

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVEJOS TIPO CARNE
BAJO TRES ESTRATEGIAS FORRAJERAS EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN -
CAUCA**



**YEISON HURIEL MUÑOZ ANACONA
JOSÉ ALBERTO VELASCO PAPAMIJA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2019**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVEJOS TIPO CARNE
BAJO TRES ESTRATEGIAS FORRAJERAS EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN -
CAUCA**

**YEISON HURIEL MUÑOZ ANACONA
JOSÉ ALBERTO VELASCO PAPAMIJA**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar al título de
Ingeniero Agropecuario**

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

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2019**

Nota de aceptación

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

Ph. D. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA
Director

Zoot. MIRYAN GRIJALBA MONCAYO
Presidente del jurado

Med.Vet. Zoot. FREDY JAVIER LOPEZ
Jurado

Popayán, ____ de _____ de 2019

DEDICATORIA

A Dios por brindarme sabiduría, paciencia y no dejarme desfallecer para alcanzar con éxito esta etapa tan importante en mi vida.

En memoria de mi padre JESÚS ANTONIO MUÑOZ MUÑOZ, quien se fuera de mi lado muy temprano; desde el cielo siempre fue una guía en mi camino y me brindó toda la sabiduría para continuar. Aunque me haces mucha falta lo diera todo porque estuvieras en esta etapa tan importante de mi vida, mi viejo, mi mayor ejemplo a seguir, siempre te llevare en mi corazón.

A mi madre MARÍA RUTH ANACONA ANACONA, a quien le debo todo, porque desde que partió mi padre tú fuiste los dos a la vez, una persona luchadora, echada para delante, que no se deja vencer por ningún obstáculo. A ti, madre, te debo todo lo que soy. Te amo inmensamente, gracias por tus consejos tu apoyo, tus oraciones. Por ti y para ti, mi reina.

A YENIFER LLANOS CÓRDOBA, mi más sinceros agradecimientos por su gran apoyo en toda esta etapa tan importante de mi vida, por su amor incondicional, por tenerme paciencia y brindarme sus sabios consejos. Gracias por todo.

A mi hermana ÁNGELA LILIANA BRAVO ANACONA, por brindarme todo su apoyo y aguantarme todo este tiempo, por sus consejos y amor, gracias.

A mis sobrinos JUAN PABLO ORDOÑEZ, MANUEL ORDOÑEZ y SARAY BRAVO, ya que son mi mayor motivación para salir adelante. Los quiero mucho.

A toda mi familia, que de alguna manera me apoyó y aportó su granito de arena a mi formación como profesional.

A mis amigos y compañeros gracias por su apoyo y consejos, me llevo de ustedes grandes experiencias vividas.

Muchas gracias.

YEISON HURIEL MUÑOZ ANACONA

DEDICATORIA

A Dios, por llenarme de sabiduría y fortaleza para salir adelante, para no darme por vencido a lo largo del camino y por guiar cada pasó hacia esta etapa de mi vida, para ser culminada con éxito.

A mis padres JOSÉ ANÍBAL VELASCO HERNÁNDEZ y OLGA NINFA PAPAMIJA ORTIZ, quienes han sido mi motor, mi mayor inspiración, a quienes les debo todo lo que soy, por su apoyo incondicional y por todos sus esfuerzos para hacer posible este logro. Gracias por todo ese amor y dedicación, los AMO MUCHO Dios los bendiga siempre.

A mi hermana KAREN VELASCO PAPAMIJA, quien ha sido mi apoyo y mi compañera a lo largo de esta importante etapa, muchas gracias por tus consejos.

A mi hermanito ALEX VELASCO, quien se fue muy temprano para el cielo. Tengo la certeza de que siempre me cuidaste e intercediste por mí, para que me fuera bien en cada día, siendo mi ángel guardián y mi apoyo en los peores días.

A todos los compañeros, quienes pasaron a ser amigos y familia, que fueron compañía de buenos y malos momentos y a aquellos que fueron apoyo incondicional.

A CATERINE SÁNCHEZ, compañera de vida, por su amor incondicional, por sus buenos consejos, paciencia, apoyo en cada paso y por sus inmensas enseñanzas que me hacen crecer día a día a nivel personal y profesional.

A mis abuelos, que con sus sabios consejos y amor hicieron de mí una persona de bien, sin olvidar cuales eran mis raíces y por brindarme siempre sus mejores deseos.

JOSÉ ALBERTO VELASCO PAPAMIJA

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinito amor y bendición para poder culminar esta etapa de nuestras vidas.

A nuestras familias por su apoyo incondicional.

A la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, por ser la institución que nos acogió en nuestro proceso formativo.

A nuestro director Ph. D. Nelson José Vivas Quila, por sus sabios consejos, su orientación y por plasmar sus conocimientos en nosotros y en este proyecto ¡Infinitas gracias!.

Al Grupo y Semillero de Investigación de Nutrición Agropecuaria de la Universidad del Cauca (NUTRIFACA), por suministrarnos los recursos técnicos y financieros, y por brindarnos su acompañamiento para la ejecución de este proyecto.

A los Docentes, por compartir sus conocimientos guiando positivamente nuestro proceso de aprendizaje durante esta etapa tan importante.

A nuestros compañeros y amigos, por acompañarnos y apoyarnos en este proceso.

A todas aquellas personas que de una u otra forma intervinieron en la realización del presente trabajo.

A todos ellos, Gracias.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. MARCO REFERENCIAL	16
1.1 LOCALIZACIÓN	16
1.2 MARCO TEÓRICO	17
1.2.1 Descripción general del municipio de Popayán	17
1.2.2 Ganadería en Colombia	18
1.2.3 Producción ovina.	19
1.2.3.1 Producción ovina en Colombia.	19
1.2.4 Raza a trabajar	20
1.2.5 Sistema Silvopastoril (SSP)	20
1.2.6 Gramíneas	21
1.2.7 Género <i>Brachiaria</i>	21
1.2.7.1 <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo	22
1.2.8 Género <i>Pennisetum</i>	23
1.2.8.1 <i>Pennisetum purpureum</i> (pasto elefante)	24
1.2.8.2 <i>Tithonia diversifolia</i> (Botón de oro)	25
1.3 MARCO HISTÓRICO	26
2. METODOLOGÍA	28
2.1 MATERIAL EXPERIMENTAL	28
2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	28
2.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS	29
2.4 VARIABLES EVALUADAS	30
2.4.1 Peso.	30
2.4.2 Producción de forraje verde ofrecido.	31
2.4.3 Producción de materia seca.	31
2.4.4 Calidad nutricional de los forrajes.	31
2.4.5 Ganancia diaria de peso (GDP).	32
2.4.6 Morbilidad.	32
2.4.7 Mortalidad.	33
2.4.8 Análisis estadístico	33
2.5 PERSISTENCIA DEL BOTÓN DE ORO.	33

2.6 ANÁLISIS DE SUELO	33
2.7 ANÁLISIS DE COSTOS	34
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1 VARIABLES EVALUADAS	35
3.1.1 Peso inicial (PI kg)	35
3.1.2 Materia seca.	35
3.1.3 Calidad nutricional.	37
3.1.4 Ganancia de peso.	38
3.1.6 Mortalidad.	40
3.1.7 Analisis estadístico.	41
3.2 PERSISTENCIA DE BOTÓN DE ORO (<i>Tithonia diversifolia</i>)	41
3.3 ANÁLISIS DE SUELOS	42
3.4 ANÁLISIS DE COSTOS	43
4. CONCLUSIONES	45
5. RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	51

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Temperatura promedio y precipitaciones del lugar donde se desarrolló la investigación.	17
Cuadro 2. Material utilizado para la ejecución de la investigación.	28
Cuadro 3. Diseño experimental.	29
Cuadro 4. Producción de materia seca por especie y por tratamiento.	36
Cuadro 5. Población de plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> en la investigación.	42
Cuadro 6. Costos iniciales.	43
Cuadro 7. Costos de manejo.	43
Cuadro 8. Costos de pastoreo.	43
Cuadro 9. Precio de venta.	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Ubicación del lugar de estudio.	16
Figura 2.Ubicación de la investigación dentro de la Facultad de Ciencias Agrarias.	17
Figura 3.Lote de machos Katahdin.	20
Figura 4.Diseño experimental de la investigación para el objetivo específico 2.	29
Figura 5.Comportamiento de las variables climáticas.	30
Figura 6.Toma y Registro de pesajes de los ovinos.	32
Figura 7.Seguimiento y registro fotográfico a animales enfermos.	33
Figura 8.Peso promedio por tratamiento al inicio de la investigación.	35
Figura 9.Comportamiento de la variable producción de materia seca por tratamiento.	36
Figura 10.Ganancia diaria de peso de los ovinos durante la fase experimental.	39
Figura 11.Tratamiento de los animales enfermos.	40
Figura 12.Autopsia y muerte de los ovinos.	41

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Resultado de análisis de suelos.	51
ANEXO B. Análisis de varianza ($p=0,05$) entre tratamientos.	52
ANEXO C. Pruebas de Duncan entre los tratamientos.	53
ANEXO D. Composición nutricional de los forrajes experimentales.	54
ANEXO E. Registro de pesajes.	55
ANEXO F. Registros de aplicación de medicamentos.	56
ANEXO G. Registros de pastoreos.	57
ANEXO H. Registros de Persistencia del Botón de Oro.	58
ANEXO I. Tarjeta profesional número 02141 de Comvezcol.	59

GLOSARIO

ANÁLISIS DE SUELOS: es una herramienta fundamental para evaluar la fertilidad del suelo, su capacidad productiva y es la base para definir la dosis de nutrientes a aplicar.

CALIDAD NUTRICIONAL: contenidos de proteína, energía, fibra y digestibilidad que pueden tener los forrajes.

CAPACIDAD DE CARGA: es el número de animales por unidad de superficie de pradera y por un tiempo determinado. Debe indicarse siempre la categoría y peso vivo del animal que permita identificarlo, la superficie y el tiempo. Es la demanda animal aplicada a una superficie por un periodo específico de tiempo.

DIGESTIBILIDAD: corresponde al consumo de nutrientes menos los nutrientes excretados por el animal.

FDA: fibra detergente ácida. Constituyentes de la pared celular menos la hemicelulosa.

FIBRA: nutriente de los alimentos que se compone de carbohidratos estructurales como la celulosa y hemicelulosa y compuestos fenólicos como la lignina.

FORRAJE: alimento que estimula la rumia debido al largo tamaño de las partículas y su alto contenido de fibra. Todo material herbáceo, arbustivo o arbóreo que puede ser consumido por los animales, incluyendo materiales conservados como heno y ensilaje.

GANANCIA DIARIA DE PESO: es la cantidad de peso que un animal gana por día; sirve para relacionar cuánto alimento y de qué tipo requiere un animal para ganar cierta cantidad de peso al día y alcanzar un peso objetivo después de cierto tiempo.

MATERIA SECA: es lo que queda de un alimento después de someterse a temperatura para que pierda agua, hasta que deja de perder peso. El peso perdido por el alimento corresponde al agua o humedad que tenía. Sirve para comparar dos alimentos en relación al contenido de nutrientes, evaluar el precio o costos, determinar los aportes en las raciones, etc.

MORBILIDAD: Cantidad de animales que se enferman en un lugar y un período de tiempo determinados en relación con el total de la población.

MORTALIDAD: Cantidad de personas que mueren en un lugar y en un período de tiempo determinados en relación con el total de la población.

PASTOREO: Es un concepto que se emplea para nombrar al proceso y a las consecuencias de pastorear, se refiere a trasladar al ganado a un terreno en el que pueda alimentarse con pasto y plantas.

PERSISTENCIA: Duración o existencia de un número de plantas por un periodo largo periodo de tiempo.

RESUMEN

El sistema de pastoreo es la forma de producción ovina por excelencia, dado que favorece económicamente al productor por el ahorro en los costos, pues estos sistemas generan la mejor relación costo/beneficio y algunas ventajas comparativas en la calidad nutricional de la carne. Debido a lo anterior, se evaluó el comportamiento productivo de ovejos tipo carne bajo tres estrategias forrajeras. La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, sede Las Guacas, ubicada en el municipio de Popayán, Cauca, a 1900 msnm, con temperatura promedio de 18°C, precipitación promedio anual de 2000 mm y humedad relativa entre 80 y 90%.

Se trabajó con un diseño de bloques completamente al azar, con tres tratamientos (parcelas forrajeras) y seis repeticiones (animales) donde el factor a bloquear fue la pendiente. El experimento se realizó en un modelo de producción de carne ovina bajo pastoreo rotacional, en nueve lotes delimitados en un área total 4383.5 m².

Las variables evaluadas fueron: producción de forraje verde ofrecido, ganancia diaria de peso (GDP), morbilidad, mortalidad, persistencia del botón de oro y calidad nutricional. Los resultados se analizaron mediante estadísticos descriptivos y análisis de varianza ($p=0.05$), siendo el tratamiento 2 (Pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y *Brachiaria brizantha* cv Toledo (85%) + *Tithonia diversifolia* (15%), en dos líneas dobles separadas 1 metro entre surcos y cada 10 metros entre líneas) desde el punto de vista matemático el de mejor comportamiento, con una Ganancia de Peso acumulada de 39.5 kg y ganancia diaria de peso de 92 g/día.

Palabras clave: Ganancia diaria de peso (GDP), *Pennisetum purpureum*, *Brachiaria brizantha* cv Toledo, *Tithonia diversifolia*, Pastoreo rotacional.

ABSTRACT

In general, sheep production in the world is carried out under grazing systems. This situation economically favors the producer because of the savings in production costs because these systems generate the best cost / benefit ratio and some comparative advantages in the nutritional quality of meat, due to this, the productive behavior of meat-type sheep was evaluated under three forage strategies. The research was conducted at the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Cauca, Las Guacas, located in the municipality of Popayan, Cauca, at 1900 meters above sea level, with an average temperature of 18° C, average annual rainfall of 2000 mm and a relative humidity between 80 and 90%.

We worked with a completely random block design, with three treatments (forage plots) and six repetitions (animals). The experiment was carried out in a model of sheep meat production under rotational grazing, in nine lots delimited in a total area 4383.5 m².

The variables evaluated were: production of green forage offered, daily weight gain (GDP), morbidity, mortality, persistence of the golden button and nutritional quality. The results were analyzed by descriptive statistics and analysis of variance was performed ($p = 0.05$), with treatment 2 (Elephant grass (*Pennisetum purpureum*) and *Brachiaria brizantha* cv Toledo (85%) + *Tithonia diversifolia* (15%), in two lines doubles separated 1 meter between rows and every 10 meters between lines) the best performance with an accumulated Weight Gain of 39.5 kg and a daily gain of that of 92 g/day.

Key words: Daily weight gain (GDP), *Pennisetum purpureum*, *Brachiaria brizantha* cv Toledo, *Tithonia diversifolia*, Rotational grazing.

INTRODUCCIÓN

El sector ovino en Colombia desarrolla una importante función social para la población rural y comunidades indígenas, ya que proporciona alimento, ofrece medios para el mantenimiento cultural y económico y tiene posibilidades para suplir mercados rentables.

Estas ganaderías, que comenzaron como una tradición cultural y gastronómica en el país, han tomado fuerza con el paso del tiempo. En la actualidad la cadena ovino-caprina está conformada aproximadamente por 1.297.118 ovinos a nivel nacional (Asoovinos, 2018), con 50.000 productores. Las principales ganaderías se localizan en Santander, Cundinamarca y el triángulo de La Guajira, Magdalena y Cesar, en el que se ubica el 70% de la población animal de Colombia (Moncada, 2015). Desde hace dos años, el sector ovino ha tomado fuerza en varios de los departamentos del territorio nacional por dos razones claras: la producción es bastante rápida en cuanto a crecimiento de los animales y contribuye a la seguridad alimentaria local.

El sector ovino sigue ganando adeptos en distintas regiones del país. Su adaptación a zonas adversas, fertilidad, rendimiento, economía y la demanda existente en los mercados internacionales, han convertido a los ejemplares en un objetivo interesante para los productores, que ven en las especies menores una alternativa comercial interesante (Asoovinos). Además, es una especie que produce más carne por unidad de área, lo cual representa una opción muy atractiva en términos de rentabilidad y que incluso se puede desarrollar en áreas más pequeñas, teniendo como base la alimentación. Es un animal de hábito de pastoreo, lo que contribuye a que haya una variada oferta nutricional.

Para mitigar el impacto ambiental de los sistemas comerciales de producción animal de especies menores, se hace necesario desarrollar sistemas eficientes de producción que aprovechen los recursos animales y vegetales disponibles (Sandoval *et al.*, 2013). En este grupo, las ovejas de pelo han ido evolucionando bajo la influencia selectiva de la naturaleza y del hombre, adaptándose muy bien a los diferentes ambientes tropicales, resultando de importancia para los países en vía en desarrollo. Sin embargo, la ovino-cultura en Colombia se abre paso con niveles tecnológicos bajos, debido a que tradicionalmente se vincula a economías de subsistencia, en pequeños rebaños, que reflejan una reducida aplicación de nuevas técnicas en cada área de producción (Arévalo y Correa, 2013).

En esta investigación se evaluaron tres estrategias forrajeras, para determinar cuál de ellas funciona mejor en cuanto a ganancia de peso diaria, la persistencia de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) bajo pastoreo en ovinos y determinar el análisis económico del sistema forrajero para determinar la relación costo/beneficio, con el fin de incluirla como una opción eficiente en el manejo adecuado de esta especie. El proyecto hace parte de las líneas de investigación del grupo de investigación NUTRIFACA y la financiación corre por su propia cuenta.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 LOCALIZACIÓN

La Evaluación del comportamiento productivo de ovejos tipo carne bajo tres estrategias forrajeras en el municipio de Popayán – Cauca, se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, sede Las Guacas, ubicada en el municipio de Popayán departamento del Cauca, a 2°29" de latitud norte y 76°33" longitud oeste, a 1900 msnm, con temperatura promedio de 18°C, precipitación promedio anual de 2000 mm y humedad relativa entre 80 y 90% (Estación Meteorológica Facultad de Ciencias Agrarias, 2018).

Figura 1 Ubicación del lugar de estudio.



Fuente: Modificado de Google 2018.

Figura 2. Ubicación de la investigación dentro de la Facultad de Ciencias Agrarias.



Fuente. Tomado de Díaz y Montilla 2018.

Cuadro 1. Temperatura promedio y precipitaciones del lugar donde se desarrolló la investigación.

	Promedio precipitación	Promedio temperatura
Marzo	138,19	20
Abril	126,35	19
Mayo	133,25	19
Junio	68,95	19,5
Julio	47,75	20

Fuente: Estación meteorológica Facultad de Ciencias Agrarias, 2018.

De acuerdo con los datos presentados en el cuadro anterior, se aprecia un periodo de lluvia y uno de escasez de precipitaciones durante el transcurso de la investigación.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 Descripción general del municipio de Popayán. En el municipio de Popayán, capital del departamento del Cauca, se alcanzan temperaturas máximas hasta de 29°C en los meses de julio, agosto y septiembre en horas del mediodía y mínimas de 10°C en la madrugada en verano; cuenta con una precipitación anual de 1941 mm (Alcaldía de Popayán, 2018). Los suelos de alta productividad se clasifican en andisoles, tienen baja fertilidad, buenas características físicas, derivados de cenizas volcánicas, ácidos por efecto de altos contenidos de aluminio y de aguas profundas (Fabio Prado, Docente Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad del Cauca. Observación inédita. Popayán: 2018).

1.2.2 Ganadería en Colombia. El número total de cabezas de ganado en todo el mundo es de 17 mil millones, incluidos el ganado vacuno, ovino, caprino, porcino, avícola y cerca de una docena de especies menos conocidas (Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, 2014). La cadena de ovinos de Colombia es relativamente joven, en comparación con otras de más trayectoria institucional. La producción de carne ovina en el país históricamente ha sido marginal; sin embargo, la última década ha presentado una tasa de crecimiento positiva para la carne y la lana de un 6 y 5.1% respectivamente, lo que evidencia un incremento en la producción de esta industria (Espinal *et al.*, 2006). A pesar de ello, la producción ovina en el país es baja, ya que tan solo registra la existencia de 1.423.274 ejemplares, distribuidos principalmente en los departamentos de La Guajira (46,69%), Boyacá (8,04%), Magdalena (7,71%), Córdoba (5,55%) y Cesar (5,41%), que agrupan el 73,39%. Esta especie reviste importancia sanitaria, ya que es susceptible a enfermedades epidemiológicamente importantes y cumple un papel decisivo en la supervivencia y diseminación de agentes virales, parasitarios o bacterianos (Instituto Colombiano Agropecuario ICA, 2016).

La producción ovina se puede clasificar como familiar, pequeña, mediana o grande, en sistemas de producción familiares, extensivo, semi intensivo e intensivo (Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 2007).

Por otra parte, el director de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas del Ministerio de Agricultura (MADR), Luís Humberto Guzmán, recalcó que la ovinocultura y la caprina cultura son actividades económicas promisorias y emergentes, que generan cerca de 160.000 empleos directos (Ministerio de Agricultura, 2014).

FEDEGÁN (2018) resalta que en el trópico bajo del país, se hallan los ovinos de pelo de línea materna y cárnica. Las cinco razas predominantes son Katahdin, Santa Inés, Dorper, Pelibuey y Charollais. Ricardo Caro, zootecnista y miembro del departamento técnico del Comité de Ganaderos del Centro y Norte del Valle del Cauca, Cogancevalle, explicó que esas razas tienen fines diferentes. Las Katadhin, Santa Inés y Pelibuey se usan como animales maternos, es decir, para hacer pie de ovinos para la crianza de animales comerciales que se dedicarán a la producción cárnica. Por su parte, las razas Charollais y Dorper blanco son de línea terminal y están destinadas al consumo humano (FEDEGÁN, 2018).

Se dice que entre las primeras especies domesticadas por el hombre se encontraban los ovinos y los caprinos, muy utilizadas por sus carnes, leche y pieles, entre otros, que aún cubren algunas necesidades del hombre. Los colonizadores españoles introdujeron ovinos al norte del continente, los cuales se multiplicaron muy rápido en los pastizales de la zona y comenzó su expansión hacia México, Honduras y hacia Suramérica; se destaca que Norteamérica fue gran exportador de ovinos para el resto del continente, sin embargo, dado que la multiplicación de la especie se realizó sin control genético, se obtuvo una raza criolla y desmejorada en términos de producción (Roldán, 2011).

A pesar de los esfuerzos de los colonizadores españoles por sostener la explotación ovina con la importación de ejemplares lanares europeos y productores de carne desde África y Asia, la producción criolla se desarrolló pobre, raquítica, parasitada, mal emplazada y mal alimentada. Como resultado, las ovejas tenían baja productividad. Desde la década de los 60 se ha venido desarrollando un gran trabajo para el avance y progreso de esta especie, dada la importancia que tiene la leche de cabra desde el punto de vista social, en el crecimiento fuerte y sano de los menores de edad (Roldán, 2011).

1.2.3 Producción ovina. En la actualidad la producción de carne ovina en el mundo ocupa el cuarto lugar con 14 millones de toneladas anuales (FAO, 2014). La producción ovina permite revalorizar aquellas áreas que requieren aportes de índole económico y social (Espinal, Martínez y Amézquita, 2006), tanto en Colombia como en el mundo; el inventario colombiano está constituido principalmente por ejemplares criollos (moro colombiano, criollos de lana y pelo) y sus cruces con ejemplares de razas foráneas (Corriedale, Romney, Katahdin, Pelibuey, etc.), procedentes principalmente de Europa (Martínez y Vásquez, 2005).

1.2.3.1 Producción ovina en Colombia. La mayoría de las razas que se han adaptado a las condiciones ambientales de Colombia no son puras, debido a que anteriormente no se hacía el registro de los animales; se tiene una combinación que ofrece un animal rustico y fuerte, con buena prolificidad (en promedio tres hijos al año) y un aceptable crecimiento.

La ovinocultura ha ganado un importante terreno en el país durante los últimos años. Esta actividad ancestral se ha convertido en sinónimo de rentabilidad y eficiencia, gracias al proceso de formalización y enfoque empresarial que están impulsando los productores y asociaciones nacionales. El consumo interno y la rentabilidad que genera esta actividad, muestran que el producto final está llegando a la mesa de los colombianos a la misma altura de la carne de res, cerdo y pollo.

La producción ovina en Colombia se ha incrementado sustancialmente, debido a cinco razones fundamentales: son animales que se pueden tener en espacios reducidos, presentan una alta ganancia de peso, rápida demanda de su carne, fertilidad y productividad, gracias a lo cual se llegó a los 600 mil ejemplares (ICA, 2018) principalmente en aquellas zonas donde se tiene el mayor asentamiento de animales como Guajira, Magdalena, Boyacá, Cesar, Córdoba, Santander y Cundinamarca. Debido a lo anterior, el ICA estableció un plan nacional para 2018, el cual tiene como finalidad la reglamentación existente para obtener una producción sana, inocua y de calidad. El fortalecimiento de esa producción tiene que ver con el mejoramiento genético de las razas existentes en el país y lograr la admisibilidad con países de tradición ovina para mejorar el rebaño nacional.

1.2.4 Raza a trabajar. Para la presente investigación, se eligió la raza Katahdin que presenta las siguientes características: es resistente, adaptable, de bajo mantenimiento, produce una cosecha de corderos con alto contenido de carne y bajo en grasas, no tiene lana, son de tamaño mediano y eficiente. Las corderas tienen una habilidad materna excepcional y se reproducen fácilmente. Los corderos nacen vigorosos y alerta, la raza es ideal para pasturas, cría y desarrollo de sistemas basados en la combinación pasto/follaje. “La raza katadhin ha mostrado una gran adaptabilidad, el suave pelaje y otras características de adaptación que le permite tolerar bien el calor y la humedad, así como los parásitos, además de ser dóciles y fácil de manejar”.(Crikamex,2010). Se distinguen por tener orejas gruesas, medianas y laterales, sin lana de preferencia, color blanco, pinto y canelo, aunque se admiten manchas negras de tamaño reducido.

Figura 3.Lote de machos Katahdin.



1.2.5 Sistema Silvopastoril (SSP). El principal problema en la producción ganadera, radica en el mal manejo de las pasturas debido a la excesiva carga animal; esta situación genera debilidad en el suelo y la consecuente mala alimentación del ganado, bajas producciones de leche y carne y de los ingresos económicos para el productor (FAO, 1999; citado por Díaz y Montilla, 2018).

Según la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) “los sistemas silvopastoriles son una modalidad de agroforestería pecuaria, que asocia los árboles y arbustos con pastos de pastoreo o pastos de corte”. Para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), “un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos), e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas o pastos), todos ellos bajo un sistema de manejo integral” (Montagnini *et al.*, 2015). De acuerdo con estas definiciones, para que se puedan dar los sistemas silvopastoriles es necesario que existan árboles y/o arbustos, que pueden ser forrajeros o consumidos por los animales, maderables, frutales, ornamentales, productores de leña, semillas y sombrero (Libreros, 2015).

Este sistema también es utilizado como cerca viva y bancos de proteína que apoyan la alimentación animal. En general, los árboles además de proteger el suelo de la erosión y

al pasto de la pérdida de humedad, permiten al animal refugiarse, de modo que se favorece su ganancia de peso. En Colombia este esquema ha tenido auge como alternativa en la producción pecuaria, empleando especies de árboles de rápido crecimiento que pueden proporcionar forraje a los animales y que fijan nitrógeno al suelo (Toruño, 2015).

1.2.6 Gramíneas. Son plantas pertenecientes al grupo de las monocotiledóneas, que representan uno de los grupos vegetales más diversos, pues ocupan el tercer lugar en cuanto al número de géneros y el quinto a nivel específico. En el mundo, la familia Poaceae o gramíneas incluye 702 géneros y 9675 especies (Clayton y Renvoize, 1986). Los recursos forrajeros juegan un papel fundamental en la nutrición de rumiantes y proveen más del 90% de la energía consumida por estos (Fitzhugh *et al.*, 1978; citados por Díaz y Montilla 2018).

Del área total del planeta (aproximadamente 13.4 millones de hectáreas) el 25% son ocupadas por pasturas; en Colombia, esta área es de 39'152.358 ha (Navarro, 2012). Para hacer que la actividad ganadera sea competitiva, es necesario utilizar los pastos de forma correcta (Navarro, 2012). Siendo que las gramíneas y las leguminosas constituyen la mayor parte de las praderas, son las primeras el componente más valioso (Rojas, 2009) y están ampliamente distribuidas en diferentes ambientes (Silva, 2010).

Los pastos son gramíneas que constituyen la principal fuente de alimento del ganado bovino y ovino; su capacidad para producir materia seca los hace ideales para suministrar proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra (Silva, 2010).

1.2.7 Género *Brachiaria*. Según Olivera (2016), el género *Brachiaria* posee alrededor de 80 especies; las describe como plantas anuales o perennes, con hábito de crecimiento erecto, cespitoso, decumbente o estolonífero, cuya altura es de 30 a 200 cm y poseen una flor hermafrodita o masculina. Se desarrolla en altitudes por debajo de los 2000 msnm, en climas húmedos con precipitación anual mayor a los 750 mm y con estaciones secas de tres a seis meses de duración, adaptándose a un rango amplio de condiciones de suelo y clima. La capacidad de adaptación de este género se expresa en ciertas características agronómicas, como la producción de hojas y pequeños rizomas que facilitan la emergencia de los tallos, su tasa de crecimiento y alta capacidad para la producción de forraje en condiciones estresantes, que pueden aumentar los rendimientos productivos de la ganadería (Olivera, 2004).

1.2.7.1 *Brachiaria brizantha* cv. Toledo. Es una especie que produce tallos vigorosos capaces de enraizar a partir de los nudos cuando entran en estrecho contacto con el suelo, lo cual favorece el cubrimiento y el desplazamiento lateral de la gramínea; crece bien en condiciones de trópico subhúmedo, tiene una producción anual de 25,2 y 33,2 Tn/ha/Ms (CIAT, 2002).

Entre las accesiones de esta especie existen materiales de diferentes hábitos de crecimiento; pueden ser plantas erectas y rastreras, las hojas pueden tener o no vellocidades (glabras), se propagan por rizomas o por estolones. Es una especie perenne, que presenta macollas vigorosas, de hábito erecto o semierecto, con tallos que alcanzan hasta 2.0 m de altura. Los rizomas horizontales son cortos, duros y curvos, cubiertos por escamas glabras, de color amarillo a púrpura. Las raíces son profundas, lo que le permite sobrevivir bien durante períodos prolongados de sequía; son de color blanco-amarillento y de consistencia blanda. La inflorescencia es en forma de panícula racimosa, de 34 a 87 cm de longitud, con el eje principal estriado, glabro o piloso, con uno a 17 racimos solitarios, unilaterales y rectos, de 8 a 22 cm de longitud.

Brachiaria brizantha cv. Toledo es una gramínea perenne, semi-erecta a erecta que crece formando macollas y puede alcanzar hasta 1.60 metros de altura. Las hojas son lanceoladas con poca pubescencia y alcanzan hasta 60 cm de altura y 2.5 cm de ancho. La inflorescencia es una panícula de 40 a 50 centímetros de longitud, generalmente con cuatro racimos de 8 a 12 centímetros y una sola hilera de espiguillas sobre ellos. Cada tallo produce una o más inflorescencias provenientes de nudos diferentes, aunque la de mayor tamaño es la terminal (Lascano, 2002).

Brachiaria brizantha cv. Toledo se establece por medio de semilla gámica o por material vegetativo; en este último caso es necesario seleccionar cepas con raíces para tener un mayor éxito en el establecimiento.

La siembra puede ser al voleo o en surcos separados 0.5 metros sobre el terreno preparado convencionalmente con arado y rastrillo, después de controlar la vegetación con herbicidas no selectivos. La cantidad de semilla a utilizar depende de los porcentajes de pureza, germinación (valor cultural) y método de siembra. Así, se utilizan entre 3 y 4 kg/ha para una semilla con un valor cultural 60% (Lascano, 2002).

El alto vigor de las plántulas y el crecimiento agresivo inicial de este cultivar, le permiten competir adecuadamente con las malezas durante la fase de establecimiento, siendo posible un primer pastoreo controlado entre 3 y 4 meses después de la siembra (Lascano, 2002).

Peters *et al.* (2013), reportan que en Colombia el Pasto Toledo tiene un amplio rango de adaptación a climas y suelos. Crece muy bien en suelos de mediana fertilidad, con un

amplio rango de pH (4,5 a 8) y textura, mejora los parámetros físicos del suelo, tolera sequías prolongadas y sombra, pero no aguanta encharcamiento mayor a 30 días. Buena persistencia bajo pastoreo y compite con las malezas. Crece bien desde el nivel del mar hasta 1800m y con precipitaciones entre 1000 y 3500mm al año. Presenta alta producción de forraje en un rango amplio de ecosistemas y suelos, con rendimientos anuales entre 8 y 20 ton de MS/ha.

El cultivar Toledo no tiene resistencia de tipo antibiosis al ataque de cercópidos (Homoptera) conocidos comúnmente como salivazo de los pastos. Aunque el daño causado por el insecto es bajo, el pasto fue clasificado como susceptible a la plaga. Se ha observado también que esta gramínea tolera ataques de *Rhizoctonia* sp. y otros hongos presentes en el suelo como *Pythium* sp. y *Fusarium* sp. (Lascano, 2002).

El cultivar Toledo ha sido utilizado bajo pastoreo con bovinos. Por su hábito de crecimiento en forma de macollas, este cultivar se asocia bien con leguminosas forrajeras de hábito estolonífero como *Arachis pintoi* y *Centrosema molle*, resultando una mejor cobertura del suelo y calidad forrajera. Aunque es una gramínea adecuada para pastoreo, podría ser utilizada en sistemas de corte y acarreo por su alto vigor de crecimiento (Lascano, 2002).

1.2.8 Género Pennisetum. También llamadas sericura (del latín penna pluma y seta cerda) o simplemente penisetos, es un género de plantas herbáceas perennes con algún miembro anual, de la familia de las Poáceas. Se encuentran en todas las regiones templadas de ambos hemisferios. Entre las 80 especies de que consta el género, se encuentran hierbas cespitosas, estoloníferas y postradas, con una amplia diversidad de alturas (entre 15-800 cm) y hojas de anchuras que varían entre 3 y 35 cm, sin nervaduras cruzadas.

Son plantas bisexuales con florecillas hermafroditas. Las inflorescencias forman espiguillas o panículas en las axilas de las hojas rodeadas por pelillos no espinosos. Potencialmente es muy problemática por su competitividad, adaptación a diferentes condiciones ambientales, gran producción de semillas, fácil dispersión y difícil control. Es muy resistente al fuego, el cual incluso promueve la regeneración y rejuvenecimiento de las poblaciones, al punto de que se ha detectado un incremento de la intensidad y la frecuencia del fuego en aquellas zonas donde existen grandes poblaciones, Por sus características, esta especie puede llegar a ser un grave problema en pastizales y cultivos leñosos en general. Su fácil adaptación lo hace muy competitivo por recurso hídrico, si se considera árboles o arbusteras alrededor.

1.2.8.1 *Pennisetum purpureum* (pasto elefante). Son plantas perennes cespitosas, con tallos de hasta 800 cm de largo y 10–25 mm de ancho, erectos, en general esparcidamente ramificados, bases decumbentes, entrenudos sólidos, generalmente glabros, nudos glabros o hispídos, Inflorescencia compuesta, raquis estriado, piloso, cerdas numerosas, 10–15 mm de largo, escabrosas, la interna hasta 40 mm de largo, esparcidamente ciliada o escabrosa; espiguillas 4.5–7 mm de largo, sésiles o pediceladas hasta 1 mm, caudadas hasta 2.6 mm; gluma inferior ausente o hasta 0.7 mm de largo, obtusa o aguda, enerva, gluma superior 1.5–2.6 mm de largo, 1-nervia, aguda; flósculo inferior generalmente estaminado, las anteras 2.7–3.6 mm de largo, puberulentas en el ápice; lema inferior 4–5.2 mm de largo, 3-nervia, acuminada; pálea inferior 4–5 mm de largo; lema superior 4.6–7 mm de largo, brillante y cartácea en los 3/4 inferiores, membranácea en el 1/4 superior, escábrida en las nervaduras; lodículas ausentes; anteras 2.7–3.6 mm de largo; estilo.

Se conoce como Elefante, gigante, elephant grass, merker grass, napier, capimelefante y maralfalfa. Se usa como pasto de corte y acarreo, barreras vivas, ensilaje y pastoreo (Enano).

Es una especie perenne, usualmente alta de 2 – 3 m, la variedad Enano alcanza 1.5 m. Las hojas tienen de 30 a 70 cm de largo; la panícula es parecida a una espiga dura y cilíndrica de 30 cm de largo. Forma macollas y tiene rizomas. Crece bien desde nivel de mar hasta 2200 m, con temperaturas de 18 a 30°C, con el óptimo a 24°C; su mejor comportamiento se observa hasta los 1500 msnm (la variedad Taiwán tolera alturas hasta 2300 msnm). Se comporta bien en suelos ácidos a neutros, resiste sequía y humedad alta y una precipitación entre 800 y 4000 mm anuales.

Se establece normalmente a través de cepas y tallos maduros, utilizando 650 a 800 kg/ha de material vegetativo. La semilla de estas especies tiene muy baja viabilidad (< 10%); el King grass tiene una viabilidad hasta 18%. En laderas se debe sembrar en surcos separados entre 75 y 100 cm y en curvas de nivel.

Productividad y valor nutritivo: La producción promedio por corte es de 40 a 50 tn de MS/ha/año, con rendimientos muchos menores en condiciones desfavorables.

1.2.8.2 *Tithonia diversifolia* (Botón de oro). El botón de oro es una planta herbácea ramificada que puede alcanzar alturas de hasta 5 metros, puede crecer en muchas zonas y se extiende por los tres pisos térmicos: cálido, templado y frío. Se distribuye naturalmente por el norte de Suramérica y Centroamérica, y se puede encontrar en alturas que van desde los 0 hasta los 2.500 msnm. Es una planta forrajera que se utiliza en Colombia para alimentar a rumiantes como las vacas, cabras, ovejas y búfalos, debido a que tiene un alto nivel de proteína, con concentraciones que van desde 18.9% a 28.8%, comparable con especies como el matarratón y leucaena. Es una planta que funciona y se complementa en sistemas silvopastoriles, ya que cuando se usa como arbusto forrajero, el animal lo puede ramonear directamente y consumir su flor (Contexto Ganadero, 2018).

Es originaria de México y Centro América, desde donde se ha distribuido a India, Ceilán, Cuba, Venezuela, Colombia, África, Filipinas y Estados Unidos, las islas del Pacífico y Australia (González *et al.*, 2014).

La *Tithonia diversifolia*, conocida como “botón de oro” “mirasol”, “margarita” y “quil amargo”, es una planta herbácea o arbustiva robusta de 1.5 a 4.0 metros de altura. Se caracteriza por una amplia red radicular, con ramas fuertes, raíz principal fusiforme con numerosas derivaciones secundarias muy finas; lígulas amarillas a naranja de 3 a 6 centímetros y corolas de 8 milímetros de longitud. Posee un tallo erecto, ramificado. Las hojas son alternas y pecioladas, de 7 a 20 centímetros de largo, con un ápice acuminado, divididas en tres a cinco lóbulos. Las flores sésiles y pequeñas están dispuestas sobre un receptáculo convexo, son flores liguladas, de 12 a 14, están ubicadas en la periferia de la cabezuela (González *et al.*, 2014).

Su establecimiento se hace con semilla o por estaca que es la forma más efectiva, utilizando material vegetativo proveniente de plantas jóvenes, tomando tallos de 50 centímetros de largo y 2 a 3.5 centímetros de diámetro y que posean 3 a 4 yemas. Los tallos se siembran en formas horizontales o inclinadas sin taparlos totalmente (González *et al.*, 2014).

Tithonia diversifolia crece en diferentes condiciones de suelo y clima desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm; precipitaciones desde 800 a 5000 milímetros y en un amplio rango de suelos desde ácidos hasta neutros y de suelos pobres hasta fértiles (González *et al.*, 2014). El uso de la *Tithonia diversifolia* para la alimentación animal es cada vez más generalizado debido a su alta rusticidad, buen valor nutricional, alta digestibilidad de la materia seca y la presencia de aceites en sus hojas y flores; además de la elevada tasa de producción de biomasa (González *et al.*, 2014). Es utilizada como barrera viva y contra el viento; en la zona cafetera como fuente de néctar y polen; cerca a los cultivos es atrayente de insectos benéficos que controlan plagas (González *et al.*, 2014).

1.3 MARCO HISTÓRICO

Se identificaron investigaciones realizadas en distintas localidades, las cuales se describen a continuación:

En el año 2011, Roldán realizó el establecimiento de un banco proteico y un sistema silvopastoril para la producción de ovinos a base de botón de oro (*Tithonia diversifolia*). En dicho proyecto se llevó un registro de la semilla desde el momento que fue recolectada y sembrada como banco proteico de corte o acarreo, o sembrada en bolsa y trasplantada a un potrero en caso del silvopastoreo. Se realizó observación constante del crecimiento del arbusto, se realizaron aforos y análisis bromatológicos para medir la calidad nutricional. Esta investigación demostró la viabilidad y facilidad de la siembra de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), debido a su rápido crecimiento y adaptabilidad al medio.

Díaz y Montilla (2018) llevaron a cabo el trabajo de investigación en la Vereda Las Guacas, Municipio de Popayán, departamento del Cauca, con el propósito de evaluar el establecimiento de un sistema silvopastoril experimental para la producción ovina, con las especies *Brachiaria brizantha* cv Toledo, *Pennisetum purpureum*, *Tithonia diversifolia* y *Leucaena diversifolia*.

El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones, en un área total de 4.300 m², por consiguiente, se delimitaron nueve parcelas con áreas similares. El factor bloqueado fue la sombra, en razón a la heterogeneidad que se presenta por presencia de árboles en determinadas partes del terreno. La investigación constó de dos fases: Fase I o de establecimiento, donde se realizaron tres muestreos con sus respectivas evaluaciones, manejando un periodo de recuperación de 48 días; y, una fase II o de persistencia de las especies, que se realiza a los 15 días post pastoreo. Las variables evaluadas para la fase de establecimiento fueron: vigor, incidencia de plagas y enfermedades, altura de plantas, cobertura, biomasa producida y calidad nutricional de los forrajes (Toledo, 1982). Los resultados se analizaron mediante estadísticos descriptivos, se realizó un análisis de varianza y una prueba de rangos medios de Duncan (P=0,05), siendo el tratamiento T1 (*Tithonia diversifolia* + *Brachiaria brizantha* cv Toledo + *Pennisetum Purpureum*) el de mejor comportamiento, con una producción de materia seca de 37,4 ton MS/ha/año.

González, Von Hessberg y Narvárez (2014) realizaron un trabajo que tuvo por objetivo determinar la rentabilidad económica de la producción de carne de ovino Katahdin x Pelibuey comparando diferentes tipos de alimentación. Se utilizaron los registros productivos de ovinos en tres experimentos diferentes: a) pastoreo con suplementación; b) estabulación con una dieta integral de sacchasorgo; y, c) estabulación con alimento comercial. En cada tipo de alimentación se registró el consumo diario individual y el peso de los corderos cada 15 días, Se concluyó que la producción de carne es rentable en corderos en pastoreo y en los machos alimentados con una dieta integral de sacchasorgo, ya que todos los indicadores resultaron positivos.

Pérez *et al.* (2011) determinaron los parámetros productivos de ovinos de pelo en un sistema de alimentación intensiva en condiciones de estabulación, con las razas Pelibuey, Dorper y Katahdin, con un peso vivo promedio inicial de 18 ± 3 kg. El alimento fue ofrecido *ad libitum* dos veces al día. Los resultados obtenidos para la variable correspondiente al consumo voluntario de materia seca, demuestran que al inicio del experimento los animales tuvieron un consumo de MS de 860 g/ovino; sin embargo, a medida que fueron creciendo, su consumo de MS fue en aumento (1499 g/ovino), observándose un incremento lineal hasta la sexta semana. La mayor ganancia de peso por día se obtuvo en la séptima semana de evaluación (236 g/ovino); los mejores índices de conversión y eficiencia alimenticia se registraron en la séptima semana de evaluación (5.7 y 0.177, respectivamente). Estos resultados demuestran que la ovinocultura puede ser una actividad complementaria importante, que le permita al productor mejorar sus ingresos económicos y tener certeza de su rentabilidad.

2. METODOLOGÍA

2.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

En el cuadro 2 se relaciona el material de investigación, aportado por el grupo de Investigación de Nutrición Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca (Nutrifaca).

Cuadro 2. Material utilizado para la ejecución de la investigación.

Nombre Común	Nombre Científico
Ovejos	<i>Ovis aries</i>
Toledo	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo accesión CIAT 26110
Botón de oro	<i>Tithonia diversifolia</i>
Pasto elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>

La semilla del pasto Toledo fue comercial. Las estacas de *Tithonia diversifolia* fueron recolectadas de material disponible en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, en dimensiones de 40 cm de longitud. El material de *Pennisetum Purpureum* utilizado en la investigación, fue el que se encontraba ya establecido en el terreno a intervenir. Los animales se compraron por medio del grupo de investigación NUTRIFACA.

2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

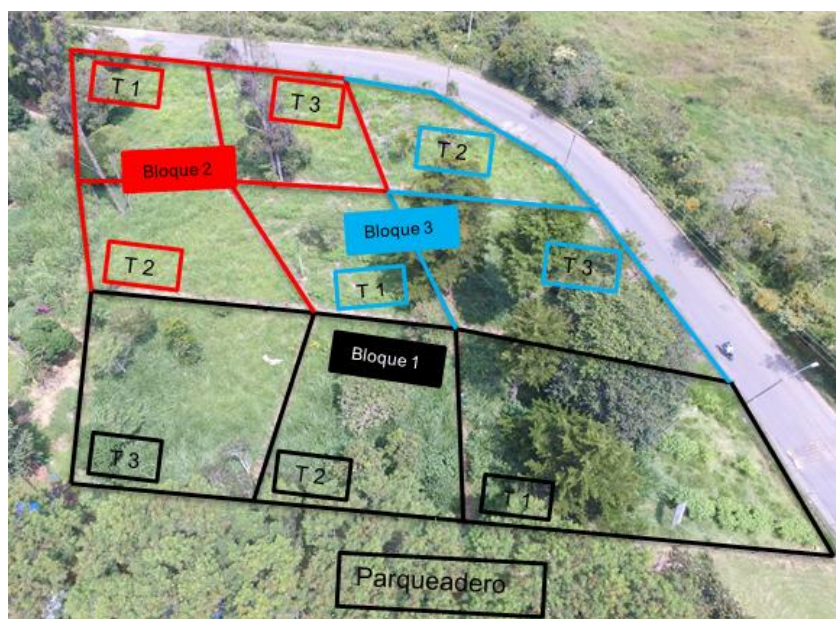
Para el objetivo específico 1 “Estimar la ganancia de peso diaria obtenida en ovejos en fase de ceba bajo tres sistemas forrajeros, con inclusión de 30, 15 y 0% de *Tithonia diversifolia*” se trabajó con un diseño completamente al azar, con tres tratamientos (T1 30%, T2 15% y T3 0%) y seis repeticiones (animales), El experimento se realizó en un modelo de producción de carne ovina bajo pastoreo rotacional, en nueve lotes delimitados en un área total 4383.5 m². Se utilizaron 18 ovinos de pelo, machos enteros destetos, los cuales fueron las unidades experimentales, con una edad promedio de tres meses y peso promedio de 27 kg. Los animales fueron distribuidos al azar en los tres tratamientos.

Para el objetivo específico 2 “Determinar la persistencia de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) bajo pastoreo en ovinos” se trabajó en bloques completos al azar, donde el factor a bloquear fue la pendiente del terreno con tres tratamientos 1 y 2 con el 30% y 15% botón de oro respectivamente y el tercero solo gramíneas.

Cuadro 3. Diseño experimental.

Tratamiento	Material
1	Pasto elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>) y <i>Brachiaria brizantha</i> cv Toledo (70%) + <i>Tithonia diversifolia</i> (30%), en tres líneas dobles de <i>Tithonia diversifolia</i> separadas 1m entre surcos y cada 5m entre líneas.
2	Pasto elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>) y <i>Brachiaria brizantha</i> cv Toledo (85%) + <i>Tithonia diversifolia</i> (15%), en dos líneas dobles de <i>Tithonia diversifolia</i> separadas 1 metro entre surcos y cada 10 metros entre líneas.
3	Pasto elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>) <i>Brachiaria brizantha</i> cv Toledo en asociación de gramíneas.

Figura 4. Diseño experimental de la investigación para el objetivo específico 2.



Fuente: NUTRIFACA, 2018.

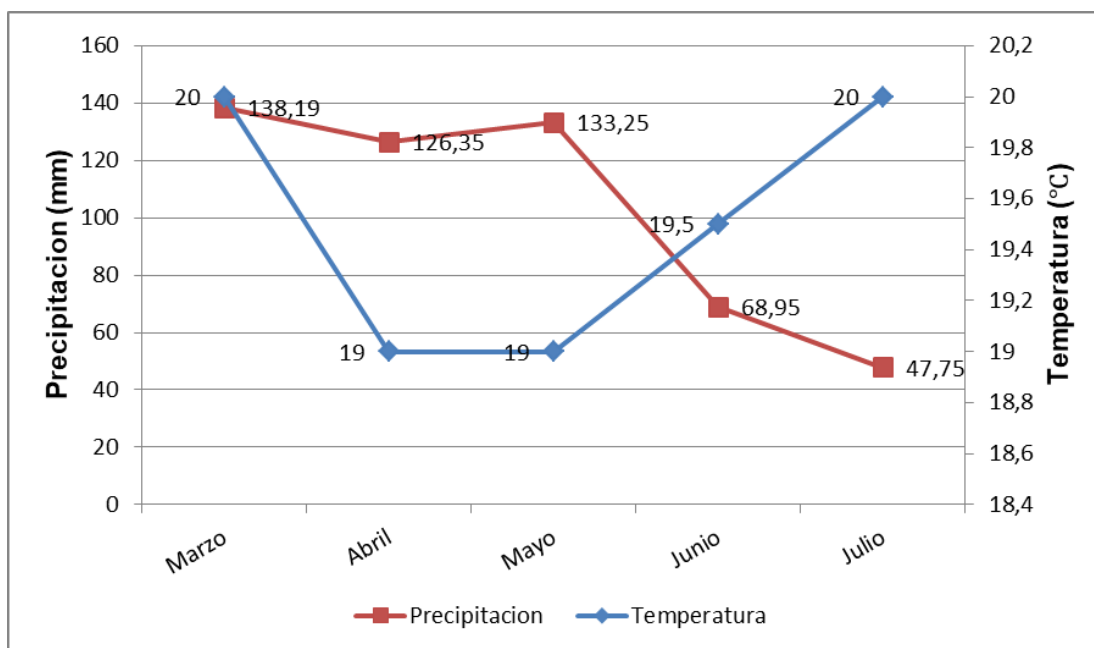
2.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Para las condiciones climáticas, se tuvieron en cuenta los promedios de temperatura y precipitación tomados de la estación meteorológica de la Facultad de Ciencias Agrarias (FACA).

Según los datos obtenidos, la distribución de lluvia se dio durante los tres primeros meses de la investigación (marzo, abril y mayo) (figura 4), siendo marzo el mes más lluvioso con un promedio de 138.19 mm. El periodo o estación seca corresponde a los dos siguientes meses (junio y julio), siendo estos los meses menos lluviosos con 68.95 mm y 47.75 mm,

respectivamente. La distribución de la temperatura a lo largo de la investigación estuvo en el rango de 19 y 20 °C.

Figura 5. Comportamiento de las variables climáticas.



Fuente: Estación meteorológica Facultad de Ciencias Agrarias, 2018.

Estas condiciones climáticas afectaron la investigación, debido a que en los periodos lluviosos los animales presentaron enfermedades, causando mortalidad, y en los periodos secos los pastos no expresaron su mayor potencial.

2.4 VARIABLES EVALUADAS

2.4.1 Peso. Se realizaron siete muestreos; los dos primeros se hicieron cada 21 días y los cinco restantes se hicieron cada 10 días, donde se evaluó el peso de cada uno de los ovinos.

2.4.2 Producción de forraje verde ofrecido. Se evaluaron las parcelas forrajeras cada vez que los ovinos iban a entrar a pastorear. El aforo se realizó en un marco de 0.5 m por 0.5 m al azar en cada uno de los tratamientos y en las diferentes especies que se trabajaron: Pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), *Brachiaria brizantha* cv Toledo y *Tithonia diversifolia*. Se realizó un corte a 20 cm de altura simulando el consumo de los ovinos, seguidamente se llevó a bolsas de papel Kraft que posteriormente se pesaron para poder conocer la cantidad de materia verde ofrecida (MVT).

2.4.3 Producción de materia seca. El material vegetativo se homogenizó, se tomaron muestras de 200 a 300 gramos en promedio para cada uno de los tratamientos para las gramíneas y una para el botón de oro. Posteriormente se calculó el rendimiento en materia seca por medio del secado en hornos de ventilación controlada a 72°C por 72 horas (Verdecia *et al.*, 2011). Con el peso final de las diferentes muestras se determinó la materia seca disponible, con la siguiente fórmula:

$$\frac{MS}{M^2} = \frac{PF * PS}{Pf} \quad (\text{Ec. 1})$$

En donde:

PF = Peso fresco de la muestra.

Pf = Peso fresco de la sub muestra

PS = Peso seco de la sub muestra

2.4.4 Calidad nutricional de los forrajes. Para la caracterización nutricional de las especies se tomaron dos muestras de 1 kg cada una (una de *Tithonia diversifolia* y una mezcla compuesta entre *Brachiaria brizantha* Cv. Toledo y *Pennisetum purpureum*), las cuales fueron enviadas para su análisis al laboratorio de nutrición animal del Centro Internacional de Agricultura tropical – CIAT, donde se realizaron análisis de proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y digestibilidad in-vitro de materia seca (DIVMS). Se estimó el aporte nutricional de la pradera mediante la sumatoria de los aportes en cantidad y calidad de cada una de las mezclas forrajeras. Esta evaluación se realizó 11 meses después de la siembra (Díaz y Montilla, 2018), (Anexo D).

2.4.5 Ganancia diaria de peso (GDP). Durante el periodo experimental se realizaron dos pesajes uno inicial y otro final que fueron los que se tuvieron en cuenta para determinar la ganancia diaria de peso de cada uno de los camuros (Anexo E - registro de peso); cabe mencionar que se hicieron unos pesajes de control para saber cómo iba el comportamiento de los mismos y que no se estuviera bajando esa ganancia y así poder determinar que estaba pasando. La Ganancia diaria de peso se calculó con la siguiente formula:

$$GDP = \frac{PF - PI}{ND} \quad (\text{Ec. 2})$$

En donde:

PI= Peso inicial de los camuros

PF= Peso final de los camuros

ND= Número de días en pastoreo

Figura 6. Toma y Registro de pesajes de los ovinos.



2.4.6 Morbilidad. Durante la investigación, se hizo el seguimiento de los ovinos en cada uno de los diferentes tratamientos, para verificar cuál de estos animales presentaban algún tipo de enfermedad.

Figura 7. Seguimiento y registro fotográfico a animales enfermos.



2.4.7 Mortalidad. Para determinar la mortalidad, se tuvo en cuenta el número de animales muertos durante el transcurso del ensayo.

2.4.8 Análisis estadístico

Para el análisis y procesamiento de la información, se utilizó el programa SPSS V 23.0. Se realizó un análisis de varianza y prueba de rango múltiples de Duncan ($p < 0.05$) para determinar si existe diferencia estadística entre los tratamientos.

2.5 PERSISTENCIA DEL BOTÓN DE ORO.

Para medir la persistencia del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) durante la investigación, se realizaron los conteos del total de plantas existentes antes de que los animales entraran a pastoreo y una vez terminado el periodo de evaluación, para determinar la sobrevivencia se tuvo en cuenta la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Sobrevivencia} = \frac{\# \text{plantas finales}}{\# \text{plantas iniciales}} * 100$$

2.6 ANÁLISIS DE SUELO

El análisis de suelo se realizó tomando muestras a 20 cm de profundidad en diferentes puntos del área de investigación mediante un recorrido en zig-zag, que se mezclaron homogéneamente. Se enviaron 1000 gr de muestra para su análisis al laboratorio del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

2.7 ANÁLISIS DE COSTOS

Para determinar la factibilidad económica del sistema forrajero de un sistema silvopastoril, se realizó un análisis de presupuestos parciales para encontrar la relación costo-beneficio, en donde se identificaron los costos de producción derivados de actividades diferenciales y su efecto en el precio final del producto. El precio de venta de los animales se hizo en pie, determinado por el peso de cada ovejo (kg) y el precio por kg en el mercado.

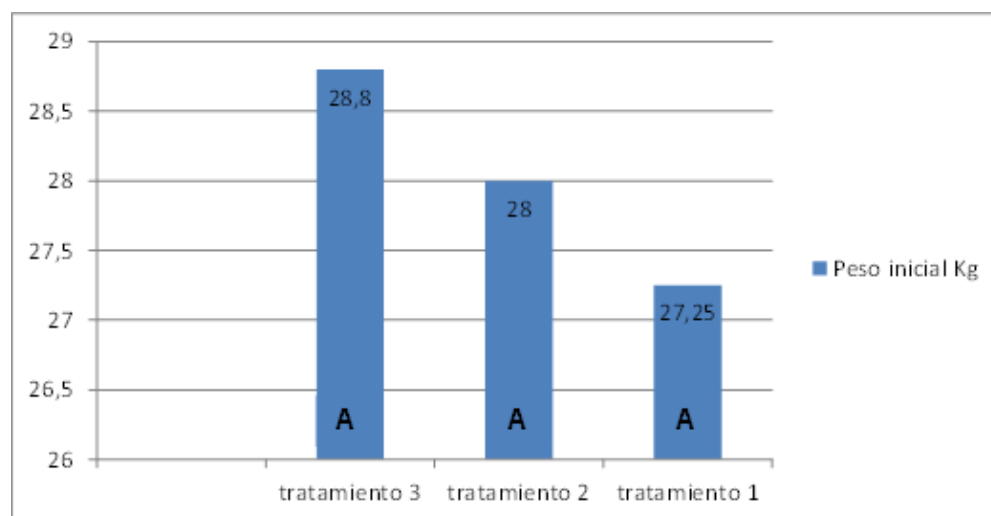
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante la etapa de evaluación.

3.1 VARIABLES EVALUADAS

3.1.1 Peso inicial (PI kg). Al realizar la entrada de los animales a la investigación, no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos para peso inicial ($P=0,05$) (anexo C, figura 8); la importancia de este parámetro radica en que permite deducir que las unidades experimentales eran homogéneas para cada uno de los tratamientos y por lo tanto no afectan la evaluación. Se realizó un análisis de los diferentes pesos iniciales en cada uno de los tratamientos, encontrando que los pesos iniciales promedio para los tratamientos 1, 2 y 3 fueron 27.25, 28 y 28.8 kg/animal, respectivamente.

Figura 8. Peso promedio por tratamiento al inicio de la investigación.



3.1.2 Materia seca. En el cuadro 5 se presenta la producción de materia seca obtenida por las especies que componen el sistema silvopastoril; entre ellas se tienen la mezcla de gramíneas (*Brachiaria brizantha* cv Toledo más *Pennisetum purpureum*), *Tithonia diversifolia* y la interacción entre ellas (Díaz y Montilla, 2018).

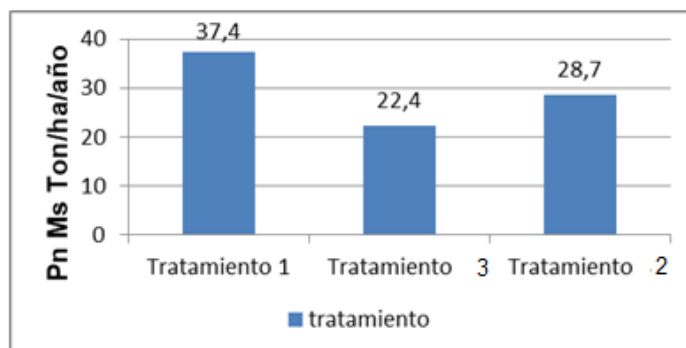
Cuadro 4. Producción de materia seca por especie y por tratamiento.

Tratamiento	Especies/Interacción	Producción establecimiento de Ms/Ton/ha/año.	
		Especie	Tratamiento
1	Gramíneas	32.1	37.4
	<i>Tithonia diversifolia</i>	5.3	
3	Gramíneas	22.4	22.4
2	Gramíneas	25.9	28.7
	<i>Tithonia diversifolia</i>	2.8	

En el cuadro anterior, Díaz y Montilla (2018) reportaron el comportamiento de las especies utilizadas para la fase de establecimiento en términos de producción de materia seca, variable importante en los forrajes utilizados para la alimentación en la ganadería.

Al analizar las gramíneas que son el componente predominante del sistema, se determinó que T₁ presenta las producciones más altas de materia seca con relación a los otros tratamientos. Los resultados obtenidos fueron 8.7 y 6.2 ton Ms/ha/año más que T₂ y T₃, respectivamente (Figura 9).

Figura 9. Comportamiento de la variable producción de materia seca por tratamiento.



Lo anterior se debe a que la introducción de *Tithonia diversifolia* incrementa la producción, al igual que la calidad de la materia seca en las gramíneas (López y Ramos, 2018).

López y Ramos (2018), reportaron producciones de MS de 45 a 83 ton/ha/año en el peniplano de Popayán, en la fase de establecimiento de un sistema silvopastoril utilizando las especies *T. diversifolia*, *B. brizantha* cv Toledo y *L. diversifolia*. Se puede observar que los valores obtenidos en esta investigación son inferiores a los mostrados con anterioridad, lo que se explica por la diferencia de las características de los suelos que se presentan en los lugares de estudio (Peters *et al.*, 2011).

3.1.3 Calidad nutricional. Los resultados obtenidos se muestran en el anexo D, que coinciden con los reportados por Díaz y Montilla (2018) por tratarse del mismo cultivo. El lote experimental mostró valores interesantes desde el punto de vista de la composición nutricional de la dieta ofertada; se aprecia como las gramíneas en mezcla ofrecen 14,25% de Proteína cruda (PC), 65,16% de Fibra en detergente Neutro (FDN), 33,21% de Fibra en detergente ácido (FDA) una digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de 60,04%, mientras para el botón de oro la PC fue de 30,16; la FDN de 44,78%; FDA 29,29% y la DIVMS de 66,33%. Dados los parámetros anteriores, se tuvo una excelente pradera en relación a las mezclas existentes en la región.

Los datos nutricionales de *T. diversifolia*, difieren de los de Burbano y Tróchez (2010) en la vereda El Descanso, municipio de Timbío, para los cuales sus valores de proteína cruda era de 19,46%, en cuanto a FDN un 42,47%, FDA un 36,8% y para DIVMS un 62,72%, con cortes cada 50 días. La diferencia, según Ríos (2009), se puede deber a que el porcentaje de proteína cruda disminuye proporcionalmente al aumento de los días de corte en *Tithonia diversifolia*, aunque también Gallego y Castro (2017) tienen reportes de que la cantidad de proteína cruda varía según el momento de corte, es decir en prefloración, floración y pos floración.

Investigaciones realizadas por Mahecha *et al.* (2017) con *Brachiaria brizantha* Cv Toledo en monocultivo, reportaron valores de (6,44% PC) y en asocio con *Tithonia diversifolia* de (7,61% PC), demostrando de esta manera un incremento de 1,17% en PC cuando el cultivar Toledo fue asociado. Díaz y Montilla (2018) reportan que el contenido de Proteína cruda de las gramíneas es alto (14,25%) con respecto a Mahecha *et al.* (2017); esto se debe a que las condiciones de suelo que presentó el estudio de este último, fueron diferentes a esta investigación ya que reportan un alto contenido de aluminio y baja fertilidad general de suelo, lo que ocasionó una baja calidad de los pastos; además, es de mencionar que en la presente investigación se realizó un plan de fertilización.

Estudios realizados por Cedeño y Criollo (2015) con *Pennisetum purpureum* en el peniplano de Popayán, presentaron niveles de proteína de 9,12% PC a una edad de corte de 50 días; según Llanos y Salazar (2018), en el establecimiento de *Brachiaria brizantha* Cv Toledo en el peniplano de Popayán, se presentaron niveles de proteína de 14,17% PC. Al promediar los niveles de proteína cruda de los estudios anteriormente mencionados, se obtiene un valor de 11,6%, el cual está por debajo al presentado en la investigación de Díaz y Montilla (2018) (14,5% PC), donde se asociaron las dos gramíneas. Esto se debe a que estas gramíneas se encontraban asociadas con *Tithonia diversifolia* el cual se tienen reportes que incrementa los niveles de proteína en los forrajes.

López y Ramos (2018), reportaron calidad nutricional en el peniplano de Popayán en la fase de establecimiento de un sistema silvopastoril, utilizando las especies *T. diversifolia*, *B. brizantha* cv Toledo y *L. diversifolia*. Se observaron valores de DIVMS de 65.58, FDA de 29.2, FDN de 58.3, adicionalmente el contenido de PC de la gramínea sola y en asocio

es alto con respecto a lo citado por Mahecha *et al.* (2017) con valores de 15.02 y 15.44% respectivamente.

Las necesidades nutritivas de los ovinos se refieren a su demanda diaria de agua, energía, proteínas, minerales y vitaminas, para mantener un adecuado crecimiento, producción y reproducción, necesidades que varían de acuerdo al sistema de producción, estado fisiológico, sexo, edad y peso vivo (Romero y Bravo, 2011). Para formular alimentos menos costosos pero más eficientes, los productores deben cumplir los requerimientos nutricionales de cada animal en su etapa particular de vida (Giménez, 2010). Romero y Bravo (2011) afirman que la proteína cruda en los requerimientos nutricionales de un ovino en etapa de ceba o levante es del 12%; al comparar la calidad nutricional de los forrajes brindados en este ensayo con dichos requerimientos, se observa que los resultados de esta investigación se encuentran dentro del parámetro, lo cual indica que es suficiente para el mantenimiento de los ovinos.

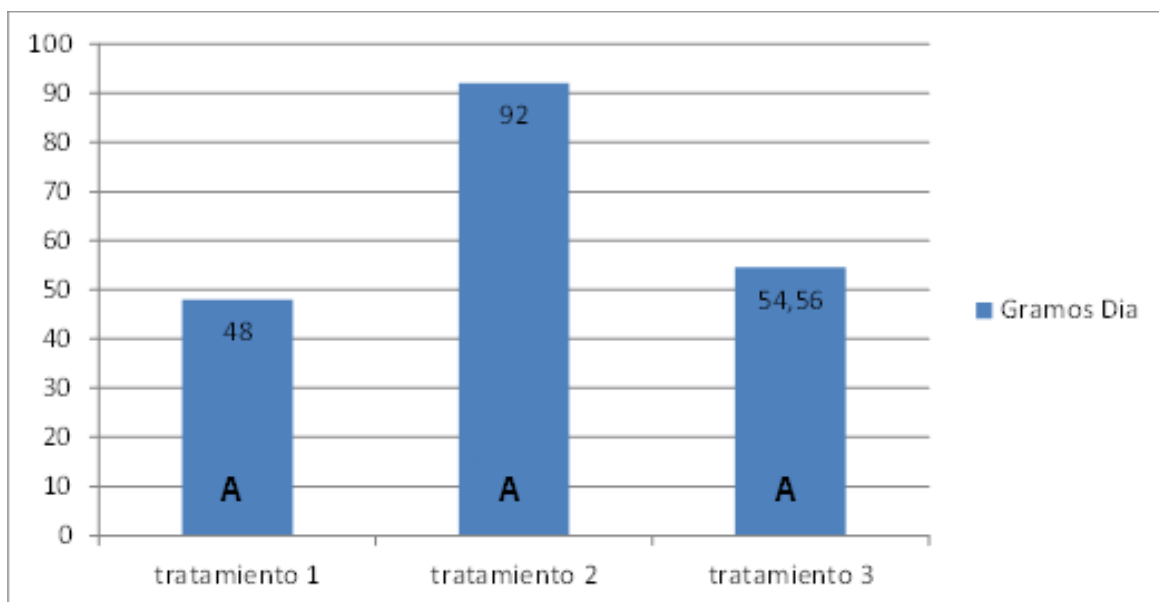
3.1.4 Ganancia de peso. El análisis de varianza muestra que no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos para ganancia diaria de peso (gr) y peso final (kg), ($P=0,05$) (anexo C, figura 9). El mejor comportamiento se observó en el T_2 (*Pennisetum purpureum* y *Brachiaria brizantha* cv Toledo (85%) + *Tithonia diversifolia* (15%)) en dos líneas dobles, separadas 1 metro entre surcos y cada 10 metros entre líneas; la ganancia de peso acumulada al final de la investigación en este tratamiento fue de 39.50 kg y la ganancia de peso diario de los ovinos fue de 92 g. En el T_3 (*Pennisetum purpureum* y *Brachiaria brizantha* cv Toledo), los animales al final lograron llegar con un peso final acumulado de 35.62 kg y una ganancia de peso diario por ovino de 54,5 g. El tratamiento que obtuvo los valores más bajos con respecto a estas dos variables (Ganancia de peso y Peso Final), estaba conformado por Pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y *Brachiaria brizantha* cv Toledo (70%)+ *Tithonia diversifolia* (30%), en tres líneas dobles, separadas 1 metro entre surcos y 5 metros entre líneas, con un peso final acumulado de 33.25 kg y una ganancia de peso diario de 48 g/por animal.

Al realizar el análisis de varianza se encontró que no existen diferencia estadísticas entre los tratamientos ($P=0,05$) (figura 9, anexo B), para ganancia diaria de peso por animal, siendo este el parámetro productivo de mayor importancia en el momento de hacer una evaluación zootécnica de un lote de animales. No obstante, al hacer una evaluación matemática de las diferentes ganancias de peso, se encontró que el tratamiento que mejor comportamiento tuvo en GDP fue el tratamiento 2 con 92 g/día, seguido por el tratamiento 3 con 54.5 g/día y el tratamiento que presentó los valores más bajos en la GDP fue el 1 con 48 g/día.

Esto sugiere que cuando se aumenta el nivel de Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la dieta, se obtiene un efecto contrario en la Ganancia de Peso, lo que puede llevar a pensar que debe haber un volumen ideal de Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) que puede estar alrededor del 15% y no más del 30% y que amerita ser evaluado con mayor detenimiento. Las Ganancias de peso que se obtuvieron en ovinos en pastoreo se pueden considerar dentro de los parámetros normales de la ovinocultura; la dieta que se les presentó

contenía una buena proporción de gramíneas y contaba con una buena fuente de proteína, conformada por el Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) que cuenta con alrededor de 30,16%.

Figura 10. Ganancia diaria de peso de los ovinos durante la fase experimental.



Las ganancias de peso obtenidas en este ensayo, comparadas con las reportadas por Rojas *et al.* (2015) en el estudio realizado en ovinos en pastoreo, quien obtuvo una GDP de 104 g/d, fueron menores. Álvarez *et al.* (2003), reportan ganancias diarias de peso de 86.7 y 111.1 g/día. En este ensayo, las condiciones medioambientales (figura 5) aportaron una época de lluvias muy fuerte, en la cual los animales estuvieron sometidos a estrés por frío durante el 80% del periodo de evaluación; ese aspecto redundó también en la mortalidad y morbilidad presentada. No obstante, dadas las condiciones de producción, se realizó la evaluación de los diferentes tratamientos satisfactoriamente.

Se pudo notar como al aumentar de 15 a 30% el contenido de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la dieta, la Ganancia de Peso fue menor. La edad de consumo de esta fuente de proteína puede afectar la ganancia de peso de los animales, pues se ha observado que al momento de entrar en pastoreo, el botón de oro muy tierno provoca diarreas durante los dos primeros días, lo que puede llevar a pensar que la edad de consumo de *Tithonia diversifolia* puede influir en la ganancia de peso de los camuros. No obstante, dicha edad fue la misma para los dos tratamientos que la incluían en su dieta, por lo que no se puede asegurar que haya sido una variable determinante en la ganancia de peso. Roldán (2011) sugiere que la edad óptima de consumo del botón de oro esta entre los 45 y 50 días, ya que es una especie con buena capacidad de producción de biomasa y rápida recuperación después del corte o pastoreo; el mismo autor asegura que esta edad de consumo depende de la densidad de siembra y los suelos, aspectos que deben ser analizados con mucha más profundidad.

3.1.5 Morbilidad. Se observó el estado sanitario de los animales para determinar la presencia de algún tipo de enfermedad. A lo largo de la investigación, se hizo un seguimiento diario de los animales para observar sintomatologías que pudieran desencadenar algún tipo de enfermedad; se obtuvo un total de 8 animales enfermos (figura 11), los cuales presentaban diarrea como signo clínico común. De éstos, tres correspondieron al T₁, tres al T₂ y dos al T₃.

Existen diversas causas para la diarrea, entre ellas bacterias, virus, parásitos, nutrición y estrés (Olaechea, 2007). Determinar la causa precisa no es fácil, pues no basta con la observación de las heces, sino que deben considerarse factores como la cantidad de animales afectados, la presencia de fiebre, desparasitación reciente del rebaño, cantidad de fibra presente en el alimento, entre otros (Olaechea, 2007). Para los animales enfermos se realizó el tratamiento recomendado por el médico veterinario Diego Vergara Collazos (T.P. 02141 Comvezcol) (Anexo H).

Figura 11. Tratamiento de los animales enfermos.



3.1.6 Mortalidad. En el transcurso de la investigación, del 100% (18 animales) inicial, hubo un total de animales muertos del 38% (siete animales) (figura 12), de los cuales dos fueron del T₂, dos del T₁ y tres del T₃. De acuerdo con el diagnóstico veterinario, la causa de la muerte de los primeros cuatro camuros fue una enfermedad infecciosa producida por una bacteria llamada *Clostridium Chauvoei*, que ataca a rumiantes, principalmente a animales de pezuña hendida, entre ellos los ovinos (Médico Veterinario Diego Vergara Collazos).

La autopsia de otros tres animales realizada por el Médico Veterinario Diego Vergara Collazos, reveló que la causa de la muerte fue por la exposición a las condiciones climáticas que se presentaron durante los primeros meses de la investigación, que fue un periodo de lluvia (figura 5), en la cual los ovinos adquirieron enfermedades pulmonares. Turkson & Sualisu (2005), afirman que las condiciones climáticas que prevalecen en una determinada época del año influyen sobre la aparición de las enfermedades y sobre la mortalidad, relación que en los ovinos está íntimamente ligada a una variedad de factores

ambientales que pueden actuar conjuntamente o que predisponen a la ocurrencia de una determinada enfermedad (Turkson & Sualisu, 2005).

Figura 12. Autopsia y muerte de los ovinos.



3.1.7 Análisis estadístico. Al realizar el análisis de varianza ANOVA, se observa que para las variables Peso inicial (PI kg), Peso final (PF kg), Ganancia de peso (GP kg) y Ganancia de peso diaria (GDP g), no se presentaron diferencias estadísticas ($p=0.05$).

3.2 PERSISTENCIA DE BOTÓN DE ORO (*Tithonia diversifolia*)

La siembra de forrajes se encuentra influenciada por la presencia de plantas silvestres, como malezas, sin ningún tipo de beneficio (Celis y Ávila, 2015), de manera que en los últimos años se ha incrementado el uso de forrajes mejorados y de especies arbóreas y arbustivas de interés para la ganadería (Gallego *et al.*, 2012; Arboleda *et al.*, 2011). En la búsqueda de un complemento nutricional para las diferentes producciones agropecuarias, especialmente en la alimentación de ovinos, se tomó la *Tithonia diversifolia* como planta novedosa para sistemas silvopastoriles, con el ánimo de evaluar su comportamiento post pastoreo y su efecto en rendimiento animal en ovinos, dado que es una planta promisoría en producción bovina (López y Ramos, 2017; Vivas *et al.*, 2018; Morales *et al.*, 2018).

Para determinar la supervivencia al pastoreo de *Tithonia diversifolia*, se relacionó el número de plantas existentes una vez terminó el ensayo versus las iniciales, obteniéndose los resultados que se muestran en el cuadro 5. Se realizó el análisis y conteos por bloques para la persistencia de botón de oro; la cantidad de plantas sembradas por tratamiento en cada bloque no presentó grandes variaciones durante el tiempo de la investigación, por lo cual se deduce que *Tithonia diversifolia* soportó el ramoneo de los animales, presentando para los tratamientos 1 y 2 una supervivencia del 95,9 y 93% después de tres pastoreos por los ovinos (Anexo H).

Cuadro 5. Población de plantas de *Tithonia diversifolia* en la investigación.

Tratamiento	Población inicial No. Plantas			Población final No. Plantas			Sobrevivencia %			
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	Promedio
1	119	39	102	115	37	98	96,6	94,9	96,1	95,9
2	51	24	40	45	23	38	88,2	95,8	95,0	93,0

Lo anterior indica que el botón de oro tiene una excelente recuperación y persistencia después de un pastoreo. Sin embargo, como ya mencionó, debe considerarse que *T. diversifolia* debe tener una edad óptima al momento de la entrada de los animales al pastoreo, para que así no se afecte su desarrollo (Hernández y Arboleda, 2012; Burbano y Tróchez, 2010). Esta es una especie con buena capacidad de producción de biomasa y rápida recuperación después del corte o pastoreo, dependiendo de la densidad de siembra, suelos y edad de consumo máximo 45 días (Roldán, 2011).

La *Tithonia diversifolia* ha sido reconocida entre los productores por su capacidad para la acumulación de nitrógeno y su rápida recuperación (Medina *et al.* 2009; Verdecia *et al.* 2011) y por sus características nutricionales como el contenido de proteína y carbohidratos solubles (Medina *et al.*, 2009), ya que estos componentes pueden ayudar a mejorar el balance alimenticio, en cuanto al aporte de energía y proteína en la dieta. En la presente investigación, murieron unas pocas plantas por daños mecánicos ocasionados por los animales, quienes quebraron las plantas en la parte inferior del tallo. Estos daños recibieron la mayor afectación en las épocas de lluvia, cuando las heridas causadas en el tallo fueron colonizadas por un tipo de nematodo que provocó la pudrición de las estacas y su posterior muerte. Si se comparan los resultados obtenidos en esta investigación con los presentados por Hernández y Arboleda (2012), quienes reportan un número de 22,4 rebrotes por plantas que fueron cortadas a 30 cm de altura, los de este ensayo fueron superiores. Estos valores se deben a que entre mayor sea la altura de la planta, habrá un mayor desarrollo de yemas, lo que conlleva a un mayor número de rebrotes (Nash y Williams, 1976; citados por Díaz y Montilla, 2018).

Cabe aclarar que en los cuatro meses en que se observó el comportamiento de las plantas, se realizaron tres conteos de la siguiente manera: al primer día de la investigación, transcurridos dos meses y al final de la misma.

3.3 ANÁLISIS DE SUELOS

Los suelos del lugar en el que se realizó la investigación (anexo A) “muestran un contenido alto de materia orgánica (9.92%), principal característica de suelos con horizontes profundos; el suelo presenta un pH ácido (5.1), característico de suelos andisoles, derivados de ceniza volcánica adecuado para los forrajes utilizados en alimentación de los ovinos” (Díaz y Montilla 2018). Estudios realizados reportan que el pasto *Brachiaria brizantha* cv Toledo, se adapta a un rango de 3.8 a 7.5 de pH.

Peters *et al.* (2013), citados por López y Ramos (2018), mencionan que el contenido de fósforo en el suelo (2.13 mg/kg) es bajo, por lo que fue necesario suplementar para cumplir con el requerimiento mínimo de las gramíneas (10 mg/kg), considerando que el contenido óptimo se encuentra entre 20 y 40 mg/kg (Carrillo y Galíndez, 2014).

Jaramillo y Córdoba (2009) citados por Gómez (2011), brindan los elementos suficientes para considerar que según el análisis de suelo, el lote utilizado para la investigación se encuentra bajo los parámetros de requerimientos nutricionales para la siembra de pastos, indicando que la cantidad de elementos presentes en el suelo no presentan una limitante para el buen desarrollo de los forrajes (Díaz y Montilla, 2018).

3.4 ANÁLISIS DE COSTOS

En la relación costo-beneficio se identificaron los costos iniciales, de manejo, de pastoreo, y el costo final (precio de venta). Para así poder determinar la factibilidad económica de la investigación.

Cuadro 6. Costos iniciales.

Ítem	Numero	Unidad	Cantidad	V. Unitario	V. total
Animales	18	kg	490	\$6000	\$2.940.000

Cuadro 7. Costos de manejo.

Ítem	Unidad	Cantidad	V. Unitario	V. total
Vacunas	MI	18	\$5000	\$90.000
Vermífugos	MI	1	\$25000	\$25.000
Sal	Kg	50	\$54500	\$54.500
Total				\$169.500

Cuadro 8. Costos de pastoreo.

Ítem	Unidad	Cantidad	V. Unitario	V. total
Labores de campo	Jornal	12	25000	300.000

Cuadro 9. Precio de venta.

Ítem	Numero	Unidad	Cantidad	V. Unitario	V. total
Animales	11	kg	418	\$7000	\$2.926.000

En el análisis económico del trabajo de investigación se toma los ingresos y egresos presentes para así poder determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se invirtió, en el desarrollo del trabajo se obtuvieron los siguientes datos:

egresos	\$3.409.000
ingresos	\$2.926.000

Para poder determinar la relación costo- beneficio, se utilizó la siguiente formula:

$$x = \frac{\text{beneficios}}{\text{costos}} = \frac{2926000}{3409000} = 0.85$$

Cuando se obtiene un valor de RCB menor a 1 se llega a la conclusión de que el beneficio que genera la investigación no es lo suficientemente grande para cubrir los costos, dándonos a entender de que no es rentable, cabe aclarar que no se logró alcanzar un mayor ingreso por la tasa de mortalidad que presento la investigación, podemos afirmar que es indispensable elaborar un modelo básico de costos para sistemas silvopastoriles, ya que estos varían dependiendo del área a mejorar, de las diferentes especies a utilizar en el sistema y de la clase de animales que se vaya a introducir en el mismo, no obstante se puede recomendar este sistema teniendo el adecuado manejo y cuidado de los animales para así poder generar mayores ingresos, porque se pudo evidenciar que la parte nutricional no fue la causante de las muertes de los camuros.

4. CONCLUSIONES

La investigación demostró que la inclusión de Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en mezcla con gramíneas (Toledo y Elefante) genera una mayor ganancia de peso en ovinos en la fase de ceba, en contraste con las praderas que no la contienen; al introducir un 15% de *Tithonia diversifolia* en la mezcla, se obtuvieron ganancias de peso de 92 g animal/día, superiores a las obtenidas con el 30% y el 0% de botón de oro.

No obstante de no presentarse estadísticamente diferencias, los ovejos del tratamiento 2, obtuvieron mejores ganancias de peso, lo que permite asegurar que para la cría de ovejos en el peniplano de Popayán, se deben introducir tecnologías forrajeras en mezclas con gramíneas, siendo un valor óptimo el 15% de *Tithonia diversifolia* en la dieta.

Los resultados de la investigación indican que los sistemas forrajeros propuestos son económicamente rentables, consolidándose como una alternativa para lograr una actividad ganadera eco-eficiente en la región por el uso de energías renovables y tecnologías forrajeras que aumentan la capacidad de carga, logrando así un eficiente uso del suelo y por consiguiente favoreciendo la relación costo-beneficio, producto de la diversidad de especies.

La mortalidad y morbilidad presentada durante el ensayo, no dependió de los tratamientos utilizados, sus causas fueron diagnosticadas y se evidenciaron por motivos diferentes a la alimentación y manejo del pastoreo.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de sistemas silvopastoriles con gramíneas de pastoreo, y *Thitonia diversifolia* como fuente proteica en una proporción 15%, como una alternativa viable de alimentación para ganado ovino bajo las condiciones climáticas del peniplano de Popayán, para obtener valores más altos en ganancia de peso con respecto a las dietas convencionales a base forrajes.

Realizar una mayor implementación de nuevas técnicas y sistemas eficientes de producción que aprovechen al máximo los recursos animales y vegetales disponibles, con el fin de mitigar el impacto ambiental. Una manera óptima de generar ventajas competitivas y alternativas económicas, es la ovino-cultura, que contribuye a proteger la seguridad alimentaria y la competitividad del sector a nivel nacional e internacional, gracias a su rápido crecimiento, buenas ganancias de peso, adaptabilidad a diferentes ambientes y un interesante precio de la carne en el mercado.

Realizar investigaciones introduciendo otras especies forrajeras arbóreas o arbustivas en sistemas silvopastoriles, para determinar la ganancia de peso en ovinos de pelo bajo las condiciones climáticas del peniplano de Popayán.

Se requieren mayores esfuerzos de investigación en el manejo sanitario de ovinos bajo las condiciones de la meseta de Popayán.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA MUNICIPAL DE POPAYÁN. Nuestra geografía [en línea]. Gobierno en línea ®: 2018 [citado 29, octubre, 2018]. Disponible en internet en: <http://popayan.gov.co/ciudadanos/popayan/nuestra-geografia>.

ÁLVAREZ, M.G.; MELGAREJO, V.L. y CASTAÑEDA, N.Y. Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y pollinaza. En: Veterinaria México, 2003, vol. 34, no. 1, pág. 39-46.

ÁNGEL, J.E. Avances en la evaluación de recursos nutricionales tropicales en Colombia. En: Reporte de Investigación CIPAV, 1988, vol. 1, no. 1, pág. 26.

ARAYA MORA, M. y BOSCHINI FIGUEROA, C. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. En: Agronomía Mesoamericana, 2005, vol. 16, no. 1, pág. 37-43.

ARBOLEDA, D.; TOMBÉ, A.; MORALES, S. y VIVAS, N. Línea base de especies arbóreas y arbustivas con aptitud forrajera en sistemas de producción ganadera de clima frío del departamento del Cauca. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Popayán, 2012.

ARTEAGA CABRERA, V. Estado nutricional del ganado y acumulación de forraje en una unidad de producción de becerros. Tesis Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma Chapingo. México: 2014, 91 p.

ASTAÍZA, P.; VIVAS, N.; GUTIÉRREZ, J. y MORALES, S. Evaluación agronómica de 10 especies arbustivas: alternativa forrajera para sistemas silvopastoriles. Reunión de Producción Animal (26: Guayaquil, Ecuador: 2018) , Simposio de Producción Animal (5: Guayaquil, Ecuador: 2018).

BURBANO, E. y TROCHEZ, L. Respuesta a diferentes edades de rebrote de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Popayán, Cauca: 2010.

CARRILLO, S. y GALÍNDEZ, J. Evaluación de la fase de establecimiento de parcelas demostrativas con asociaciones forrajeras para sistema de pastoreo en el valle del Patía.

Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Popayán, Cauca: 2014.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL CIAT. Estrategias CIAT 2014 – 2020. Ganadería Eco-eficiente. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali – Colombia: 2014.

CONTEXTO GANADERO. Censo pecuario nacional del ICA 2017 [en línea]. Bogotá DC: 2017 [citado junio, 2017]. Disponible en internet en: <http://www.contextoganadero.com/economia/conozca-el-censo-pecuario-nacional-del-ica-2017>.

CRİKAMEX. Criadores de Katadhin México [en línea]. Crikamex ®. 2010 [citado 15, abril, 2010]. Disponible en internet en: <http://www.crikamex.com/historia.html>

DIAZ, N y MONTILLA, N. Evaluación del establecimiento de un sistema silvopastoril experimental para la producción ovina en el peniplano de Popayán. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Cauca: 2018.

GALLEGO, J.; MORALES, S. y VIVAS, N. Propuesta para el uso de especies arbóreas y arbustivas forrajeras en sistemas ganaderos en el valle del Patía - Cauca. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Popayán, 2012.

VIVAS, N.; ALBAN, N. y MORALES, S. Evaluación de un sistema silvopastoril en clima medio colombiano. Reunión de Producción Animal (26: Guayaquil, Ecuador: 2018) , Simposio de Producción Animal (5: Guayaquil, Ecuador: 2018).

GIMÉNEZ D, M. Nutrient requirements of sheep and goats. En: Livestock & Poultry, Alabama Cooperative Extension System, 2010, pág. 1-10.

GÓMEZ, M.H. Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en la Alimentación Animal. CIPAV. Cali, Colombia: 2002.

GONZALES-GARDUÑO, R.; TORRES-HERNÁNDEZ, G.; ARECE-GARCÍA, J. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadre al año. En: Zootecnia Tropical, 2010, vol. 28, no. 1, pág. 51-56.

GONZÁLEZ, J.; VON-HESSBERG, C. y NARVÁEZ, W. Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (asterales: asteraceae) y su uso en la alimentación animal. En: Boletín Científico Centro de Museos, diciembre, 2014, pág. 45-58.

GOOGLE MAPS. Popayán [en línea]. Google ©: 2016 [citado 2, abril, 2018]. Disponible en internet en: https://www.google.com.co/search?q=colombia++cauca+popay%C3%A1n+mapa&newwindow=1&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwickdfx2svaAhWGnFkKHGXG_BVQQ_AUICygC&biw=1093&bih=510#imgsrc=CDgdY_HyUTu0kM
HERNÁNDEZ MUÑOZ, A.; ESTRADA RAMOS, P. y TORRES TIJERINA, I. Efecto de la proteína en la canal ovina. En: Simposio sobre Rumiantes (3: Guadalajara, Jalisco. México: 2005, pág. 78-89).

HUERTA BRAVO, M. Alimentación de ovinos con dietas basadas en forrajes de corte. Posgrado en Producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia. México: 2014.

JIMÉNEZ MENDOZA, R.; REYES APODACA, G. y ROJAS SARMIENTO, J. Influencia del pastoreo sobre la calidad de la canal en rumiantes. En Congreso Internacional de Alimentación de los Rumiantes (4: Guadalajara, Jalisco. México: 2001, pág.567-575).

LASCANO, C.; PÉREZ, R.; PLAZAS, C.; MEDRANO, J.; PÉREZ, O. y ARGEL, J. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Villavicencio, Colombia: 2002, pág. 2-13.

LLANOS, Y. y SALAZAR, J. Evaluación agronómica de doce gramíneas forrajeras bajo sombrío en el municipio de Popayán. Tesis de ingeniería agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán. Cauca: 2018.

LOPEZ, N. y RAMOS, N. Evaluación del establecimiento de un sistema silvopastoril en clima medio, municipio de Timbío-Cauca. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Cauca: 2018.

MEDINA, M.; GARCÍA, D.; GONZÁLEZ, E.; COVA, L. y MORANTINOS, P. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. En: Zootecnia Tropical, 2009, vol. 27, pág. 121- 134.

MONTES V., D.; PÉREZ C., A.; DE LA OSSA V., J. Importancia de los ovinos en la producción pecuaria: Perspectiva. En: Revista Colombiana Ciencia Animal, 2016., vol. 8, no. 1, pág. 5-6.

OLAECHEA, F. Phthiriasis y Melofagosis [en línea]. INTA Anguil: 2007 [citado 5, octubre, 2018]. Disponible en internet en: http://www.produccionbovina.com/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/parasitarias_ovinos/05-phthiriasis.pdf

PÉREZ, L.E.; LEÓN, V.H.; SOSA, R.R.; VILLALOBOS, CH.I.; COUTIÑO, R.R. y RUIZ, N.R. El caulote (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de nitrógeno complementario en dietas para cordero en finalización. En: Quehacer científico, 2010, vol. 1, no. 7, pág. 28-32.

VIVAS, N.; GUTIÉRREZ, J. y MORALES, S. Evaluación de un sistema silvopastoril en clima medio colombiano. Reunión de Producción Animal (26: Guayaquil, Ecuador: 2018) , Simposio de Producción Animal (5: Guayaquil, Ecuador: 2018).

_____; _____; RENDÓN, E.; MORALES, S.; HINCAPIÉ, B y ORDOÑEZ, K. Alternativas forrajeras para el trópico bajo. Cauca, Colombia: 2013.

ROJAS, S.; QUIROZ, F.; CAMACHO, L.; CIPRIANO, M.; ÁVILA, B.; CRUZ, B.; JIMÉNEZ, R.; VILLA, A.; ABDELFATTAH, Z.; OLIVARES, J. Productive response and apparent digestibility of sheep fed on nutritional blocks with fruits of *Acacia farnesiana* and *Acacia cochliacantha*. En: Life Science Journal, 2015, vol. 12, no. 2s, pág. 81-86.

TOLEDO, J. Manual para la evaluación agronómica. CIAT. Red Internacional de Pastos Tropicales. Cali Colombia: 1982.

TURKSON, P.K. y SUALISU, M. Risk factors for lamb mortality in sahelian sheep on a breeding station. En: Tropical Animal Health and Production, 2005, vol. 37, no. 1, pág. 49-64.

VERDECIA, D.; RAMÍREZ, J.; LEONARD, I.; ÁLVAREZ, Y.; BAZÁN, Y.; BODAS, R.; ANDRÉS, S.; ÁLVAREZ, J.; GIRÁLDEZ, F. y LÓPEZ, S. Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Caucho. En: REDVET, 2011., vol. 12, no. 5.

ANEXOS

ANEXO A. Resultado de análisis de suelos.

Solicitante Michael Peter/ John Fredy Gutiérrez Fecha Muestreo ENE 26 del 2017
 No Serial S2017-24 Entrega Muestras FEB 7 del 2017 No muestras 3 Fecha Solicitud
 FEB 7 del 2017
 Procedencia Cauca – Entrega Resultados MAR 8 del 2017 Centro de Costo
 A254FR10OP2
 Observaciones Ext: 3041

Muestra	Desc	pH (Un)	P-BrayII (mg/kg)	MO (g/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	K (cmol/kg)	Al (cmol/kg)	CIC (cmol/kg)	CICE (Cmol/kg)	Fe (mg/kg)
2	Forraje	5.1	2.13	99.2	5.10	1.32	<LCM	0.388	0.961	14.3	7.78	4.52

1. Los resultados presentes en este informe, se refieren unicamente a las muestras analizadas.
2. Este informe no debe ser alterado ni total ni parcialmente.
3. Los resultados de los presentes análisis se obtuvieron en el Laboratorio a la temperatura 22 +/- 3 oC y humedad relativa 60 +/- 5 %.
4. El laboratorio de servicios analíticos, no efectúa ningún tipo de muestreo de campo ya que el usuario es quien suministra las muestras.
5. Los valores iguales a cero corresponden a resultados que se encuentran por debajo de los límites de cuantificación del método.

pH (Un)	pH Agua 1:1
P-BrayII (mg/kg)	Fosforo Bray II Espectrometria
MO (g/kg)	Materia Organica Walkley-Black Espectrometria
Ca (cmol/kg)	Calcio Intercambiable (Ab.At.)
Mg (cmol/kg)	Magnesio Intercambiable Ab. At.
Na (cmol/kg)	Sodio Intercambiable Ab. At.
K (cmol/kg)	Potasio Intercambiable Ab. At.
Al (cmol/kg)	Aluminio Cambiable (KCl 1M) Vol.
CIC (cmol/kg)	Capacidad Int. Cationico (Amonio Acetato) Volumet.
CICE (Cmol/kg)	Capacidad de Intercambio Cationica Efectiva
Fe (mg/kg)	Hierro Extract. Doble Acido Ab.At.

ANEXO B. Análisis de varianza ($p=0,05$) entre tratamientos.

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
PI kg	Entre grupos	5,359	2	2,680	,571	,586
	Dentro de grupos	37,550	8	4,694		
	Total	42,909	10			
PF kg	Entre grupos	52,307	2	26,154	1,251	,337
	Dentro de grupos	167,238	8	20,905		
	Total	219,545	10			
GP g	Entre grupos	43,134	2	21,567	1,630	,255
	Dentro de grupos	105,848	8	13,231		
	Total	148,982	10			

Cuadro 4. (Continuación)

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
GDP g	Entre grupos	2760,564	2	1380,282	1,630	,255
	Dentro de grupos	6774,272	8	846,784		
	Total	9534,836	10			

ANEXO C. Pruebas de Duncan entre los tratamientos.

PI kg		
Duncan ^{a,b}		
TRAT	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
1	4	27,25
2	2	28,00
3	5	28,80
Sig.		,413

PF kg		
Duncan ^{a,b}		
TRAT	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
1	4	33,250
3	5	35,620
2	2	39,500
Sig.		,138

GP kg		
Duncan ^{a,b}		
TRAT	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
1	4	6,000
3	5	6,820
2	2	11,500
Sig.		,106

GDP g		
Duncan ^{a,b}		
TRAT	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
1	4	48,000
3	5	54,560
2	2	92,000
Sig.		,106

ANEXO D. Composición nutricional de los forrajes experimentales.

	Cod. Mtra Externo	%Cenizas	%FDN	%FDA	% PC	%DIVMS
1	<i>Pennisetum purpureum</i> + <i>B. brizantha</i> cv Toledo	14,97	65,16	33,21	14,25	60,04
2	<i>Tithonia diversifolia</i>	16,11	44,78	29,29	30,16	66,23

ANEXO E. Registro de pesajes.

Tratamiento 1	notas	Peso entrada	Primer pesaje	Segundo pesaje
Ovejo 1				
Ovejo 8				
Ovejo 7				
Ovejo 18				
Ovejo 13				
Ovejo 12				

Tratamiento 2	Notas	Peso entrada	Primer pesaje	Segundo pesaje
Ovejo 9				
Ovejo 3				
Ovejo 5				
Ovejo 17				
Ovejo 14				
Ovejo 16				

Tratamiento 3	Notas	Peso entrada	Primer pesaje	Segundo pesaje
Ovejo 2				
Ovejo 6				
Ovejo 4				
Ovejo 10				
Ovejo 15				
Ovejo 11				

ANEXO F. Registros de aplicación de medicamentos.

Medicamentos	# Animales	Dosis

ANEXO G. Registros de pastoreos.

Pastoreos	Lotes	Fechas días de pastoreo	
		Entrada	Salida

ANEXO H. Registros de Persistencia del Botón de Oro.

Bloque 1			
Rote	1	2	3
Tratamiento 1			
Tratamiento 2			

Bloque 2			
Rote	1	2	3
Tratamiento 1			
Tratamiento 2			

Bloque 3			
Rote	1	2	3
Tratamiento 1			
Tratamiento 2			

ANEXO I. Tarjeta profesional número 02141 de Comvezcol.

Documento de identidad	<input type="text"/>
No. Matricula	02141

Nombre	DIEGO
Apellidos	VERGARA COLLAZOS
Título Obtenido	mvz
Universidad	Universidad de Caldas
Matricula No.	2141
Acta de grado No.	824