of oat forages 1. *Journal of Dairy Science*, 100, 1–12.
- da Silva Aguiar, R., Vásquez, H. M., & da Silva, J. F. C. (2000). Produção e composição químico-bromatológica do capim-furachão (*Panicum repens* L.) sob adubação e diferentes idades de corte. *Rev. bras. zootec*, 29(2), 325-333.



- Duran, B. E., Duncan, D. S., Oates, L. G., Kucharik, C. J., & Jackson, R. D. (2016). Nitrogen fertilization effects on productivity and nitrogen loss in three grass-based perennial bioenergy cropping systems. *PLoS one*, 11(3), e0151919.
- Estrada Álvarez, J. (2002). Pastos y forrajes para el trópico colombiano (No. Doc. 26082) CO-BAC, Bogotá).
- Faría Mármol, J., & Sánchez, A. (2007). Efecto del aplazamiento de utilización sobre el contenido de nutrientes y digestibilidad de la materia orgánica de la asociación buffel-leucaena. *Interciencia*, 32(3), 185-187.
- Freitas, K. R., Rosa, B., Ruggiero, J. A., do Nascimento, J. L., Heinemam, A. B., Macedo, R. F., ... & de Oliveira, I. P. (2007). Avaliação da composição químico-bromatológica do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. *Bioscience Journal*, 23(3).1-10.
- Fukumoto, N. M., Damasceno, J. C., Deresz, F., Martins, C. E., Cóser, A. C., & Santos, G. D. (2010). Produção e composição do leite, consumo de matéria seca e taxa de lotação em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob lotação rotacionada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(7), 1548-1557
- Homen, M., Entrena, I., & Arriojas, L. (2010). Biomasa y valor nutritivo de tres gramíneas forrajeras en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. *Zootecnia Tropical*, 28(1), 115-127.
- Lascano, CE., Argel PJ., 2011. Descripción y atributos de especies y cultivares de *Bothriochloa*. Seminario Taller sobre *B. pertusa*. *Comité de Ganaderos de Ibagué*
- Peyraud, J. L., & Astigarraga, L. (1998). Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. *Animal Feed Science and Technology*, 72, 235-259.
- Piñeros, R., Tobar, V., & Mora Delgado, J. (2011). Evaluación agronómica y zootécnica del pasto Colosoana (*Bothriochloa pertusa*) en el trópico seco del Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1), 36.40.
- Rezende, V. De, Rabêlo, S., Henrique, F., Rabelo, S., Henrique, C., Patrícia, P., ... Souza, R. C. (2015). Características estruturais, produtivas e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Jiggs fertilizados com alguns macronutrientes Structural, productive and bromatologic characteristics of Tifton 85 and Jiggs grasses fertilized with some macronutrients. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(3), 1507-1517.



- Rodrigues, B. H. N., Magalhães, J. A., & Lopes, E. A. (2008). Irrigação e adubação nitrogenada em três gramíneas forrageiras no Meio-Norte do Brasil. *Revista Ciência Agronômica*, 36(3), 274-278.
- Segura, F. & Rojas, O. (2008). Impacto de la fertilización nitrogenada sobre el pasto guinea (*Panicum maximum*, Jacq) en el bosque húmedo premontano en el Departamento del Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 1(1), 17-21.
- Sierra O, Bedoya JA, Monsalve D, Orozco Jj. 1986. Observaciones sobre Colosuana (*Bothriochloa pertusa*(L) Camus) en la costa Atlántica de Colombia. *Pasturas Tropicales* 8(1):6-9
- Silva, G. L. S., Carneiro, M. S. de S., Duarte Cândido, M. J., Vasconcelos Furtado, F. M., de Seixas Santos, F. J., Sousa da Silva, M., ... Avelar Magalhães, J. (2014). Algumas considerações sobre as exigências nutricionais das gramíneas forrageiras tropicais. *PUBVET*, 8(11).
- Valdés Reyna, J., & Davila, P. D. (1995). Clasificación de los géneros de gramíneas (Poaceae) mexicanas. *Acta Botánica Mexicana*, 33, 37-50.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.
- Vega, A. S. (2000). Revisión taxonómica de las especies americanas del género *Bothriochloa* (Poaceae: Panicoideae: Andropogoneae). *Darwiniana*, 38 (1-2), 127-186.
- Vélez Zuluaga, V. (2012). *Evaluación de un sistema de pastoreo continuo sobre la gramínea natural Colosuana Brothriochloa Pertusa*. Trabajo de grado, Facultad de ciencias administrativas y agropecuarias Corporación Universitaria Lasallista, Caldas – Antioquia
- Watson L. & Dallwitz M. J. (1992). *The Grass Genera of the World*. CAB International. Wallingford, England. pp. 1038



Capítulo 4

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y  
NUTRICIONAL DEL PASTO VIDAL  
(*Bothriochloa saccharoides*)  
SOMETIDO A DIFERENTES  
DOSIS DE FERTILIZACIÓN  
NITROGENADA**





## 4.1. Introducción

En Colombia los diferentes sistemas de producción de rumiantes se sustentan principalmente en las pasturas como fuente principal de alimento, sin embargo, en la mayoría de los casos los usos de suelo bajo pastos no han tenido en cuenta las condiciones medio ambientales, ni edáficas en el momento de su establecimiento, lo cual hace que en la actualidad hayan más de 10 millones de hectáreas de pasturas en suelos no aptos para este cultivo (Fedegán, 2006). Adicional a esto, se desconoce la adaptación y el comportamiento productivo, fenológico y nutricional que pueda presentar la pastura a estas condiciones, lo cual sugiere que el conocimiento de estas condiciones son un importante aspecto a tener en cuenta para el manejo adecuado de pastizales (Homen, Entrena, & Arriojas, 2010).

Según Olivera, Machado, & Pozo (2006), es importante conocer el valor nutricional de las pasturas dentro de las fincas, uno de los indicadores más variables en el comportamiento de las gramíneas está relacionado con la producción de materia seca (MS), debido a que esta puede variar de forma importante de acuerdo a diferentes variables o condiciones de manejo aplicadas en las praderas, como el uso de riego, fertilización, intensidad de corte o pastoreo, época del año y la edad de la pastura.

Por lo tanto, para hacer un adecuado manejo de las pasturas se deben aplicar fertilizantes al suelo, para esto, Carrow, Waddington & Rieke (2001), afirman que los fertilizantes de los pastos están compuestos por sustancias orgánicas e inorgánicas de origen natural o sintético, usados con el propósito de incrementar la fertilidad del suelo, reponer la pérdida



de nutrientes removidos en la pastura por lixiviación, erosión, escorrentía, volatilización o de nitrificación y de esta manera obtener alimento de calidad para los animales.

Por otro lado, los pasto del género *Bothriochloa* presenta en América gran variedad de especies dentro de las cuales se destaca el pasto Vidal (*Bothriochloa saccharoides*), que aunque tiene sus orígenes en el viejo continente, ha sido interés de estudios en Colombia, donde se ha presentado como una alternativa en condiciones de trópico seco al tolerar condiciones agrestes de sequía y altos porcentajes de sombra, sin embargo, hasta el momento se han realizado algunos estudios enfocados en la evaluación del comportamiento fenológico y bromatológico, presentando niveles nutricionales similares a otras especies de gramíneas del trópico seco (Piñeros, 2009).

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este estudio fue orientado a conocer el comportamiento agronómico y la composición nutricional del pasto *Bothriochloa saccharoides* sometido a diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

## 4.2. Materiales y métodos

Los resultados presentados en este capítulo fueron obtenidos del proyecto titulado: “Respuesta productiva y fenológica del pasto Vidal (*Bothriochloa saccharoides*) sometido a diferentes dosis de fertilización nitrogenada.”, adscrito a la oficina de investigaciones de la Universidad del Tolima con código 280212.

El presente trabajo se realizó en el valle cálido del Magdalena Medio, en el Centro Universitario Regional del Norte “EL CURDN” perteneciente a la Universidad del Tolima, ubicada en el municipio de Armero Guayabal, al norte del departamento del Tolima (Colombia), dentro de las coordenadas: 4° 58' latitud norte y 74° 54' de longitud al oeste en el meridiano de Greenwich, con una altitud de 275 m.s.n.m, temperatura de 26°C y precipitación promedio anual de 1732 mm; condiciones ambientales que lo clasifican como Bosque Seco Tropical según Holdridge (2000).



### 4.2.1. Establecimiento de las parcelas

Para el establecimiento de las parcelas, se realizó un análisis inicial del suelo, tomando muestras de suelo en diferentes puntos del terreno, a una profundidad de 20 cm, se envió una muestra de aproximadamente 1 kg según lo reportado por Estrada (2002). La muestra fue enviada para su análisis al laboratorio LASEREX de la Universidad del Tolima.

La preparación del suelo se inició con un control de malezas y posteriormente se realizó la labranza del suelo con tractor y rastra. Se establecieron tres parcelas de 14 m x 2 m cada una, separadas entre sí por 2 m de distancia, el área total fue de 360 m<sup>2</sup>. Cada parcela estaba compuesta por cuatro eras que se separaron por 2m cada una, para evitar el efecto de borde entre tratamientos, cada era tenía una superficie de 2m x 4m, para un área de 8 m<sup>2</sup>, las parcelas tuvieron un sistema de riego permanente por aspersión.

Para la siembra se usó semilla sexual del pasto Vidal (*Bothriochloa saccharoides*), la cual fue cosechada en la finca La Estrella del municipio de Venadillo (Tolima). Después de cosechar la semilla se realizó un proceso de maduración de la semilla que consistió en realizar un proceso de sudoración de la semilla, para lo cual, se almacenó la semilla recién cosechada en sacos plásticos para ser expuestas al sol durante tres días, luego se cernió la semilla para secarla en un cuarto oscuro y fresco por una semana, realizando volteos diariamente para garantizar el secado de la semilla. La siembra del pasto *Bothriochloa saccharoides*, se realizó al voleo con semilla sexual escarificada con agua a temperatura ambiente durante 24 horas. El establecimiento del pasto duró 2 meses, pero se comenzaron a tomar datos después de 9 meses, para garantizar un buen anclaje de la raíz. Para comenzar la aplicación del fertilizante y toma de los datos se realizó un corte de empajamiento del pasto.

### 4.2.2. Tratamientos (dosis de fertilización nitrogenada)

Se llevaron a cabo tres tratamientos y un control, cada uno con tres repeticiones. Los tratamientos se distribuyeron completamente al azar



dentro de las parcelas, donde el tratamiento control consistió en un cultivo sin aplicación de fertilizante, en el tratamiento 1 (T1) se aplicó una fertilización de 267 Kg/ha de N, en el tratamiento 2 (T2) se utilizó 320,4 Kg/ha de N, y en el tratamiento 3 (T3) se utilizó 213,6 Kg/ha N. La cantidad de fertilizante fue calculada teniendo en cuenta la metodología propuesta por Estrada (2002), además de esto se tomó como valor de fertilizante base las necesidades de N del pasto angleton mono, dadas las similitudes en su morfología y producción, esto para el tratamiento 1, para el tratamiento 2 se aumentó 10 % de la necesidad de N y en el tratamiento 3 se redujo un 10 % de N. Con relación a las necesidades de otros macronutrientes como fósforo y potasio se aplicaron los equivalentes a los reportados para el pasto angleton mono en los tres tratamientos.

### 4.2.3. Indicadores agronómicos

Para evaluar los indicadores agronómicos en primera instancia se realizó un corte de emparejamiento del pasto en todas las parcelas y se aplicaron las cantidades de fertilizante correspondientes a cada tratamiento. Los periodos evaluados fueron: 1, 2, 3, 4, 5 y 6 correspondientes a los 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días de rebrote respectivamente.

Las variables evaluadas fueron: a) Altura de la planta: se midió la distancia desde el suelo hasta la hoja bandera, utilizando una regla graduada en centímetros (cm), se midieron 3 plantas por cada repetición de tratamiento, para un total de 9 repeticiones por periodo. b) Largo y ancho de las hojas: para medir el ancho de la hoja se tomaron las hojas del pasto completamente abierta y se midieron en la zona más ancha de las mismas, para el largo de la hoja se midieron desde el ápice hasta la lígula, se muestreo un total de 10 hojas por cada planta y 3 plantas por cada era, para un total de 90 repeticiones por tratamiento. c) Área foliar: se estimó por medio de la metodología propuesta por Kemp (1969), con la siguiente fórmula:  $A = 0,905L \times B$ , donde, L es el largo de la hoja y B el ancho. d) Biomasa aérea y radicular: Se determinó la materia seca de los dos componentes de las gramíneas por separado, para lo cual, se realizó muestreo de 3 plantas por era para un total de 9 por tratamiento y por periodo. Las raíces se tomaron a una profundidad de 20 cm las cuales se limpiaron cuidadosamente con agua para luego ser secadas. e) Relación Hoja/Tallo: las muestras tomadas



para terminar biomasa aérea se separaron en hojas y tallos, se registraron su peso en base seca, para luego estimar su relación.

#### **4.2.4. Análisis bromatológico**

Se tomó una muestra de 500 g de biomasa comestible de cada era para un total de 3 repeticiones por tratamiento por periodo. Las muestras fueron enviadas al laboratorio de Ecofisiología Tropical de la Universidad del Tolima, donde, se analizaron: materia seca (MS), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) y cenizas (CZ) mediante análisis químico proximal según los métodos establecidos por la AOAC (2000), la fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina (L) se analizó teniendo en cuenta la metodología descrita por Van Soest, Robertson & Lewis (1991).

#### **4.2.5. Análisis estadístico**

Los tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques al azar en parcelas divididas con tres repeticiones. Se compararon las medias de los tratamientos por medio de ANOVA y de test HSD de Tukey. Para el análisis estadístico se utilizó el software estadístico InfoStat Versión 2013.

### **4.3. Resultados y discusión**

#### **4.3.1. Indicadores Agronómicos**

##### **4.3.1.1 Altura de la planta**

Como se observa en la tabla 4.1, el comportamiento de la altura de la planta del pasto Vidal durante los diferentes periodos fue directamente proporcional a la edad de rebrote encontrando que en el último periodo, la mayor altura fue alcanzada por las gramíneas pertenecientes al tratamiento 2 que se caracterizó por contener un 10 % más de nitrógeno en la fertilización, adicional a esto, también se observa que a partir del segundo periodo este tratamiento obtuvo diferencias significativas con un  $p=0,0001$ , con relación a los demás tratamientos. En el periodo 1 se encontraron



diferencias significativas con un  $p=0,0003$  entre los tratamientos 1, el tratamiento control y el tratamiento 3, alcanzando la mayor altura para este periodo con un valor de  $34,7 \pm 5,19$ . Investigaciones previas sobre la altura del *Bothriochloa saccharoides* bajo diferentes porcentajes de cobertura de sombra alcanzó una altura hasta de 135,17 cm (Piñeros et al., 2009), lo cual es superior a lo encontrado en nuestro estudio para cualquiera de los tratamientos de fertilización nitrogenada.

**Tabla 4.1.** Indicadores Agronómicos del pasto Vidal sometido a diferente dosis de fertilizante nitrogenada en el trópico seco.

VARIABLE	PERIODO	TRATAMIENTO				EE	p
		CONTROL	1	2	3		
Altura de la planta (cm)	1	27,6 ± 8,81 <sup>a</sup>	34,73 ± 5,19 <sup>b</sup>	31,6 ± 5,51 <sup>ab</sup>	29,73 ± 5,32 <sup>a</sup>	1,17	0,0003
	2	35,67 ± 3,44 <sup>a</sup>	40,87 ± 4,39 <sup>b</sup>	45,57 ± 3,82 <sup>c</sup>	39,8 ± 5,76 <sup>b</sup>	0,81	0,0001
	3	64,8 ± 5,05 <sup>a</sup>	82,97 ± 5,53 <sup>b</sup>	96,07 ± 5,24 <sup>c</sup>	67,77 ± 2,85 <sup>a</sup>	0,87	0,0001
	4	87,97 ± 4,91 <sup>a</sup>	110,23 ± 6,22 <sup>c</sup>	115,23 ± 3,84 <sup>d</sup>	98,73 ± 2,96 <sup>b</sup>	0,85	0,0001
	5	92,97 ± 7,79 <sup>a</sup>	111,97 ± 6,17 <sup>c</sup>	120,73 ± 6,12 <sup>d</sup>	104,73 ± 6,60 <sup>b</sup>	1,22	0,0001
Largo de las hojas (cm)	1	21,13 ± 3,79 <sup>a</sup>	22,8 ± 4,55 <sup>b</sup>	23,62 ± 3,82 <sup>b</sup>	24,33 ± 4,69 <sup>b</sup>	0,45	0,0001
	2	26,58 ± 3,44 <sup>a</sup>	34,59 ± 3,43 <sup>c</sup>	38,57 ± 4,46 <sup>d</sup>	29,81 ± 3,27 <sup>b</sup>	0,39	0,0001
	3	44,58 ± 4,41 <sup>a</sup>	56,82 ± 4,25 <sup>b</sup>	63,31 ± 2,93 <sup>c</sup>	45,56 ± 7,71 <sup>a</sup>	0,54	0,0001
	4	42,44 ± 6,44 <sup>a</sup>	62,97 ± 2,22 <sup>c</sup>	65,08 ± 4,19 <sup>d</sup>	55,24 ± 4,88 <sup>b</sup>	0,49	0,0001
	5	43,81 ± 6,46 <sup>a</sup>	64,98 ± 3,05 <sup>c</sup>	67,43 ± 4,98 <sup>d</sup>	56,81 ± 4,97 <sup>b</sup>	0,53	0,0001
Ancho de las hojas (cm)	1	0,55 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,59 ± 0,10 <sup>ab</sup>	0,61 ± 0,09 <sup>bc</sup>	0,64 ± 0,14 <sup>c</sup>	0,01	0,0001
	2	0,68 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,76 ± 0,09 <sup>b</sup>	0,82 ± 0,12 <sup>c</sup>	0,71 ± 0,10 <sup>a</sup>	0,01	0,0001
	3	0,82 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,93 ± 0,10 <sup>c</sup>	1,01 ± 0,12 <sup>d</sup>	0,88 ± 0,13 <sup>b</sup>	0,01	0,0001
	4	0,81 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,98 ± 0,06 <sup>b</sup>	1,04 ± 0,07 <sup>d</sup>	1,01 ± 0,08 <sup>c</sup>	0,01	0,0001
	5	0,81 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,98 ± 0,06 <sup>b</sup>	1,04 ± 0,07 <sup>d</sup>	1,01 ± 0,08 <sup>c</sup>	0,01	0,0001
Peso aéreo de las plantas en MS (gr)	1	23,4 ± 7,37 <sup>a</sup>	22,01 ± 13,78 <sup>a</sup>	20,88 ± 11,56 <sup>a</sup>	29,61 ± 16,12 <sup>a</sup>	4,21	0,4734
	2	27,62 ± 10,56 <sup>a</sup>	21,39 ± 5,85 <sup>a</sup>	19,99 ± 4,62 <sup>a</sup>	18,26 ± 9,63 <sup>a</sup>	2,69	0,0954
	3	37,82 ± 17,4 <sup>ab</sup>	25,38 ± 18,56 <sup>a</sup>	38,64 ± 17,3 <sup>ab</sup>	59,06 ± 32,49 <sup>b</sup>	7,46	0,0267
	4	27,39 ± 10,58 <sup>a</sup>	59,14 ± 22,9 <sup>bc</sup>	32,89 ± 17,3 <sup>ab</sup>	63,67 ± 34,6 <sup>c</sup>	7,71	0,0032
	5	30,57 ± 10,34 <sup>a</sup>	25,58 ± 5,82 <sup>a</sup>	31,17 ± 5,61 <sup>a</sup>	22,59 ± 3,01 <sup>a</sup>	2,24	0,0309



VARIABLE	PERIODO	TRATAMIENTO				EE	p
		CONTROL	1	2	3		
Peso de la raíz en MS (gr)	1	42,34 ± 29,46 <sup>a</sup>	41,96 ± 35,47 <sup>a</sup>	51,46 ± 59,68 <sup>a</sup>	83,33 ± 138,1 <sup>a</sup>	26,24	0,6488
	2	40,32 ± 26,22 <sup>b</sup>	25,52 ± 16,2 <sup>ab</sup>	16,33 ± 7,22 <sup>a</sup>	12,58 ± 5,12 <sup>a</sup>	5,35	0,0043
	3	54,13 ± 30,35 <sup>b</sup>	24,83 ± 24,03 <sup>a</sup>	20,42 ± 7,60 <sup>a</sup>	32,21 ± 10,4 <sup>ab</sup>	6,8	0,0069
	4	19,99 ± 11,91 <sup>a</sup>	32,67 ± 16,84 <sup>a</sup>	15,37 ± 6,01 <sup>a</sup>	30,22 ± 19,37 <sup>a</sup>	4,82	0,0493
	5	48,67 ± 26,14 <sup>b</sup>	32,57 ± 15,4 <sup>ab</sup>	22,27 ± 9,8 <sup>a</sup>	16,86 ± 3,87 <sup>a</sup>	5,36	0,0011
Relación hoja/tallo	1	2,48 ± 0,79 <sup>a</sup>	3,61 ± 0,9 <sup>b</sup>	3,73 ± 1,018 <sup>b</sup>	4,37 ± 0,54 <sup>b</sup>	0,28	0,0005
	2	1,63 ± 0,25 <sup>a</sup>	4,22 ± 2,74 <sup>b</sup>	3,01 ± 0,86 <sup>ab</sup>	3,69 ± 1,24 <sup>b</sup>	0,52	0,009
	3	1,43 ± 0,59 <sup>a</sup>	1,66 ± 0,34 <sup>ab</sup>	2 ± 0,51 <sup>b</sup>	1,61 ± 0,15 <sup>ab</sup>	0,15	0,067
	4	1,86 ± 0,73 <sup>a</sup>	2,07 ± 1,10 <sup>a</sup>	2,66 ± 1 <sup>a</sup>	2,92 ± 1,29 <sup>a</sup>	0,35	0,135
	5	1,61 ± 0,23 <sup>a</sup>	3,49 ± 1,86 <sup>b</sup>	3,42 ± 1,37 <sup>b</sup>	2,38 ± 0,6 <sup>ab</sup>	0,4	0,0056
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	1	10,64 ± 2,93 <sup>a</sup>	12,36 ± 3,61 <sup>b</sup>	13,82 ± 3,13 <sup>c</sup>	13,46 ± 4,07 <sup>bc</sup>	0,36	0,0001
	2	16,36 ± 3,12 <sup>a</sup>	23,92 ± 4,01 <sup>c</sup>	28,7 ± 5,09 <sup>d</sup>	19,03 ± 0,35 <sup>b</sup>	0,42	0,0001
	3	32,77 ± 4,61 <sup>a</sup>	48,11 ± 6,39 <sup>c</sup>	57,93 ± 7,86 <sup>d</sup>	36,75 ± 9,81 <sup>b</sup>	0,78	0,0001
	4	30,99 ± 5,07 <sup>a</sup>	56,09 ± 3,86 <sup>c</sup>	61,35 ± 5,36 <sup>d</sup>	50,5 ± 5,33 <sup>b</sup>	0,52	0,0001
	5	31,99 ± 5,14 <sup>a</sup>	57,89 ± 4,56 <sup>c</sup>	63,59 ± 6,19 <sup>d</sup>	51,92 ± 5,43 <sup>b</sup>	0,57	0,0001

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), EE: error estándar

Fuente. Autores.

Para el pasto *Bothriochloa pertusa* se ha reportado una altura máxima de 30,18 y 20,6 cm en un sistema sin árboles y asociado en un sistema silvopastoril respectivamente, estos valores son menores de acuerdo a lo encontrado en el presente estudio (Piñeros, Tobar, & Mora, 2011). Silva et al. (1999), señala que las especies de gramíneas que desarrollan hábitos de crecimiento macollado como el *Panicum maxirnun* y *Andropogon gyanus* pueden alcanzar alturas mayores (56,5 y 85,0 cm respectivamente), con respecto a otras especies de crecimiento decumbente y estolonífero como *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria dictyoneura* (25,7; 66,2 y 28,7 cm respectivamente) a las 6 semanas de edad en periodos de alta precipitación.



Por otro lado, Cruz et al. (2012), encontraron que en otras especies de gramíneas como *Panicum maximum* cv Tanzania, *Panicum maximum* cv Mombasa y *Pennisetum pur-pureum* cv Mott, alcanzan alturas de hasta 2,10, 1,99 y 1,79 metros respectivamente en periodo lluvioso, las cuales son superiores a la altura máxima encontrada en el presente estudio para *Bothriochloa saccharoides*. En las especies de gramíneas forrajeras *Urochloa decumbens* cultivar Basilisk, *Urochloa humidicola*, cultivar Humidicola y *Urochloa arrecta* Homen et al. (2010), encontraron alturas entre 68, 55 y 60 cm respectivamente a los 35 días de edad de las plantas, lo cual es menor a lo encontrado para nuestro estudio, también reportan que a partir del día 28 de edad de estas especies, se presentan los mayores incrementos promedios de altura.

#### 4.3.1.2. Largo de hoja

Como se puede apreciar en la tabla 4.1, en el primer periodo de estudio el tratamiento control presentó el promedio de hojas más cortas ( $21,13 \pm 3,79$  cm) y fue diferente estadísticamente con los demás tratamientos con un  $p=0,0001$ , en el periodo 3 se encontró que el tratamiento control y 3 con valores de  $44,58 \pm 4,41$  y  $45,56 \pm 7,71$  cm respectivamente, fueron diferentes estadísticamente de los tratamientos 1 y 2 los cuales presentaron los siguientes valores  $56,82 \pm 4,25$  y  $63,31 \pm 2,93$  cm, con un  $p=0,0001$ . En el periodo 4 todos los tratamientos mostraron diferencias estadísticamente significativas, En el periodo 5 el mayor resultado de todos los tratamientos fue el tratamiento 2 con  $67,43 \pm 4,98$  cm.

Para la especie *Bothriochloa pertusa* se ha reportado un largo de las hojas de 15,1 y 11,5 cm en un sistema convencional y un sistema silvopastoril respectivamente (Piñeros et al., 2011).

#### 4.3.1.3. Ancho de la hoja

En el primer periodo el tratamiento control presentó el menor valor de ancho de las hojas ( $0,55 \pm 0,11$  cm) y presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto a los tratamientos 2 ( $0,61 \pm 0,09$  cm) y 3 ( $0,64 \pm 0,14$  cm) con  $p=0,0001$ , siendo este último el mejor tratamiento para este periodo. En el periodo 4 hubo diferencia significativa entre todos los tratamientos con un  $p=0,0001$ , y en este periodo el mayor promedio de ancho de las hojas se encontró en el tratamiento 2 con  $1,04 \pm 0,07$  cm, en el



periodo final del desarrollo experimental estos resultados se mantuvieron, mostrando diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos con  $p=0,0001$ , como se muestra en la tabla 4.1.

Piñeros et al. (2011), encontró un ancho de las hojas de 0,4 cm para la especie *Bothriochloa pertusa* en un sistema convencional sin fertilizar, esto es superior a lo encontrado en nuestro estudio.

#### 4.3.1.4. Peso de biomasa aérea

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos durante los primeros dos periodos (14 días de rebrote), en el periodo 4 (28 días de rebrote), se encuentran diferencias estadísticas entre los pesos de los diferentes tratamientos, donde el tratamiento 3 tuvo el mayor peso promedio ( $63,67 \pm 34,6$  g)  $p=0,0032$  y el tratamiento control el menor peso promedio ( $27,39 \pm 10,58$  g) de forraje verde  $p=0,0032$ , mostrando diferencias estadísticamente significativas. En el periodo 5 (35 días de rebrote), la cantidad de forraje disponible por las plantas de los diferentes tratamientos se presenta con un peso promedio muy similar y no muestra diferencias estadísticamente significativas, esto puede deberse a que la planta alcanza un follaje o peso aéreo constante al momento de su floración, como se muestra en la tabla 4.1.

El peso aéreo seco de las especies *Panicum máximum* cv. Likoni y SIH-127 (Guinea), el pasto Buffel Biloela y el pasto Rhodes Callide, fertilizados con 50 Kg de nitrógeno por ha, tuvieron un peso seco de la parte aérea de 46,1; 47,6; 45,6 y 67,8 g respectivamente a las 10 semanas de corte, los cuales son superiores a los encontrados en nuestro estudio (Blanco, Corcho, & Castañeda, 1993).

#### 4.3.1.5. Peso de la raíz

No hubo diferencias estadísticamente significativas con un  $p = 0,05$  en el primer y cuarto periodo de muestreo. Sin embargo, en el resto de los periodos se encontraron diferencias significativas y cabe resaltar el comportamiento del tratamiento control en el periodo quinto, donde presentó el peso más alto ( $48,67 \pm 26,14$  g) con un  $p=0,0011$  con relación a los tratamientos 2 ( $22,27 \pm 9,8$  g) y 3 ( $16,86 \pm 3,87$  g), como se muestra en la tabla 4.1.



Estudios realizados sobre el desarrollo radicular del pasto Guinea (*Panicum maxvimun* cv. Likoni) inoculados con cepas de *Azospirillum* obtuvieron pesos de 28,24 y 25,60 g con diferentes cepas inoculadas, los cuales son similares a los encontrados en nuestro estudio para los tratamientos 2 y 3 al final del periodo 5 de muestreo (Pereira, Rolo, Rodríguez, & Ávila, 1993).

El peso de la raíz seca de las especies *Panicum máximo* cv. Likoni y SIH-127 (Guinea), el pasto Buffel Biloela y el pasto Rhodes Callide, fertilizados con 50 Kg de nitrógeno por ha, alcanzó hasta 27,1; 28,6; 28 y 31,1 g respectivamente bajo condiciones de laboratorio, aunque se sugiere que cada una de las especies de gramíneas tropicales tiene un tipo de crecimiento radicular diferente, este puede verse aumentado en la presencia de alto contenido de nutrientes en el suelo (Blanco et al., 1993).

Las gramíneas *Panicum maximun* y *Brachiaria brizanta* se han utilizado como barreras biológicas para limitar la extensión del crecimiento de las raíces de los árboles en sistemas agroforestales, debido a su crecimiento radicular el cual hace direccionar el crecimiento de las raíces de los árboles de forma vertical, disminuyendo así la competencia por nutrientes en los estratos más superficiales del suelo (Schaller, Schroth, Beer, & Jiménez, 2001)

La variación del peso de las raíces entre plantas de la misma o diferente especie es un indicativo de que en las primeras semanas posterior a la germinación se produce un activo crecimiento de la raíz, a expensas de tener un lento crecimiento de la parte aérea, y se sugiere que los productos de la fotosíntesis pueden ser dirigidos de manera principal hacia el sistema radical en esta etapa vegetativa de la planta (Blanco et al., 1993).

Existe un balance funcional entre el tamaño de las raíces y el tamaño de la parte aérea, el cual depende de la cantidad de nutrientes absorbidos por las raíces y la tasa de fotosíntesis que se puede realizar en las hojas de los pastos, el crecimiento y las funciones radiculares son muy sensibles a diferentes factores como la temperatura, sequía, porosidad del suelo y deficiencia de nutrientes, entre otros, lo cual hace que esta se convierta en un sistema extremadamente plástico y dinámico para suplir las necesidades de la planta (Clavero & Urdaneta, 1997).



#### 4.3.1.6. Relación Hoja/Tallo (H/T)

Para el periodo 1 de toma de muestras se encontró que el tratamiento control tenía la menor relación H/T de  $2,48 \pm 0,79$  con respecto a los demás tratamientos mostrando diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,0005$ ). Para el periodo 4 del desarrollo experimental no encontramos diferencias estadísticas para ninguno de los tratamientos con  $p=0,135$  y en el periodo 5 el tratamiento control presentó la menor relación H/T ( $1,61 \pm 0,23$ ) al compararlo con los tratamientos 1 ( $3,49 \pm 1,86$ ) y 2 ( $3,42 \pm 1,37$ ) con un  $p=0,0056$ , como se muestra en la tabla 4.1.

Homen et al. (2010), en las especies *Urochloa decumbens* cultivar Basilisk, *Urochloa humidicola*, cultivar Humidicola y *Urochloa arrecta* determina la relación H/T como un estimador de la calidad de las gramíneas, y encuentra 1,74; 2,62 y 0,87 respectivamente, en un periodo de mínima precipitación y destaca que durante este periodo se presenta una mayor relación H/T en estas especies debido al déficit hídrico que ocasiona un retraso en la elongación de los tallos y un aumento considerable para la elongación de las hojas, también reportan que a medida que la edad de las plantas aumenta, se disminuye la relación H/T por la elongación y lignificación de los tallos.

Para la especie *Pennisetum purpureum* var. 'CT-115' se reportan valores de hasta 1,5 sin fertilización (Cabello et al., 2013). La aplicación de N al suelo en cultivares de pasto elefante enano no produce cambios significativos en cuanto a la relación hoja/tallo (1.75), mostrándose como una buena especie para pastoreo, debido a que aporta más del 50% de su rendimiento en hoja con una frecuencia de corte de 45 días (Faría et al., 1997).

Trejo, Solís & Vera., (2013), en estudios con el pasto King grass y dos clones Cubanos OM-22 y CT-115 encontró una baja relación H/T de 0,5; 0,6 y 0,38 respectivamente en suelos fertilizados con UREA a una dosis de 300 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y una frecuencia de corte de 60 días, contrario a lo reportado en el presente estudio donde se puede apreciar que a medida que aumenta la inclusión de N en el fertilizante aumenta la relación de H/T.



### 4.3.1.7. Área foliar

En el primer periodo del desarrollo experimental el área foliar (AF) fue menor para el tratamiento control ( $10,64 \pm 2,93 \text{ cm}^2$ ) y fue diferente estadísticamente de todos los demás tratamientos  $p=0,0001$ , también se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos 1 ( $12,36 \pm 3,61 \text{ cm}^2$ ) y 2 ( $13,82 \pm 3,13 \text{ cm}^2$ ) para este periodo, en el segundo periodo de muestreo se encontró que todos los tratamientos exhibieron diferencias estadísticas entre ellos, siendo el más alto AF para el tratamiento 2 ( $28,7 \pm 5,09 \text{ cm}^2$ ) y el más bajo AF para el tratamiento control ( $16,36 \pm 3,12 \text{ cm}^2$ ) con  $p=0,0001$ , estos resultados del periodo 2 se mantuvieron a lo largo de todos los periodos de tomas de muestra en el estudio, encontrando siempre que el tratamiento control presentó el menor AF ( $31,99 \pm 5,14 \text{ cm}^2$  periodo 5), seguido por el tratamiento 3 ( $51,92 \pm 5,43 \text{ cm}^2$ ) y 1 ( $57,89 \pm 4,56 \text{ cm}^2$ ) y el mayor AF se encontró siempre en las parcelas del tratamiento 2 ( $63,59 \pm 6,19$  periodo 5) con  $p=0,0001$ , como se muestra en la tabla 4.1.

Para la especie *Bothriochloa pertusa* se ha reportado un AF de hasta  $61,3$  y  $29,7 \text{ cm}^2$  en un sistema sin árboles y otro sistema asociado con árboles respectivamente.

### 4.3.2. Análisis Bromatológico

**Tabla 4.2.** Análisis bromatológico del pasto *Bothriochloa saccharoides* sometido a diferente dosis de fertilizante nitrogenada en el trópico seco.

Variable	Periodo	Tratamiento				EE	p
		Control	1	2	3		
MS (%)	1	$29,76 \pm 4,03^a$	$27,08 \pm 8,13^a$	$26,35 \pm 4,09^a$	$28,85 \pm 4,09^a$	3,11	0,8559
	2	$48,92 \pm 19,6^a$	$33,18 \pm 21,4^a$	$47,28 \pm 29,2^a$	$47,7 \pm 40,5^a$	16,69	0,8948
	3	$20,21 \pm 0,46^a$	$16,88 \pm 2,09^a$	$21,07 \pm 5,72^a$	$18,07 \pm 0,63^a$	1,77	0,378
	4	$23,11 \pm 1,82^a$	$20,5 \pm 0,45^a$	$22,24 \pm 1,6^a$	$23,23 \pm 3,32^a$	1,19	0,397
	5	$30,92 \pm 2,53^a$	$39,37 \pm 8,91^a$	$38,92 \pm 4,16^a$	$36,92 \pm 11,2^a$	4,37	0,5317
	6	$33,75 \pm 6,92^a$	$44,3 \pm 8,02^a$	$43,59 \pm 3,76^a$	$38,55 \pm 3,19^a$	3,37	0,1753



Variable	Periodo	Tratamiento				EE	p
		Control	1	2	3		
Proteína cruda (%)	1	10,56 ± 1,02 <sup>a</sup>	16,03 ± 0,83 <sup>b</sup>	15,19 ± 1,53 <sup>b</sup>	15,86 ± 2,55 <sup>b</sup>	0,94	0,0098
	2	11,37 ± 0,77 <sup>a</sup>	15,46 ± 0,83 <sup>b</sup>	11,97 ± 0,92 <sup>a</sup>	15,61 ± 1,41 <sup>b</sup>	0,58	0,0013
	3	8,96 ± 0,71 <sup>a</sup>	13,55 ± 0,88 <sup>b</sup>	10,7 ± 0,85 <sup>a</sup>	9,78 ± 0,4 <sup>a</sup>	0,42	0,0003
	4	7,79 ± 0,44 <sup>a</sup>	8,33 ± 0,62 <sup>a</sup>	8,88 ± 0,57 <sup>a</sup>	8,11 ± 0,57 <sup>a</sup>	0,32	0,183
	5	7,03 ± 0,98 <sup>a</sup>	9,81 ± 0,92 <sup>b</sup>	9,78 ± 0,52 <sup>b</sup>	8,47 ± 0,4 <sup>b</sup>	0,43	0,0055
	6	6,67 ± 0,88 <sup>a</sup>	7,96 ± 0,49 <sup>ab</sup>	8,82 ± 0,45 <sup>b</sup>	8,03 ± 0,71 <sup>ab</sup>	0,38	0,0234
FDN (%)	1	67,8 ± 0,82 <sup>a</sup>	70,07 ± 1,85 <sup>a</sup>	68,13 ± 1,9 <sup>a</sup>	71,03 ± 2,55 <sup>a</sup>	1,09	0,1895
	2	72,3 ± 1,47 <sup>ab</sup>	73,5 ± 1,97 <sup>ab</sup>	75,07 ± 1,46 <sup>b</sup>	70,3 ± 1,93 <sup>a</sup>	1	0,0496
	3	70,77 ± 0,9 <sup>a</sup>	70,13 ± 1,2 <sup>a</sup>	69,57 ± 1,88 <sup>a</sup>	69,4 ± 0,56 <sup>a</sup>	0,71	0,55
	4	74,03 ± 1,55 <sup>a</sup>	73,07 ± 0,71 <sup>a</sup>	73,1 ± 0,66 <sup>a</sup>	73,27 ± 0,32 <sup>a</sup>	0,54	0,5697
	5	70,97 ± 1,08 <sup>a</sup>	70,07 ± 0,49 <sup>a</sup>	71,33 ± 0,98 <sup>a</sup>	71,97 ± 2,46 <sup>a</sup>	0,84	0,483
	6	75,27 ± 0,81 <sup>a</sup>	75,53 ± 0,71 <sup>a</sup>	74,73 ± 0,75 <sup>a</sup>	74,67 ± 0,86 <sup>a</sup>	0,45	0,5014
FDA (%)	1	55,4 ± 1,14 <sup>a</sup>	55,9 ± 0,62 <sup>a</sup>	55,1 ± 2 <sup>a</sup>	54,57 ± 1,1 <sup>a</sup>	0,76	0,6664
	2	57,73 ± 0,21 <sup>a</sup>	60,2 ± 2,6 <sup>a</sup>	59,73 ± 2,22 <sup>a</sup>	58,63 ± 1,72 <sup>a</sup>	1,11	0,4388
	3	49,27 ± 1,37 <sup>a</sup>	51,37 ± 0,74 <sup>a</sup>	51,63 ± 2,06 <sup>a</sup>	50,57 ± 0,78 <sup>a</sup>	0,78	0,2142
	4	53,63 ± 0,42 <sup>a</sup>	54,1 ± 0,84 <sup>ab</sup>	55,67 ± 0,64 <sup>b</sup>	54,33 ± 1,0 <sup>ab</sup>	0,45	0,057
	5	56,33 ± 1,15 <sup>a</sup>	55,67 ± 1,15 <sup>a</sup>	57,33 ± 2,08 <sup>a</sup>	54,67 ± 2,08 <sup>a</sup>	0,97	0,33
	6	57,33 ± 3,06 <sup>a</sup>	57,67 ± 0,58 <sup>a</sup>	58,67 ± 1,53 <sup>a</sup>	57 ± 1 <sup>a</sup>	1,04	0,706
Cenizas (%)	1	14,02 ± 0,94 <sup>a</sup>	13,62 ± 2,18 <sup>a</sup>	11,68 ± 3,06 <sup>a</sup>	14,29 ± 0,28 <sup>a</sup>	1,12	0,4011
	2	14,88 ± 1,05 <sup>a</sup>	14,17 ± 0,52 <sup>a</sup>	14,48 ± 0,92 <sup>a</sup>	14,35 ± 1,15 <sup>a</sup>	0,54	0,8193
	3	12,42 ± 0,64 <sup>a</sup>	11,65 ± 0,81 <sup>a</sup>	11,79 ± 0,4 <sup>a</sup>	11,37 ± 0,64 <sup>a</sup>	0,37	0,3016
	4	12,12 ± 0,26 <sup>a</sup>	11,54 ± 0,49 <sup>a</sup>	11,26 ± 0,68 <sup>a</sup>	11,75 ± 0,37 <sup>a</sup>	0,27	0,2335
	5	11,75 ± 0,79 <sup>a</sup>	10,55 ± 0,59 <sup>a</sup>	11,61 ± 1,1 <sup>a</sup>	10,22 ± 0,83 <sup>a</sup>	0,49	0,1409
	6	11,04 ± 2,53 <sup>a</sup>	11,56 ± 0,39 <sup>a</sup>	11,89 ± 0,67 <sup>a</sup>	10,61 ± 1,06 <sup>a</sup>	0,82	0,7112
Lignina (%)	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-
	3	3,51 ± 0,64 <sup>a</sup>	4,72 ± 1,2 <sup>ab</sup>	7,18 ± 2,3 <sup>ab</sup>	8,53 ± 1,37 <sup>b</sup>	0,88	0,0145
	4	8,85 ± 2,8 <sup>a</sup>	7,89 ± 0,15 <sup>a</sup>	13,74 ± 4,63 <sup>a</sup>	7,58 ± 0,52 <sup>a</sup>	1,57	0,0769
	5	13,58 ± 3,2 <sup>a</sup>	11,45 ± 3,1 <sup>a</sup>	14,39 ± 3,6 <sup>a</sup>	13,73 ± 16,9 <sup>a</sup>	5,18	0,4901
	6	17,96 ± 2,5 <sup>a</sup>	16,11 ± 3,9 <sup>a</sup>	13,11 ± 1,6 <sup>a</sup>	12,39 ± 2,9 <sup>a</sup>	1,67	0,1410

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (p < 0,05), EE: error estándar.



#### 4.3.2.1. Materia seca

Esta representa la fracción del alimento con un porcentaje muy bajo de agua, la MS no se vio afectada por la cantidad de nitrógeno adicionado como fertilizante en ninguno de los periodos para cada uno de los tratamientos, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos hasta el periodo 6, como se muestra en la tabla 4.2.

Cardoso et al. (2009), reportan porcentaje de MS de hasta 34% en la especie *Panicum maximum* *vc.* *Mombaza* en el periodo lluvioso, lo cual es menor a lo encontrado en nuestro estudio con la aplicación del tratamiento 3 en el periodo 6. Cabello et al. (2013), Para la especie *Pennisetum purpureum* var. 'CT-115' reporta valores de hasta 28,9 % de MS para las hojas en suelos sin fertilizar. Estudios comparativos realizados por Johnson et al. (2001), entre las especies *Cynodon dactylon*, *Cynodon nlemfuensis* y *Paspalum notatum* sobre el rendimiento en MS, luego de la adición N al suelo, mostraron que se duplicó la producción de MS en las tres gramíneas hasta aplicar 78 kg de N/ha de corte, a diferencia de las praderas sin adición de N donde la masa del forraje de las tres especies fue similar. Las tasas de aplicación de N mayores a los 78K de N/ha no tuvieron un efecto significativo sobre la producción de MS, lo cual sugiere que el forraje ya había alcanzado su máximo potencial y que la cantidad de MS depende de la fertilización nitrogenada.

Existe una correlación negativa entre la cantidad de MS y el contenido de PC en la planta, debido a que conforme avanza la edad de rebrote de las plantas se aumenta también la cantidad de MS, pero ocurre una disminución tanto en el porcentaje de PC como en la DIVMS (Rodríguez, 2009).

#### 4.3.2.2. Proteína bruta

En la medición de la proteína bruta del pasto Vidal encontramos para el primer periodo que el tratamiento control presentó los niveles más bajos de proteína  $10,56 \pm 1,02$  % ( $p=0,098$ ) y presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás tratamientos, para el periodo 5 sólo el tratamiento control continuó presentando los niveles más bajos de proteína  $7,03 \pm 0,98$  % ( $p=0,0234$ ) y el tratamiento 2, el cual tenía la mayor inclusión de nitrógeno en el fertilizante y presentó



la mayor cantidad de proteína ( $8,82 \pm 0,45$  %) con respecto a los demás tratamientos con  $p=0,0234$  al final del periodo 6 de muestreo, como se muestra en la tabla 4.2.

El porcentaje de PC disminuye en las especies de gramínea a medida que se avanza la edad en semanas, se ha reportado para la especie *Brachiaria humidicola* que el porcentaje de PC (8,5%) disminuye rápidamente debido a procesos metabólicos a las 6 semanas de edad en un periodo lluvioso, diferente de la especie *Panicum máximum* que presenta una PC (14,1%) más elevada bajo las mismas condiciones de la especie anterior (Silva et al., 1999). Para *B. saccharoides* se encontraron valores similares a lo reportado para la especie *Brachiaria humidicola* a las 6 semanas de edad y para *Bothriochloa pertusa* de 8,31% a los 28 días de rebrote, lo cual es muy similar a lo encontrado en nuestro estudio ( Piñeros et al., 2011).

La fertilización con N sobre las especies *Paspalum notatum*, *Cynodon dactylon* y *Cynodon nlemfuensis* se ha demostrado un aumento en la cantidad de N total (Johnson et al., 2001). Estos resultados difieren con lo reportado para el pasto King grass y dos clones Cubanos OM-22 y CT-115, donde el contenido de PC (9,7; 8,8 y 12,5 respectivamente) no se vio afectada por la aplicación de UREA (Trejo, Solis & Vera., 2013).

Rodríguez (2009), sugiere que conforme aumenta la edad de rebrote de un forraje, se disminuye el porcentaje de PC, debido a que las plantas van sufriendo cambios importantes en los componentes solubles y estructurales de sus hojas y tallos, también, por la fisiología vegetal al translocar parte de estos compuestos a órganos de reserva como las raíces u órganos reproductivos como las flores, disminuyendo así su valor nutricional y la digestibilidad para los animales que le consumen.

#### 4.3.2.3. Fibra Detergente Neutra

La FDN está compuesta por las fracciones de celulosa, hemicelulosa y lignina, y esta afecta la cantidad de alimento consumido por los animales en pastoreo, la FDN para el primer periodo no se encontró diferente estadísticamente para ninguno de los tratamientos, pero desde el periodo 3 y hasta el periodo 6 de muestreo, los porcentajes de FDN se hicieron muy similares para todos los tratamientos terminando en  $74,67 \pm 0,86$  a  $75,53$



$\pm 0,71$  % para los tratamientos 3 y 1 en el periodo 6 respectivamente, sin presentar diferencias estadísticamente significativas con  $p=0,5014$ .

Estudios comparativos entre las especies de *Cynodon dactylon*, *Cynodon nlemfuensis* y *Paspalum notatum* sobre el porcentaje de FDN de las tres especies forrajeras, se encontró que esta disminuye de forma lineal con forme se aumenta la cantidad de N aplicado al suelo. Encontrando un porcentaje de FDN de 74,5; 71,9 y 74,1 respectivamente tras la aplicación de 157 Kg/ha de corte de N y con una frecuencia de corte de 28 días (Johnson et al., 2001). Estos valores son muy similares a los encontrados para el periodo 4 (28 días) en nuestro estudio, aunque nosotros aplicamos una cantidad de N mayor por ha de corte. Para la especie *Bothriochloa pertusa* los valores de FDN reportados llegan a 77,98% a los 28 días de rebrote en un sistema convencional son fertilización ( Piñeros et al., 2011).

#### 4.3.2.4. Fibra Detergente Ácida

La FDA está formada por la celulosa y la lignina, la cual afecta la digestibilidad de los forrajes consumidos por los animales, esta fracción durante los periodos 1, 2 y 3 de muestreo no mostraron diferencias estadísticamente significativas, solo en el periodo 4 el porcentaje de FDA en el tratamiento control fue diferente estadísticamente del tratamiento 2 con  $53,63 \pm 0,42$  y  $55,67 \pm 0,64$  % respectivamente con un  $p=0,057$ , en los periodos 5 y 6 los porcentajes de FDN fueron también muy similares, como se muestra en la tabla 4.2.

La FDA varía de acuerdo a las especies forrajera aunque se aplique la misma cantidad de N al suelo, para el caso de la especie *Paspalum notatum* no tiene ningún efecto sobre el porcentaje de FDA (33,7%), diferente a las especies de *Cynodon dactylon* y *Cynodon nlemfuensis* donde la adición de N al suelo produce una disminución en el porcentaje de FDA (31,5 y 30,9 respectivamente) al aplicar 157 Kg/ha de N y una frecuencia de corte de 28 días (Johnson et al., 2001). Estos resultados difieren a lo encontrado para el pasto Vidal, el cual al periodo cuatro de corte presenta niveles mayores de FDA. Para la especie *Bothriochloa pertusa* la FDA reportada por Piñeros et al. (2011), es de 50,51% a los 28 días de rebrote, lo cual es menor a lo encontrado en nuestro estudio.



#### 4.3.2.5. Cenizas

Las cenizas son los minerales que tiene el forraje y estos no se vieron afectados por la cantidad de nitrógeno adicionado como fertilizante en ninguno de los periodos para cada uno de los tratamientos, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, como se muestra en la tabla 4.2.

#### 4.3.2.6. Lignina

La lignina es la fracción indigestible de los forrajes consumidos por los animales, para el periodo 3 de muestreo solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento control y el tratamiento 3 con porcentajes de  $3,51 \pm 0,64$  y  $8,53 \pm 1,37$  % respectivamente con un  $p= 0,0145$ , para los periodos 4 hasta el 6 no se encontraron variaciones significativas en la cantidad de lignina llegando hasta un máximo de  $17,96 \pm 2,58$  % para el tratamiento control en el periodo 6.

Al aplicar N se aumenta la producción forrajera en el pasto King grass y los clones Cubanos OM-22 y CT-115 (Trejo, Solis & Vera., 2013), la aplicación de un fertilizante nitrogenado sobre las praderas en dosis superiores al umbral de utilización por las plantas produce un costo adicional, el cual no se representa con una disponibilidad de biomasa mayor, llevando a una mayor pérdida de nutrientes por lixiviación a través de una solución del suelo (Pacheco et al., 1986).

El rendimiento y la tasa de acumulación de materia seca, la altura de la planta, la producción de las fracciones vegetales hoja, tallo y material muerto incrementan a medida que se aumenta el nivel de fertilizante nitrogenado (Faría et al., 1997).

La variación en la cantidad de forraje dentro de la pradera puede deberse a las diferentes condiciones medioambientales que van cambiando en el transcurso de un año, influyendo de manera directa sobre la recuperación de las praderas, así se mantengan constantes los días de ocupación y recuperación. De las prácticas de manejo aplicadas en cada finca depende la producción de las pasturas y al mismo tiempo permite estimar la capacidad de carga animal (animales/ha) sobre cada pradera (Villalobos & Arce, 2013).



## 4.4. Conclusión

Finalmente el tratamiento 2 (320,4 Kg de nitrógeno/ha) se presenta con los mejores resultados, ya que éste aumenta de manera significativa los indicadores agronómicos como alto de la planta, largo de las hojas, ancho de las hojas y peso aéreo de la planta, produciendo una mayor disponibilidad de pasto a los animales en producción que podrán consumir como forraje verde, además, mejora la calidad nutricional del pasto Vidal, ya que aumenta el porcentaje de PC y con niveles adecuados de FDN y FDA, presentándose como una opción adecuada para la alimentación de los animales en el trópico seco. Se sugiere continuar con la investigación en esta especie bajo diferentes zonas de vida, tipos de suelos, frecuencia de corte y niveles de inclusión de fertilizantes.

## 4.5. Referencias

AOAC, (2000). Official methods of analysis. (17th ed.). The executive director office of the federal register washington, d.c.; United States of America, Arlington, Virginia.

Blanco, F., Corcho, C., & Castañeda, A. (1993). Estudio del sistema radical y aéreo de cuatro gramíneas tropicales. I. Equilibrio y relaciones de dependencia. *Pastos Y Forrajes*, 16(2), 179–186.

Cabello, J. J. N., Ornelas, E. G., García, F. Z., Sáenz, E. O., Elías, J., Barragán, H. B., & García, S. H. (2013). Establecimiento del pasto "CT-115" (*Pennisetum purpureum*) en una zona semiárida del noreste de México. *Rev. Fitotec. Mex*, 36(3), 239–244.

Cardoso, G. C. R., Martínez, R. O., Tuero, R., Cruz, A. M., Romero, A., Estanquero, L., ... Torres, V. (2009). Evaluación de *Panicum maximum* vc . Mombaza y modelación de indicadores agronómicos durante tres años en un suelo ferralítico rojo típico de la provincia La Habana. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(3), 297–306.

Carrow, R. N., Waddington, D. V., & Rieke, P. E. (2001). *Turfgrass Soil Fertility & Chemical Problems: Assessment and Management*. John Wiley & Sons.

Clavero, T., & Urdaneta, R. (1997). Crecimiento del sistema radical del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv Mott ). *Rev. Fac.Agron.*, 14, 657–663.



Cruz, M. C., Rodríguez, L. C., Viera, R. G., Mouso, J. P., Muñoz, D. C., Escobar, Y. T., ... Socarrás, Y. C. (2012). Evaluación agronómica de tres gramíneas bajo condiciones edafoclimáticas. *Rev. Prod. Anim.*, 24(2).

Estrada, J. A. (2002). Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.

Faría RJ, González B, Faría MJ. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento total y distribución en hoja, tallo y material muerto de la materia seca del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 1997; 14: (4) 417-425.

FEDEGAN (2006). Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019. FEDEGAN – FNG. Bogotá. D.C. 296 p.

Holdridge, J. (2000). Those Mingled Seas the Poetry of WB Yeats, the Beautiful and the Sublime.

Homen, M., Entrena, I., & Arriojas, L. (2010). Biomasa y valor nutritivo de tres gramíneas forrajeras en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. *Zootecnia Trop.*, 28(1), 115–127.

Johnson, C. R., Reiling, B. A., Mislevy, P., & Hall, M. B. (2001). Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses. *Journal of Animal Science*, 79, 2439–2448. Retrieved from <https://dl.sciencesocieties.org/publications/jas/abstracts/79/9/11583432>

Olivera, Y., Machado, R., & Pozo, P. P. (2006). Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*. *Pastos Y Forrajes*, 29(1), 1–23.

Pacheco, R., González, M., & Briceño, J. (1986). Efecto del fraccionamiento de la fertilización nitrogenada en la lixiviación de nitrato, potasio, calcio y magnesio en un Andept de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 10, 129–138. Retrieved from [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v10n01-2\\_129.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v10n01-2_129.pdf)

Pereira, M., Rolo, R., Rodríguez, O., & Ávila, V. (1993). Selección de cepas de *Azospirillum* en gramíneas promisorias bajo condiciones de casa de cristal. *Pastos Y Forrajes*, 16(3), 251–256.

Piñeros, R., Silva, K., Sánchez, M., Delgado, J. M., & Holguin, V. A. (2009). Agronómicos del pasto vidal (*Bothriochloa saccharoides*) bajo sombra simulada en el valle cálido del magdalena, Tolima (. *Revista Luna Azul*, 29, 32–36. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n29/n29a04>



Piñeros, R. V., Tobar, V., & Mora, J. (2011). Evaluación agronómica y zootécnica del pasto Colosoana (*Bothriochloa pertusa*) en el trópico seco del Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1), 36–40.

R. N. Carrow, D. V. Waddington, P. E. R. (2001). *Turfgrass soil fertility and chemical problems* (p. 400). USA: John Wiley & Sons.

Rodriguez, M. L. (2009). *Rendimiento y valor nutricional del pasto Panicum CV. Mombaza a diferentes edades y alturas de corte*. Instituto tecnológico de costa rica, sede regional san carlos.

Schaller, M., Schroth, G., Beer, J., & Jimenez, F. (2001). Interacciones radiculares entre *Eucalyptus deglupta* y gramíneas competitivas. *Agroforestería En La Americas*, 2, 8(30), 44–47.

Silva, P. G., Marmol, F. J., & B., G. (1999). Evaluación agronómica de gramíneas forrajeras en Carora, estado Lara, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 16, 621–636.

Trejo, O. R., Solis, J. C., & Vera, F. D. (2013). Production of three varieties of *Pennisetum purpureum* fertilized with two different sources of nitrogen in Yucatan, Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 2(2), 60–68.

Villalobos, L., & Arce, J. (2013). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de monteverde, Puntarenas, Costa Rica. I. Disponibilidad de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense*, 37(1), 91–101.

Soest, P., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–97.

