

ORIGINAL

## Effect of supplementation with cotton seed and ground corn on the intake and productive performance of colombian hair sheep

### Efecto de la suplementación con semilla de algodón y maíz molido sobre el consumo y el desempeño productivo de ovinos de pelo colombiano

Emiro Suárez P<sup>1,2\*</sup> M.Sc; Libardo Maza A<sup>2</sup> M.Sc; Wilson Barragán H<sup>1</sup> M.Sc;  
Rene Patiño P<sup>3</sup> Ph.D; Moris Bustamante Y<sup>2</sup> M.Sc; Oscar Vergara G<sup>2</sup> Ph.D.

<sup>1</sup>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. Centro de Investigación Turipaná. Km 13 vía Montería-Cereté, Colombia. <sup>2</sup>Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de Investigación en Producción Animal Tropical, Montería, Colombia. <sup>3</sup>Universidad de Sucre, Facultad Ciencias Agropecuarias, Sincelejo, Colombia. \*Correspondencia: [esuarez@agrosavia.co](mailto:esuarez@agrosavia.co)

Received: September 2017; Accepted: April 2018.

#### ABSTRACT

**Objective.** Effect of supplementation with cotton seed and ground corn on the intake and productive performance of Colombian hair sheep. **Materials and methods.** 24 sheep with an average weight of 16±2 kg were distributed in four treatments T0: grazing, T1: grazing + 25% cotton seed (CS) + 75% ground corn (GC), T2: grazing + 50% CS + 50% GC and T3: grazing + 75% CS + 25% GC. The indigestible acid detergent fiber (FDAi) was used as internal marker and chromium oxide (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) as an external marker. Samples of feces, forages and supplements were incubated *in situ* (rumen) for 144 hours. To calculate fecal production, 1 g of chrome oxide (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) was given to each ovine in a gelatin capsule for 15 days. A complete randomized design with four treatments and six replicates was used. The animals were weighed every 14 days to determine the daily weight gains. Food conversion and feed efficiency were determined. An analysis of variance was performed in a completely randomized design. **Results.** There were differences ( $p \leq 0.05$ ) for digestibility and dry matter intake (DMI) and, presenting values of 47.6, 56.2, 58.6, and 59.0% and DMI were 0.514, 0.788, 1.02, and 1.40 kg/animal/d<sup>-1</sup> for T0, T1, T2 and T3, respectively. For weight gain and body condition significant differences were found ( $p \leq 0.05$ ) presenting averages of 0.053, 0.126, 0.128 and 0.130 kg d<sup>-1</sup> and a body condition of 2, 3, 3, 3 for T0, T1, T2 and T3, respectively. **Conclusions.** Supplementation with cotton seed and ground corn stimulated DMS and improved the productive performance of the animals.

**Keywords:** Feed conversion; feed intake; weight gain (*Source: CAB*).

#### RESUMEN

**Objetivo.** Efecto de la suplementación con semilla de algodón y maíz molido sobre el consumo y el desempeño productivos de ovinos de pelo Colombiano. **Materiales y métodos.** Se utilizaron 24 ovinos con peso de 16 ± 2 kg durante 127 días. Los tratamientos fueron T0: pastoreo, T1: pastoreo + 25% semilla de algodón (SA) + 75% maíz molido (MM), T2: pastoreo + 50% (SA) + 50% (MM) y T3: pastoreo + 75% (SA) + 25% (MM). Para estimar la digestibilidad se utilizó la fibra en detergente ácido indigerible (FDAi) recuperada en las muestras de heces, forrajes y suplementos, las cuales fueron incubadas *in situ* durante 144 horas y óxido de cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) como marcador externo para cuantificar la producción de

heces. Se utilizó un diseño completo aleatorizado con cuatro tratamientos y seis repeticiones, se realizó análisis de varianza para determinar diferencias significativas al nivel de ( $p < 0.05$ ) **Resultados.** Se encontró diferencias ( $p \leq 0.05$ ) para la digestibilidad y el consumo de materia seca. Los valores medios de digestibilidad fueron 47.6, 56.2, 58.6 y 59.0% y de consumo de 0.514, 0.788, 1.02 y 1.40 kg d<sup>-1</sup> para T0, T1, T2 y T3, respectivamente. Para la ganancia de peso y la condición corporal se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) presentando promedios de 0.053, 0.126, 0.128 y 0.130 kg d<sup>-1</sup> y una condición corporal de 2, 3, 3, 3 para T0, T1, T2 y T3, respectivamente. **Conclusiones.** La suplementación con semilla de algodón y maíz estimuló el consumo y mejoró el desempeño productivo de los animales.

**Palabras claves** Conversión alimenticia; Digestibilidad; ganancia de peso (*Source: CAB*).

## INTRODUCTION

The Colombian hair sheep (CHS) is one of the most promising species for meat production in the Colombian Caribbean region. This is due to its rusticity and adaptability to the edaphoclimatic conditions presented by this region, which concentrates 911,830 sheep, equivalent to 69.17% of the national sheep inventory. According to the national agricultural census, the Colombian Caribbean region (comprised of the departments of Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena and Sucre) has about 6.735.373 ha in pastures (1). They are established mainly in grasses such as Guinea (*Megathyrsus maximus*), Angleton (*Dichanthium aristatum*), Puntero (*Hyparrhenia rufa*), Pará (*Brachiaria mítica*), *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo and some naturalized species such as Colosuana or Kikuyina (*Bothriochloa pertusa*), which are considered as the main source of feeding of ruminants in tropical zones.

Food is one of the factors that most influences the production of sheep in the Colombian Caribbean region, which is affected by climatic variations throughout the year. Due to these variations there are intense periods of rains and prolonged periods of water deficit that last 4-5 months. This means that the availability and nutritional quality of the pastures (main source of sheep feed) is reduced drastically, which influences the productive parameters and the quality of the final product. In this context it is necessary to establish strategies such as protein-energy supplementation with agro-industrial products or byproducts with high nutritional value available in the region.

Within this scenario the use of cotton seed is an alternative, because it is one of the few raw materials that brings together in its nutritional composition good contents of protein, energy and fiber at a low cost. Similarly the use of corn in ruminant supplementation has been widely used to provide high digestibility energy. However, some factors limit the use of cottonseed in sheep feeding, the main limiting factor being the content of ethereal extract, which depending on the dietary content may affect the digestibility of the fiber and cause alterations in the production of volatile fatty acids (2).

## INTRODUCCIÓN

El ovino de pelo Colombiano (OPC) se constituye como una de las especies más promisorias para la producción de carne en la región Caribe colombiana; debido a su rusticidad y adaptabilidad de esta especie a las condiciones edafoclimáticas que presenta esta región, la cual concentra 911.830 ovinos, equivalente al 69.17% del inventario ovino nacional. De acuerdo con el censo nacional agropecuario, la región Caribe colombiana integrada por los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena y Sucre, posee cerca de 6.735.373 ha en pastos (1), establecidas principalmente en gramíneas como Guinea (*Megathyrsus maximus*), Angleton (*Dichanthium aristatum*), Puntero (*Hyparrhenia rufa*), Pará (*Brachiaria mítica*), *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y algunas especies naturalizadas como Colosuana o Kikuyina (*Bothriochloa pertusa*), las cuales son consideradas como la principal fuente de alimentación de los rumiantes en esta región.

Siendo la alimentación uno de los factores que más influye en la producción de ovinos en la región Caribe colombiana, esta se ve afectada a lo largo del año por las variaciones climáticas, al presentarse períodos intensos de lluvias y períodos prolongados de déficit hídrico, teniendo éste último período una duración de 4-5 meses, lo cual hace que la disponibilidad y calidad nutricional de las pasturas (principal fuente de alimentación de los ovinos) se reduzca drásticamente e influya sobre los parámetros productivos, reproductivos y sobre la calidad del producto final. En este contexto es necesario establecer estrategias como la suplementación energética proteica con productos o subproductos agroindustriales, con alto valor nutritivo disponible en la región.

Dentro de este escenario, el uso de semilla de algodón es una alternativa, pues ella es una de las pocas materias primas que reúne en su composición nutricional buenos contenidos de proteína, energía y fibra a un bajo costo. De igual forma, el uso del maíz en la suplementación de rumiantes ha sido ampliamente utilizado por proveer energía de alta digestibilidad. Sin embargo, algunos factores limitan el uso de la semilla de algodón en la alimentación de los ovinos, siendo el principal factor limitante el contenido de extracto etéreo, que dependiendo del contenido en la dieta

DMI is a key factor in animal production and, together with nutritional quality, belongs to the main determinants of ruminant productivity (3). This is in function of the nutritional requirements and in the sheep, like in other species, the intake varies according to the physiological state. In this context, few research has been done in Colombia on DMI of small ruminants in grazing, particularly with different levels of supplementation. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of protein-energy supplementation on dry matter intake and the daily gain of weight of sheep Colombian hair in grazing.

## MATERIALS AND METHODS

**Location.** The experiment had a duration of 127 d, between January and May 2016, in the installations of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science of the University of Córdoba. These are located in the village of Berástegui, a rural area of the municipality of Ciénaga de Oro, Córdoba-Colombia, classified as Bs-T Holdridge (4), at a height of 22 msnm, average temperature of 28 °C, relative humidity of 85% and average annual precipitation of 1,340 mm. The rainy season comprises the months of April to the end of November, where approximately 85% of precipitation and dry season are recorded from December to mid-April.

**Experimental area and animal management.** The area used in grazing was 10.000 m<sup>2</sup>, established in 70% in Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) and 30% in Angleton (*Dichantium aristatum*), which was divided into 13 paddocks of 713 m<sup>2</sup>, in order to establish a rotational system of 2 d of occupation and 24 d of rest. The sheep grazed in the morning (08:00 h) and returned to the sheepfold in the afternoon (16:00 h), where they were separated by treatment for the offer of the supplement in feeders and water at will in PVC drinking troughs with a capacity of 20 L. The mineral supplement was supplied mixed with the supplement in the feeder daily.

**Experimental animals and description of treatments.** 24 male, uncastrated criollo sheep were used, with an average weight of 16 ± 2 kg at weaning and an age of 4 months, which were purchased on farms near the University of Córdoba. In addition to age, sheep were prioritized to have similar size and body condition. Before beginning the period of adaptation, the animals were quarantined for 20 d and coprological tests were carried out to determine the parasite load, after which Febendazole (2 mL/animal) was used to control gastrointestinal parasites.

puede afectar la digestibilidad de la fibra y causar alteraciones en la producción de ácidos grasos volátiles (2).

Dado que el consumo de materia seca (CMS) es un parámetro de suma importancia en la producción animal y que, junto con la calidad nutritiva, son los principales factores que determinan la productividad de los rumiantes (3); este está en función de los requerimientos nutricionales y en el ganado ovino como en otras especies, el consumo varía de acuerdo con la etapa fisiológica. En este contexto, en Colombia son escasas las investigaciones que hablan del consumo de materia seca en pequeños rumiantes en pastoreo en condiciones de trópico húmedo, principalmente con diferentes niveles de suplementación, por ello el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación con semilla de algodón y maíz molido sobre el consumo de materia seca y el desempeño productivo de ovinos de pelo colombiano en pastoreo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El experimento tuvo una duración de 127 d, comprendiendo los meses de enero a mayo del 2016, en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Córdoba, ubicada en el corregimiento de Berástegui, zona rural del municipio de Ciénaga de Oro, Córdoba-Colombia, clasificado como Bs-T Holdridge (4), a una altura de 22 msnm, temperatura promedio de 28°C, humedad relativa de 85% y precipitación promedio anual de 1.340 mm; la época de lluvias comprende los meses de abril a finales de noviembre, donde se registra aproximadamente el 85% de la precipitación y la época seca desde diciembre hasta mediados de abril.

**Área experimental y manejo animal.** El área utilizada en pastoreo fue 10.000 m<sup>2</sup>, establecida en un 70% en Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y en un 30% en Angleton (*Dichantium aristatum*), la cual se dividió en 13 potreros de 713 m<sup>2</sup>, con el fin de establecer un sistema rotacional de 2 d de ocupación y 24 d de descanso. Los ovinos salían a pastoreo en horas de la mañana (08:00 h) y retornaban al aprisco en horas de la tarde (16:00 h), donde eran separados por tratamiento para el ofrecimiento del suplemento en los comederos y agua a voluntad en bebederos de plástico con capacidad de 20 L. El suplemento mineral se suministró en potrero y mezclado con el suplemento en los comederos diariamente.

**Animales experimentales y descripción de los tratamientos.** Se utilizaron 24 ovinos machos criollos sin castrar posdestete, con un peso promedio de 16 ± 2 kg y una edad de 4 meses, los cuales fueron adquiridos en fincas cercanas a la Universidad de Córdoba. Además de la edad, se priorizó que los ovinos tuvieran tamaño

The grasses offered for the feeding of the sheep were *Cynodon nlemfluensis* and *Dichanthium aristatum*. The experimental diets were formulated considering the metabolizable protein and energy requirements for an average daily weight gain of 160 g (NRC 2007), using the software System for Small Ruminants (SRNS) (5). The foods used were cottonseed and ground corn, the inclusions of these in dry base varied to conform the treatments to be evaluated. T0: grazing; T1: Grazing + (25% cottonseed + 75% ground corn); T2: grazing + (50% cottonseed + 50% ground corn); and T3: grazing + (75% cottonseed + 25% ground corn). During the test adjustments were made according to the increase in weight of the animals. The nutritional composition of the diets of the different treatments is presented in table 1.

**Table 1.** Diets nutritional composition.

Nutrients	Diets nutritional composition			
	T0	T1	T2	T3
CP (%)	13.3	14.8	15.6	16.0
ME Mcal/kg	2.1	2.3	2.3	2.2
Relation CP:ME	6,3	6,4	6,8	7,2
NDF (%)	56.4	48.6	51.9	55.2
EE (%)	2.4	3.62	4.9	6.1

CP: crude protein, ME: metabolizable energy, CP/ME: ratio crude protein and metabolizable energy, NDF: neutral detergent fiber, EE: ethereal extract.

One day before the adaptation period the animals were weighed using a digital balance (electronic portable), with previous fast of 12 hours and were randomly identified with a number (1 - 24). Once identified with a number, they were randomly assigned plaques (Red, orange, yellow and blue) for the identification of treatments. Each animal was randomly assigned to the four treatments evaluated (n = 6 sheep/treatment).

**Availability of dry matter, botanical composition and grazing pressure.** In order to determine the availability of forage and the botanical composition, frequency availability method was used in the grassland next to grazing, using the methodology proposed by Franco et al (6), in which five points were identified in the biomass using a frame of 0,25 m<sup>2</sup>. A score of 1 to 5 was assigned to each point, where 1 corresponds to low availability of biomass and 5 to greater availability. Each point was cut and weighed with digital balance (Ohaus model CS 5000, Ohaus Corporation, EE.UU), later 40 frames were thrown at random per hectare to observe the species present. The determination of the percentage of dry matter was done using the method NTC4888

y condición corporal similar. Antes de iniciar el período de acostumbramiento, los animales fueron sometidos a cuarentena por 20 d y a exámenes coprológicos para determinar la carga parasitaria, posteriormente se aplicó Febendazol (2 mL/animal) para el control de parásitos gastrointestinales.

Las gramíneas ofrecidas para la alimentación de las ovinas fueron *Cynodon nlemfuensis* y *Dichanthium aristatum*. Las dietas experimentales fueron formuladas atendiendo los requerimientos de proteína y energía metabolizables para una ganancia diaria de peso promedio de 160 g (NRC 2007), utilizando el software System for Small Ruminants (SRNS) (5). Los alimentos utilizados fueron semilla de algodón y maíz molido, las inclusiones de estos en base seca variaron para conformar los tratamientos a evaluar. T0: pastoreo; T1: Pastoreo + (25% de semilla de algodón + 75% de maíz molido); T2: pastoreo + (50% de semilla de algodón + 50% de maíz molido); y T3: pastoreo + (75% de semilla de algodón + 25% de maíz molido). Durante el ensayo se realizaron ajustes según el incremento de peso de los animales. La composición nutricional de las dietas de los diferentes tratamientos se presenta en la (Tabla 1).

Un día antes del período de adaptación los animales se pesaron con báscula digital (Electronic portable), con previo ayuno de 12 h y se identificaron aleatoriamente con un número (1 a 24), una vez identificados con un número, se les asignó aleatoriamente chapetas de colores (rojo, naranja, amarillo y azul) para la identificación de los tratamientos. Cada animal se asignó aleatoriamente a los cuatro tratamientos evaluados (n= 6 ovinos/tratamiento).

**Disponibilidad de materia seca, presión de pastoreo y composición botánica.** Para determinar la disponibilidad de forraje y la composición botánica se utilizó el método de disponibilidad por frecuencia en el potrero próximo a pastorear, mediante la metodología propuesta por Franco et al (6). La determinación del porcentaje de materia seca fue realizada mediante el método NTC6888 (7), con una muestra de 250 g de forraje verde. La presión de pastoreo se determinó mediante los kg de materia seca disponible por cada 100 kg peso vivo. La composición botánica de la pradera fue de 86% de gramíneas, 4% de leguminosas y 6% de malezas.

La calidad nutritiva del forraje y suplementos se determinó de muestras compuestas, una vez durante el ciclo de ceba; las muestras de forraje se colectaron a través del método de simulación de pastoreo y se colectaron 500 g por muestra, las cuales fueron secadas en estufa de ventilación forzada a 60°C por 48 horas, posteriormente fueron molidas con un molino tipo Willey, mediante la utilización de una malla de un milímetro y almacenadas hasta su procesamiento. El procesamiento de las muestras se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de Corpoica



(7), with a sample of 250 g of green forage. Grazing pressure was determined by the kg of available dry matter per 100 kg live weight. The botanical composition of the grassland was 86% grass, 4% legume y 6% weeds.

The nutritive quality of the forage and supplements was determined from composite samples, once during the fattening cycle. The forage samples were collected through the grazing simulation method and 500 g were collected per sample which were dried in a forced ventilation oven at 60 °C for 48 hours, later they were ground with a mill type Willey, using a mesh of one millimeter and stored until its processing. The samples were processed in the Animal Nutrition Laboratory of Corpoica Investigation Center Turipaná, where crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and lignin were determined according to the proposed method by AOAC (8). The Protein fractionation by means of the Cornell fractionation proposed by Licitra et al (9) and the dry matter degradability (DMD) according to the nylon bag technique described by Orskov (10). Ethereal extract (EE) according to the AOAC 2003.06 method (11). Calcium and phosphorus by methods NTC 5359 and NTC 5350 proposed by ICONTEC (12-13), respectively.

**Determination of IADF.** From composite samples of grass, feed supplements and feces from each animal were taken approximately 3.0 g. Samples were packed in triplicate into 5 x 12 cm nylon bags, which were fixed to the cannula by 10 cm long nylon. The bags subject attached to the chain were submerged three times in a bucket with clean water and then introduced to the bottom of the rumen of a cannulated bull where they remained for 144 h. at the end, the bags were removed and washed with tap water until it came out clean. The bags were dried at 60 °C for 24 h, the residues corresponding to the replicates of each sample were removed, then subjected for one hour to an acid detergent solution and washed with hot water and acetone. Once the samples were dried the residue was considered as the IADF indigestible acid detergent fiber (14).

**Estimation of feces production.** For the estimation of feces production, chromium oxide was used as an external marker. Before starting the test, the percentage of purity of the marker was determined, for which it was necessary to send a 30 g sample to the toxicology and environmental management laboratory of the University of Córdoba, to be analyzed by spectrophotometry. Later, chromium was dosed daily in 1 g gelatin capsules for a period of 15 days to 24 sheep, orally supplied, at 7:00 h. In the last five days of dosing, feces were collected directly from the

CI Turipaná, en donde se determinó proteína cruda (método Kjendalh), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y lignina según el método propuesto por AOAC (8). El fraccionamiento de proteína por medio del fraccionamiento de Cornell propuesto por Licitra et al (9) y la degradabilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) según la técnica de la bolsa de nylon descrita por Orskov (10). Extracto etéreo (EE) de acuerdo con el método AOAC 2003.06 (11). Calcio y fósforo por los métodos NTC 5359 y NTC 5350 propuesto por ICONTEC (12-13), respectivamente.

**Determinación de la FDAi.** Se tomaron 3 g aproximadamente de muestras compuestas de pasto, suplementos alimenticios y heces de cada animal. Las muestras se empaclaron por triplicado en bolsas de nilón de 5 x 12 cm, las cuales se fijaron a la cánula mediante nylon de 10 cm de longitud. Las bolsas ya sujetas a la cadena se remojaron tres veces en un balde con agua limpia y luego se introdujeron hasta el fondo del rumen de un toro canulado donde permanecieron durante 144 h. Al final las bolsas fueron retiradas y se lavaron con agua limpia. Las bolsas se secaron a 60°C durante 24 h, se retiraron los residuos correspondientes a las repeticiones de cada muestra, para luego ser sometidas durante una hora en solución en detergente ácida y lavadas con agua caliente y acetona, una vez secadas las muestras el residuo se consideró como la fibra detergente ácida indigerible FDAi (14).

**Estimación de la producción de heces.** Para la estimación de la producción de heces se utilizó óxido de cromo como marcador externo. Antes de iniciar el ensayo, se determinó el porcentaje de pureza del marcador, para lo cual fue necesario él envió de una muestra de 30 g al laboratorio de toxicología y gestión ambiental de la Universidad de Córdoba, para ser analizado por espectrofotometría. Posteriormente, el cromo fue dosificado diariamente en capsulas de gelatina de 1 g por un periodo de 15 días a 24 ovinos, suministrada vía oral, a las 7: 00 h. En los últimos cinco días de la dosificación se realizó la colecta de heces directamente de la ampolla rectal dos veces al día a las 08:00 y 16:00 h. Las muestras de heces de cada animal se colocaron en un recipiente de aluminio previamente identificado con la fecha, tratamiento y número del animal y almacenadas en freezer (Ref Cf-328, Linio, Bogotá, Colombia), al final del período de colecta, las muestras se homogenizaron formando una muestra compuesta por animal. Las muestras se secaron en una estufa de ventilación forzada a 60°C durante 48 h y se molieron en molino utilizando malla de 1 mm. Para la determinación de Cr en las heces se utilizó la metodología de digestión por microondas (3051) propuesta por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (15).

La producción fecal estimada en g MS/d<sup>-1</sup>, fue obtenida mediante el cociente de las dosis del marcador, dividido por la concentración

rectal ampulla twice daily at 08:00 and 16:00 h. The feces samples of each animal were placed in an aluminum container previously identified with the date, treatment and number of the animal and stored in a freezer (Ref Cf-328, Linio, Bogotá, Colombia) until end of the collection period, the samples were homogenized forming a sample composed by animal. Samples were dried in a forced ventilation oven at 60 °C for 48 h and mill With a Willey kind mill using 1 mm mesh. For the determination of Cr in the feces, the digestion methodology by microwave was used, (3051) proposed by the United States Environmental Protection Agency (EPA) (15).

The estimated faecal production in g MS/d-1 was obtained by the ratio of the marker dose, divided by the concentration of the marker in the feces determined in the laboratory (Ec.1). The digestibility of the DM was estimated by the equation (Ec.2) proposed by Correa (16). Later, intake was determined based on faecal production and digestibility (Ec 3). For this, the equations proposed by Ramírez et al (17) were used.

**Fecal production** = (Dose of the marked g.d-1/ Concentration of the marked in feces) (Eq. 1).

**DMD** =  $100 - 100 \times (\% \text{ of marker in food DM}) \times (\text{feces marker recovery rate}) / (\% \text{ of marker in DM of feces})$  (Eq. 2).

**Intake voluntary (g.d<sup>-1</sup>)** = (Feecal production, g DM.<sup>-1</sup>)/(1-(DMD/100))(Eq. 3).

The percentage intake of dry matter relative to body weight (IDMRBW) of the animal and the percentage of voluntary intake of dry matter in relation to the total metabolic weight  $W^{0.75}$  (IDMTMW) was calculated using equations 5 y 6 respectively, proposed by Duarte (18).

**IDMRBW** = (IDM kg/BW kg) \* 100 (Eq. 5)

**IDMTMW** = (IDM kg/ $W^{0.75}$  kg) (Eq.6)

**Weighing of animals.** The animals were weighed at the beginning and biweekly until the end of the test with portable electronic bascule, performing individual weighings where the daily weight gain (DWG) was determined through the following equation.

**DWG** = (Final weight - Starting weight)/ Experimental days (Eq. 7)

The feed conversion was calculated by dividing the dry matter intake between the daily weight gain and the feed efficiency, dividing the daily weight gain between the daily dry matter intake.

del marcador en las heces determinada en el laboratorio (Ec.1). La digestibilidad de la MS se estimó por medio de la ecuación (Ec.2) propuesta por Correa (16). Posteriormente, se determinó el consumo, en función de la producción fecal y la digestibilidad (Ec. 3). Para ello se utilizaron las ecuaciones propuestas por Ramírez et al (17).

**Produccion fecal** = (Dosis del marcador g.d-1/ Concentración del marcador de heces.) (Ec.1).

**DMS** =  $100 - 100 \times (\% \text{ de marcador en la MS del alimento}) \times (\text{tasa de recuperación del marcador en las heces}) / (\% \text{ del marcador en la MS de las heces})$  (Ec. 2).

**Ingesta voluntaria (g.d<sup>-1</sup>)** = (Produccion fecal, g DM.<sup>-1</sup>)/(1-(DMD/100))(Ec.3).

El porcentaje del consumo de materia seca (PCMS) respecto al PV del animal en Kg y el porcentaje de consumo voluntario de materia seca respecto al peso metabólico total (PCVMSMT) ( $W^{0.75}$ ) se calculó por medio de las ecuaciones (Ec.5 y Ec.6) respectivamente, propuesta por Duarte (18).

**PCMS**= (IDM kg/BW kg) \* 100 (Ec.5).

**PCVMSMT**= (IDM kg/ $W^{0.75}$  kg) (Ec.6).

**Pesajes de animales.** Los animales se pesaron al inicio, y quincenalmente hasta el final del ensayo, con báscula electrónica portátil, realizando pesajes individuales en donde se determinó la ganancia diaria de peso (GDP) a través de la siguiente ecuación:

**GDP** = (Peso final - Peso inicial)/Número de días (Eq. 7).

La conversión alimenticia se calculó dividiendo el consumo de materia seca entre la ganancia diaria de peso, y la eficiencia alimenticia, dividiendo la ganancia diaria de peso entre el consumo diario de materia seca.

Para la evaluación de la condición corporal se utilizó una escala de 1 a 5 teniendo en cuenta la metodología propuesta por Felice (19), al inicio y posteriormente cada 15 d hasta final del ensayo.

**Registro de la información, diseño experimental y análisis estadístico.** Para el registro y análisis de la información se construyó una base de datos en Microsoft Excel®. El diseño estadístico consistió en un diseño completo aleatorizado (DCA). Se utilizaron cuatro tratamientos y seis repeticiones por tratamiento (se consideró cada animal como una repetición), para evaluar el efecto de la inclusión de la semilla de algodón y maíz molido como suplemento sobre el consumo de materia seca y la ganancia de peso de los ovinos.

Se realizó análisis de varianza, previo cumplimiento

A scale from 1 to 5 was used to assess body condition, taking into account the methodology proposed by (19) at the beginning and then every 15 days until the end of the test.

**Registration of information, experimental design and statistical analysis.** For the registration and analysis of the information, a database was built in Microsoft Excel®. The statistical design consisted of a randomized complete design (DCA). Four treatments and six repetitions per treatment were used (each animal was considered as a repetition), to evaluate the effect of the inclusion of the cotton seed and ground corn as a supplement on the dry matter intake and the weight gain of the sheep.

Analysis of variance was performed, previous to compliance with the normality and homogeneity of the data, for which the Shapiro-Wilk and Levene tests were applied. The GLM procedure of the statistical analysis package SAS V9.4 (SAS Inc. North Carolina, USA) (20) was used to analyze the data. In the cases where there were significant statistical differences, Tukey's mean comparison tests were applied with a significance level of 0.05.

## RESULTS

The chemical composition of the dry matter of grasses and forages used in sheep supplementation are shown in table 2. A high percentage of CP was found in the pasture *C. nlemfluensis* + *D. aristatum*, which can be attributed to the organic matter content of the soil, as well as to the nitrogen fertilization that was done, to the rotational cycle proposed and to the type of sample collected that for the bromatological analysis the leaves and stems were harvested, simulating the grazing of the animals.

The CP contribution of grasses, cotton seed and corn was 13.1, 26.6 and 15.7%, respectively. In relation to the percentage of NDF of the cotton seed had the highest value, which can be attributed mainly to the fibrous cover of the seed, as well as to the remaining fibers and impurities after the ginning, which could possibly affect the degradability and

de los supuestos de normalidad y homogeneidad de los datos, para lo cual se aplicaron las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene. Para el análisis de los datos se utilizó el procedimiento GLM del paquete de análisis estadístico SAS V 9.4 (SAS Inc. North Carolina, USA) (20). En aquellos casos en que hubo diferencias estadísticas significativas, se aplicaron pruebas de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia de 0.05.

## RESULTADOS

La composición química de la materia seca de las gramíneas y de los forrajes utilizados en la suplementación de los ovinos se observan en la tabla 2. Se presentó un alto porcentaje de PC en el pasto *C. nlemfluensis* + *D. aristatum*, el cual puede atribuirse al contenido de materia orgánica del suelo, como también a la fertilización nitrogenada que se realizó, al ciclo rotacional propuesto y al tipo de muestra recolectada que para el análisis bromatológico fueron cosechadas las hojas y tallos tiernos simulando el pastoreo de los animales.

El aporte de PC de las gramíneas, semilla de algodón y maíz fue de 13.1, 26.6 y 15.7%, respectivamente. Con relación al porcentaje de FDN de la semilla de algodón presentó el valor más alto, lo cual puede ser atribuido principalmente a la cubierta fibrosa de la semilla, como también a las fibras remanentes e impurezas luego del desmotado, las cuales pudieron afectar posiblemente la degradabilidad y aporte de energía. Por otra parte, el maíz molido en términos de energía metabolizable estuvo en el orden de 2.9 Mcal/kg, estos resultados se deben a su alta degradabilidad y bajo nivel de fibra. La concentración de proteína soluble fue similar entre pasto estrella y la semilla de algodón, y representó como mínimo el 25.8% de la proteína total (Tabla3), mientras que la proteína soluble del maíz fue del 56% de la proteína total. Por su parte, la de proteína B2 fue más alta en las gramíneas y el maíz molido que la semilla de algodón. Sin embargo, la concentración de la fracción B3 fue más alta en la semilla de algodón debido posiblemente a la presentación de este forraje (semilla entera). La fracción C en la gramínea utilizada y semilla algodón presentaron los mayores valores.

En la (Figura 1), se observa la disponibilidad de forraje y la presión de pastoreo, es de notar que al inicio del experimento los rendimientos estuvieron

**Table 2.** Chemical composition and in situ dry matter degradability

Forages	DM (%)	CP (%)	NDF (%)	ADF (%)	EE (%)	DMD (%)	Lig (%)	Ca %	P %	ME (Mcal/kgMS)
Cynodon nlemfluensis + Dichanthium aristatum	27.9	13.1	56.4	36.36	2.38	58.89	3.33	0.59	0.22	2.12
Cotton seed	89.7	26.6	63.53	44.89	18.6	55.76	19.9	0.27	0.76	2.2
Milled maize	97.9	15.7	19.55	7.71	2.74	91.9	1.46	0.43	0.23	2.9

DM: dry matter, CP: crude protein, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, EE: ethereal extract, DMD: degradability, Lig: Lignin, Ca: calcium, P: phosphorus, ME: metabolizable energy.

energy supply. On the other hand, corn milled in terms of metabolizable energy was in the order of 2.9 Mcal/kg, these results are due to its high degradability and low fiber level. The soluble protein concentration was similar between grass and cottonseed, and represented at least 25.8% of the total protein (Table 3), while the soluble protein of maize was 56% of the total protein. On the other hand, protein B2 was higher in grasses and ground corn than cottonseed. However, the concentration of fraction B3 was higher in the cotton seed, possibly due to the presentation of this forage (whole seed). The C fraction in the grass used and cotton seed had the highest values.

**Table 3.** Content of the different fractions of crude protein in forages

	Fractions			
	A + B1	B2	B3	C
Content of different fractions (% relative to total protein)				
C. nlemfuensis + D. Aristatum	27.32	14.4	26.07	32.21
Cotton seed	24.35	9.03	48.46	18.16
Ground corn	56.05	13.87	25.86	4.21
Content of the different fractions (% de DM )				
C. nlemfuensis + D. Aristatum	3.63	1.92	3.47	4.28
Cotton seed	6.48	2.4	12.89	4.83
Ground corn	8.74	2.16	4.03	0.66

A + B1: soluble nitrogen fraction of total degradation, B2: nitrogen fraction of medium degradation, B3: nitrogen fraction of slow degradation, C: fraction not degradable.

Figure 1 shows the availability of forage and grazing pressure. It is noteworthy that at the beginning of the experiment yields were in the order of 817 kg.MS.ha<sup>-1</sup> with a grazing pressure of 7.5 Kg DM/100 kg BW. However, between March and April decreased by 50 and 68%, respectively.

For the digestibility of DM, there were significant differences ( $p \leq 0.05$ ) between the treatments, being the digestibility of the DM of the diets of T3 higher than that of the treatments T0, T1 in 19.2 and 4.7%, respectively (Table 4). The animals of the T0 presented the lowest ( $p \leq 0.05$ ) intake in relation to the animals of the T1, T2 and T3 treatments, which were higher in 34.7, 49.6, and 63.2%, respectively.

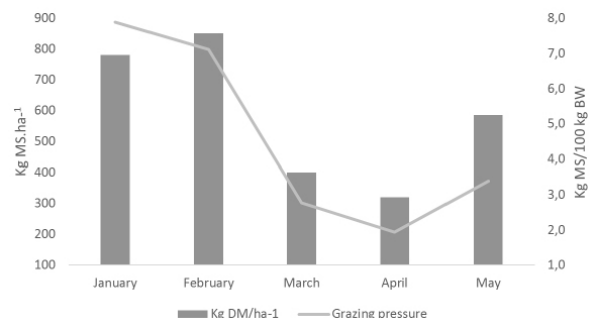
The intakes of PB and ME of the T1, T2 and T3 treatments were higher than the control animals by 28 and 20% respectively (Table 4). On the other hand, the IDMRBW according to body weight was on the order of 3.13% without significant differences ( $p > 0.05$ ) between treatments. However, for the IDMTMW the analysis detected differences ( $p \leq 0.05$ ) between the IDM of the

en el orden de los 817 kg.MS.ha<sup>-1</sup> con una presión de pastoreo de 7.5 kg MS/100 kg PV; sin embargo, entre los meses de marzo y abril disminuyeron en un 50% y 68%, respectivamente.

Para la digestibilidad de la MS se presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los tratamientos, siendo la digestibilidad de la MS de las dietas del T3 superior a la de los tratamientos T0, T1 en un 19.2 y 4.7%, respectivamente (Tabla 4). Los animales del T0 presentaron los menores ( $p \leq 0.05$ ) consumos con relación a los animales de los tratamientos T1, T2 y T3, los cuales resultaron ser superiores en un 34.7; 49.6 y 63.2% respectivamente.

Los consumos de PB y EM de los animales de los tratamientos T1, T2 y T3 fueron superiores a los consumos de los animales del tratamiento control en un 28 y 20%, respectivamente (Tabla 4). Por otro lado, el CMS de acuerdo al peso vivo estuvo en el orden del 3.13% sin diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Sin embargo, para el CMS en relación al peso metabólico ( $W^{0.75}$ ) el análisis detectó diferencias ( $p \leq 0.05$ ) entre el CMS de los animales del tratamiento control y el T3, siendo el consumo de los animales del tratamiento control menor en un 53%, con relación a los tratamientos T1 y T2 tuvieron consumos similares.

En la tabla 5, se observa que los animales que recibieron sólo pastoreo tuvieron un menor peso al sacrificio y ganancia individuales de peso, difiriendo a las ganancias de los animales que recibieron suplementación T1, T2 y T3, los cuales presentaron una respuesta significativa al recibir la suplementación energético-proteica. Las ganancias diarias de peso fueron significativamente superiores ( $p \leq 0.05$ ) en los animales suplementados. Los animales del tratamiento T1, T2 y T3 obtuvieron una ganancia diaria respectiva de un 57.9, 58.3 y 59.1% más que el tratamiento control. La condición corporal de los animales difirió entre tratamientos, siendo los animales del T1, T2 y T3 los que presentaron un índice corporal de (3), la cual fue mayor ( $p \leq 0.05$ ) a la obtenida por los animales del tratamiento control. Los animales presentaron un índice de conversión y eficiencia alimenticia promedio de 9.3 y 0.178 sin



**Figure 1.** Availability of forage and grazing pressure during the experimental period.



**Table 4.** Mean values for estimated intakes of dry matter, protein, energy, dry matter intake as percentage of body weight, dry matter intake as metabolic weight, daily weight gain of colombian hair sheep.

Variable	T0	T1	T2	T3	p	R <sup>2</sup>	CV	SE
DMD	47.68 <sup>c</sup>	56.23 <sup>b</sup>	58.62 <sup>ab</sup>	59.04 <sup>a</sup>	0.001	0.94	2.6	1.4
IDM kg/d <sup>-1</sup>	0.514 <sup>a</sup>	0.788 <sup>ab</sup>	1.02 <sup>ab</sup>	1.40 <sup>b</sup>	0.036	0.34	53.6	204.7
ICPS kg/d <sup>-1</sup>	.	50.84	55,77	60.71	-	-	-	-
ICPF kg/d <sup>-1</sup>	.	109.1	113,23	117.7	-	-	-	-
ICPT kg/d <sup>-1</sup>	0.121	0.160	0.169	0.178	-	-	-	-
IME Mcal/d <sup>-1</sup>	1.96	2.53	2.44	2.36	-	-	-	-
Relation CP:ME	61	64	69	75				
IDMRBW (%)	2.23 <sup>a</sup>	2.42 <sup>a</sup>	3.46 <sup>a</sup>	4.41 <sup>a</sup>	0.1415	0.23	18.9	0.25
IDMTMW (g)	48.87 <sup>a</sup>	57.7 <sup>ab</sup>	80.6 <sup>ab</sup>	104.7 <sup>b</sup>	0.037	0.42	55.6	40.6

Different letters in the rows differ statistically according to Tukey's test ( $p \leq 0.05$ ). DMD: digestibility of the dry matter, IDM: intake of dry matter, ICPS: intake crude protein supplement, ICPF: intake crude protein of the grass, ICPT: intake crude protein total, IME: intake metabolizable energy, CP/ME: ratio crude protein and metabolizable energy IDMRBW: intake of dry matter relative to body weight, IDMTMW: intake of dry matter in relation to the total metabolic weight, p: probability, R<sup>2</sup>: coefficient of determination, CV: coefficient of variation, SE: standard error.

control treatment and T4 animals, being the intake of the animals in the control treatment lower in a 53%. In relation to treatments T1 and T2 had similar intake. The animals had an average conversion index and feed efficiency of 9.3 and 0.178 without significant differences ( $p > 0.05$ ) between treatments respectively.

In Table 5, it was observed that the animals that received only grazing had a lower weight at the sacrifice and weight gain, differing from the gains of the animals that received T1, T2 and T3 supplementation, which were presented a significant response when receiving energy-protein supplementation. Daily weight gains were significantly higher ( $p \leq 0.05$ ) in supplemented animals. Treatment animals T1, T2 and T3 obtained a respective daily gain of 57.9, 58.3 and 59.1% more than the control treatment. The body condition of the animals differed between treatments, with T1, T2 and T3 animals presenting a body index of (3), which was higher ( $p \leq 0.05$ ) than that obtained by the control animals.

## DISCUSSION

**Chemical composition and intake of dry matter.** In general terms, the grasses used by farmers in the Caribbean region of Colombia show seasonal growth and exhibit intense vegetative development during the rainy season, which

presentarse diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos.

## DISCUSIÓN

**Composición química y consumo de materia seca.** En términos generales, las gramíneas utilizadas por los ganaderos de la región Caribe de Colombia presentan crecimiento estacional y exhiben un desarrollo vegetativo intenso en el período de lluvias, que disminuye durante el período de déficit hídrico. Dado que la calidad nutricional de una pastura en términos de PC, FDN, FDA y digestibilidad de la materia seca están en función de la edad, parte de la planta cosechada, época del año y estado nutricional del suelo, los valores hallados en este estudio están dentro del rango propuesto por Argel et al (21) para gramíneas tropicales. En este sentido, el consumo y el aporte de energía fueron satisfactorios para obtener una respuesta animal aceptable en las condiciones en qué se realizó el estudio. Se ha determinado que los rumiantes requieren de un mínimo de 7% de PC en la dieta, para que el consumo y la digestibilidad de la MS sean óptimos (22); con base en esto, los valores hallados están por encima del nivel mínimo citado.

La suplementación con las diferentes proporciones de semilla de algodón y maíz molido en la dieta de los ovinos influyó el CMS (Tabla 4). Los mayores consumos ( $p \leq 0.05$ ) fueron observados en los animales de los tratamientos T3, T2 y T1 con relación al tratamiento control. Estos resultados pueden deberse posiblemente a la mayor digestibilidad de la MS y menor concentración de FDN en la

**Table 5.** Mean values for initial weight, final weight, daily weight gain, body condition, feed conversion and feed efficiency of colombian hair sheep.

Variable	T0	T1	T2	T3	P	R <sup>2</sup>	CV	EEM
Initial weight	16.5 <sup>a</sup>	15.9 <sup>a</sup>	15.5 <sup>a</sup>	16.8 <sup>a</sup>	0.971	0.7	22.3	1.48
Final weight	23.3 <sup>b</sup>	32.03 <sup>a</sup>	31.78 <sup>a</sup>	32.65 <sup>a</sup>	0.006	0.8	12.7	3.83
DWG (g)	53.6 <sup>b</sup>	126.9 <sup>a</sup>	128.1 <sup>a</sup>	130.5 <sup>a</sup>	0.0004	0.8	21.2	23.2
Body condition	2.0 <sup>b</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	0.0001	0.98	.	.
FC	11.34 <sup>a</sup>	6.33 <sup>a</sup>	8.65 <sup>a</sup>	11.10 <sup>a</sup>	0.5775	0.31	59.25	9.35
FE	0.103 <sup>a</sup>	0.164 <sup>a</sup>	0.348 <sup>a</sup>	0.097 <sup>a</sup>	0.2925	0.17	140.1	0.10

Different letters in the rows differ statistically according to Tukey's test ( $p \leq 0.05$ ). DWG: daily gain of weight, FC: food conversion, FE: food efficiency, P: probability, R<sup>2</sup>: coefficient of determination, CV: coefficient of variation, EEM: standard error.

decreases during the period of water deficit. Since the nutritional quality of a pasture in terms of CP, NDF, ADF and dry matter digestibility are based on the age, part of the plant harvested, season of year and nutritional status of the soil, the values found in this study are within the range proposed by Argel et al (21) for tropical grasses. In this sense, intake and energy supply were satisfactory to obtain an acceptable animal response under the conditions which the study was performed. It has been determined that ruminants require a minimum of 7% CP in the diet, in order to intake and digestibility of DM be optimal (22); Based on this, the values found are above the minimum level quoted.

Supplementation with the different proportions of cottonseed and ground corn in the sheep diet influenced IDM table. The highest intakes ( $p \leq 0.05$ ) were observed in the T3, T2 and T1 treatments compared to the control treatment. These results may possibly be due to the higher digestibility of DM and lower concentration of NDF in the diet, being the DM rapidly degraded and probably favoring the rate of passage of the organic matter ingested table 1 and 4. Considering that the NDF represents the fraction of food that present slow and incomplete digestion and occupies gastrointestinal space in ruminants, a higher content of NDF means a lower IDM because of its slow degradation and low rate of rumen outflow (23-24). On the other hand, the increase of the digestibility of the DM can be explained by the non-fibrous carbohydrates of maize and cottonseed, which could promote a higher rate of digestion.

The mean DM intake observed in the T1, T2 and T3 treatment animals agrees to with that recommended by the NRC (25) for animals weighing 30 kg, which is 1.05 kg/d<sup>-1</sup>. The results IDM of this research are similar to those reported by Teixeira y Borges (26), who evaluated the effect of the cotton seed level on the intake and digestibility of *Brachiaria decumbens* hay fiber in sheep, finding no effect of the inclusion levels on this variable. Equally, Cunha et al (23), using cotton seed in the diet of Santa Ines sheep, they observed mean intakes of 1.195 kg animal/d<sup>-1</sup>, not detecting influence among the cotton seed inclusion levels used. However, these authors observed that IDM was inhibited when using higher inclusion levels (30 and 40%) due to the increase in dietary lipid content, which exceeded 6%. On the other hand, De Sousa (2) evaluating different inclusion rates (7, 14, 21 and 28%) of cottonseed in confinement sheep feed reported that IDM had a decreasing linear behavior as increase the cottonseed, obtaining mean values of 1.28; 1.37; 1.23 and 0.94 kg DM/d<sup>-1</sup>, results higher than those found in the present study. Likewise, Pérez (27) using 30% crude glycerin and cotton seed in sheep feed showed reduced intake and digestibility of dry matter.

dieta, siendo la MS rápidamente degradada y favoreciendo probablemente la tasa de pasaje de la materia orgánica ingerida (Tablas 1 y 4). Considerando que el FDN representa la fracción de los alimentos que presenta lenta e incompleta digestión y ocupa espacio gastrointestinal en los rumiantes un mayor contenido de FDN significa un menor CMS, debido a su lenta degradación y baja tasa de pesaje por el rumen (23-24). Por otra parte, el incremento de la digestibilidad de la MS puede ser explicado por los carbohidratos no fibrosos del maíz y de la semilla de algodón, los cuales pudieron promover una mayor tasa de digestión.

La ingestión promedio de MS observada en los animales de los tratamientos T1, T2 y T3 está acorde con la recomendada por el NRC (25) para animales con pesos de 30 kg que es de 1,05 kg/d. Los resultados encontrados de CMS en esta investigación son similares a los reportados por Teixeira y Borges (26) que valoraron el efecto del nivel de semilla de algodón sobre la ingesta y la digestibilidad de la fibra de heno de *Brachiaria decumbens* en ovinos, no encontrando efecto de los niveles de inclusión sobre esta variable. Igualmente, Cunha et al (23), al incluir semilla de algodón en la dieta de ovinos Santa Inés, observaron consumos medios de 1.195 kg animal/d, no detectando influencia entre los niveles de inclusión de semilla de algodón utilizados; sin embargo, estos autores observaron que el CMS se inhibió cuando utilizaron niveles de inclusión más altos (30 y 40%), debido al aumento en el contenido de lípidos de dieta, que superó el 6%. En cambio, De Sousa (2) evaluando diferentes porcentajes de inclusión (7,14,21 y 28%) de semilla de algodón en la alimentación de ovinos en confinamiento reportaron que el CMS tuvo un comportamiento lineal decreciente conforme se aumentó el aporte de semilla de algodón obteniendo valores medios de 1.28, 1.37, 1.23 y 0.94 kg/MS/d<sup>-1</sup>, resultados superiores a los encontrados en el presente estudio. De igual forma, Pérez (27) utilizando 30% glicerina bruta y semilla de algodón en la alimentación de ovinos manifestó reducción en el consumo y digestibilidad de la materia seca.

El consumo de PB de los animales de los tratamientos T1, T2 y T3 fueron similares con un valor medio de 0.169 kg/d<sup>-1</sup>, atendiendo la recomendación de NRC (25), de 0.167 – 0.191 kg/d<sup>-1</sup>, respectivamente para corderos de 20-30 kg de peso vivo (Tabla 4). Esta respuesta, probablemente, ocurre en virtud del mayor aporte de la PB que tuvieron las dietas y al aumento en el CMS/d<sup>-1</sup> de los animales de estos tratamientos, mejorando así el desarrollo de la microflora ruminal y el proceso de fermentación. Estos resultados corroboran a los obtenidos por Cunha et al (23) y Piona et al (24), quienes encontraron un consumo de PB medio de 0.185 y 0.169 kg/d<sup>-1</sup> respectivamente en ovinos Santa Inés suplementados con diferentes porcentajes de inclusión de semilla de algodón.

Considerando que en las dietas de los tratamientos T1, T2 y T3 no hubo limitaciones en el aporte de

The CP intake of the animals of the T1, T2 and T3 treatments were similar with an average value of 0.169 kg/d<sup>-1</sup>, following the recommendation of the NRC (25), from 0.167-0.191 kg/d<sup>-1</sup>, for lamb of 20-30 kg body weight (Table 4). This response probably occurs due to the greater contribution of CP of the diets and the increase in IDM/d of the animals of these treatments, thus improving the development of ruminal microflora and the fermentation process. These results corroborate those obtained by Cunha et al (23) and Piona et al (24) who observed CP intake of 0.185 and 0.169 kg/d<sup>-1</sup>, respectively, in Santa Inés sheep supplemented with different percentages of inclusion of cottonseed.

Considering that in the diets of T1, T2 and T3 treatments there were no limitations in the protein and energy intake, it can be inferred that they generated a greater microbial synthesis in the rumen, favoring the production of microbial origin protein and the performance of the animals (Table 4). The microbial protein is the main source of metabolizable protein for ruminants, since it offers 50 to 90% of the metabolizable protein NRC (25) and is considered of high biological value. In this way, the reduction in their synthesis in the rumen can profoundly affect the performance of the animals.

The estimated ME intake was lower in animal of the control treatment, because it came mainly from the grasses used. To the respect Piona et al (24), stated that energy becomes the main limiting factor in tropical conditions, and thus, once it comes from the NDF of grasses, energy availability will occur slowly, which limits the rate of growth of the microorganisms in the rumen, factors that could have caused the low performance of the animals of the control treatment. The DM intake of the animals that received cotton seed and milled maize are within the values recommended by NRC (25) for growing animals, with gains of moderate weights. However, they are lower than those reported by Cunha et al (23) who obtained mean intakes of ME of 2.56, 2.69 and 2.84 Mcal/d<sup>-1</sup> for 20, 30 and 40% inclusion of cotton seed, respectively, without this affecting the intake of ME. The advantage of using lipids in the diet is due to the increase in the caloric density of the diet, due to its high-energy value. These results, together with other studies, show that it is possible to meet the energy requirements with the use of some available fodder or byproducts of agroindustry.

**Productive performance.** The productive performance of the animals is determined by the combination of multiple factors, such as the availability and nutritional quality of the dry matter, the level of consumption and the genetic potential of the animals. In this context, the DWG were higher ( $p \leq 0.05$ ) in the animals that received supplementation (Tabla 5). These results indicate that the DWG was related to the intake, the level

proteína y energía, se puede inferir que estas generaron una mayor síntesis microbiana en el rumen favoreciendo la producción de proteína de origen microbiano y el desempeño de los animales (Tabla 4). La proteína microbiana es la principal fuente de proteína metabolizable para los rumiantes, una vez que ella ofrece del 50 a 90% de la proteína metabolizable NRC (25) y es considerada de elevado valor biológico. De esta forma, la reducción en su síntesis en el rumen puede afectar profundamente el desempeño de los animales.

El consumo de EM estimado fue menor en los animales del tratamiento T0, debido a que esta provino principalmente de las gramíneas utilizadas. Al respecto Piona et al (24) manifiesta que la energía pasa a hacer el principal factor limitante en condiciones tropicales, y de esta forma, una vez que ella proviene del FDN de las gramíneas, la disponibilidad de energía ocurrirá de forma lenta lo cual limita la tasa de crecimiento de los microorganismos en el rumen, factores que pudieron haber ocasionado el bajo desempeño de los animales del tratamiento control. El consumo de EM de los animales que recibieron semilla de algodón y maíz molido están dentro de los valores recomendados por la NRC (25) para animales en crecimiento, con ganancias de pesos moderadas. Sin embargo, son inferiores a los reportados por Cunha et al (23), los cuales obtuvieron consumos medios de EM de 2.56; 2.69 y 2.84 Mcal/d<sup>-1</sup> para 20%, 30% y 40% de inclusión de semilla de algodón, respectivamente, sin que esta afectara el consumo de EM. La ventaja de utilizar lípidos en la dieta se debe al incremento de la densidad calórica de la dieta, en razón a su elevado valor energético. Estos resultados, junto con el de otros estudios demuestran que es posible atender las exigencias energéticas con el uso de algunos forrajes disponibles o subproductos de la agroindustria.

**Desempeño animal.** El desempeño productivo de los animales está determinado por la combinación de múltiples factores dentro lo que se destacan la disponibilidad y la calidad nutricional de la materia seca, el nivel de consumo y el potencial genético de los animales. En este contexto, las GDP fueron superiores ( $p \leq 0.05$ ), en los animales que recibieron suplementación (Tabla 5). Estos resultados indican que la GDP estuvo relacionada con el consumo, el nivel de proteína y energía aportada en las dietas, por lo tanto, se puede inferir que hubo un efecto aditivo con estímulo del CMS al utilizar la combinación semilla de algodón y maíz molido, al mejorarse tal vez la relación proteína/energía en el rumen mejorando así la síntesis de microorganismos ruminales. Las GDP obtenidas en este estudio son inferiores a las reportadas por Piona et al (24), quienes evaluaron diferentes niveles de semilla de algodón en la dieta de corderos confinados obteniendo GDP de 0.229, 0.189 y 0.144 kg/d<sup>-1</sup> para 10, 20 y 30%, respectivamente. Por otra parte, Parragas (28) quien evaluó la semilla de algodón como

of protein and energy contributed in the diets, therefore, it is possible to infer that there was an additive effect with IDM stimulation when using the combination of cotton seed and ground corn, perhaps improving the protein/energy ratio in the rumen, thus improving the synthesis of ruminal microorganisms. The GDP obtained in this study are lower than those reported by Piona et al (24), who evaluated different levels of cottonseed in the diet of confined lambs obtaining GDP of 0.229, 0.189 and 0.144 kg d<sup>-1</sup> for 10, 20 and 30%, respectively. On the other hand, Parragas (28) who evaluated the cotton seed as a supplement in the diet of Romney Marsh, Hampshire, Corriedale, Merino, Mora and Black Face races in Cundinamarca-Colombia reported GDP of 0.084 and 0.067 kg d<sup>-1</sup> for the evaluated diets, lower than those found in the present study.

According to the results presented in table 5, there were no differences ( $p > 0.05$ ) for FC and FE. However, in T1, T2 and T3 treatments, a trend can be observed in the feed conversion index. Two aspects observed in this study can be considered for the explanation of these results: one can be related to the IDM and the other to the nutritional characteristics of diets. Although there was no significant effect at the ( $p > 0.05$ ) level, a better FC and FE were observed in the T1 and T2 treatments, because the diets that received these animals had the lowest NDF and EE in relation to the diets of the treatments T0 and T3 (table 1). In this context, the amount of cottonseed supplied in the diets represented 7.5, 14.3 and 20.9% of total DM intake for the T1, T2 and T3 treatments, respectively, which can be said that the percentage of inclusion of cottonseed should be less than 20% in the IDM since with this percentage of inclusion was observed increases in the FC and reduction in the FE. These results can be explained by the increase in the lipid content of the diets, which in the case of T3 treatment exceeded 6%, influencing possibly the digestibility of the DM. Teixeira y Borge (26), show that the negative effects of lipids are accentuated from 6-7% of EE in the ruminant diet, due to the fact that mainly unsaturated lipids are bound to particles of the fiber acting as a barrier, which limits the adherence and digestive activity of the ruminal microbiota in the rumen.

The results obtained in this study demonstrate that the energy and protein intake from the supplement is used more efficiently for weight gain, resulting possibly in a higher production of volatile fatty acids and microbial protein. Likewise, the results obtained from this study are similar to those presented by Cunha et al (23), who obtained FC of 6.7; 7.62 and 6.9 when evaluating performance and apparent digestibility in confined sheep fed with different percentages of cotton seed inclusion (20%, 30% and 40%). However, they contrast with those reported by De Sousa (2), who evaluated the inclusion of whole cotton seed in the diet of Santa Inés sheep, obtaining FC of 3.7; 3.4; 3.6 and 4.3.

suplemento en la dieta de ovinos de las razas Romney Marsh, Hampshire, Corriedale, Merino, Mora y Black Face, en Cundinamarca-Colombia, reportó GDP de 0.084 y 0.067 kg/d<sup>-1</sup> para las dietas evaluadas, inferiores a las encontradas en el presente estudio.

De acuerdo con los resultados presentados tabla 5, no hubo diferencias ( $p > 0.05$ ) para la CA y EA. Sin embargo, en los tratamientos T1, T2 y T3 se puede observar tendencia en el índice de conversión de alimento, dos aspectos observados en este estudio pueden considerarse para la explicación de estos resultados: uno puede estar relacionado con el CMS y el otro a las características nutricionales de las dietas. A pesar que no hubo efecto significativo, la mejor CA y EA se observaron en los animales de los tratamientos T1 y T2, debido a que las dietas que recibieron estos animales presentaron las menores fracciones de FDN y EE con relación a las dietas de los tratamientos T0 y T3 (Tabla 1). En este sentido, la cantidad de semilla de algodón suministrada en las dietas representó el 7.5%, 14.3% y 20.9% del consumo total de MS para los animales de los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente, con lo cual se puede afirmar que el porcentaje de inclusión de la semilla de algodón (principal fuente de EE en las dietas) debe ser inferior al 20% en el CMS dado a que con este porcentaje de inclusión se observó aumentos en la CA y reducción en la EA. Estos resultados pueden ser explicados por el aumento en el contenido de lípidos de las dietas, que en el caso del tratamiento T3 sobrepasó el 6% afectando posiblemente la digestibilidad de la MS. Al respecto Teixeira y Borge (26), manifiestan que los efectos negativos de los lípidos se acentúan a partir del 6-7% de EE en la dieta de rumiantes esto debido a que los lípidos principalmente los insaturados se fijan a las partículas de la fibra actuando como barrera, lo que limita la adherencia y la actividad digestiva de la microbiota ruminal en el rumen.

Los resultados alcanzados en este estudio demuestran que el aporte de energía y proteína a partir del suplemento es utilizado con mayor eficiencia para las ganancias de peso al generarse posiblemente una mayor producción de ácidos grasos volátiles y proteína microbiana. Así mismo, los resultados obtenidos de este estudio son similares a los expuestos por Cunha et al (23), quienes obtuvieron CA de 6.7, 7.62 y 6.9 cuando evaluaron el desempeño y digestibilidad aparente en ovinos confinados alimentados con diferentes porcentajes de inclusión de semilla de algodón (20%, 30% y 40%). Sin embargo, contrastan con los reportados por De Sousa (2), quien evaluó la inclusión de semilla entera de algodón en la dieta de ovinos Santa Inés obteniendo CA de 3.7, 3.4, 3.6 y 4.3, respectivamente. Así mismo, estos resultados difieren de los manifestados por Viana (29), quien evaluó la inclusión de semilla entera de algodón, harina de algodón y torta de algodón en la dieta de ovinos Santa Inés obteniendo CA de 6.3, 5.6 y 5.4, respectivamente. Las diferencias entre estudios pueden ser atribuidas posiblemente a las



Likewise, these results differ from those reported by Viana (29), who evaluated the inclusion of whole cotton seed, cotton seed meal and cotton cake in the Santa Inés sheep diet, obtaining FC of 6.3, 5.6 and 5.4. Differences between studies may possibly be attributed to the food sources and inclusion level used as well as to the animal biotype and feeding system.

Although there was no difference in the DWG among the treatments that received supplementation, the T3 was characterized as having the highest animal response and was the most economical when using US \$ 10.4 in the purchase of the supplement during the period, unlike of T1 and T2 which incurred an expense in the supplementation of US \$ 13.1 and 11.6, respectively. The viability of T3 is then due to a lower cost, generated by a higher level of inclusion of cottonseed.

According to the results found, T3 generated a higher CMS of the sheep under grazing conditions and improved the productive performance of the animals, being reflected in better daily gains of pesos, although these did not differ among the treatments that received supplementation. On the other hand, when considering the costs of supplementation, T3 was the most economical.

### Acknowledgements

To the University of Córdoba for the funding of the research project (code 11901) and the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science. To the Administrative Department of Science, Technology and Innovation COLCIENCIAS and to the royalties fund of the department of Sucre for the scholarship granted to the first author.

fuentes de alimento y nivel de inclusión utilizada como también al biotipo animal y sistema de alimentación.

A pesar de que no hubo diferencia en las GDP entre los tratamientos que recibieron suplementación, el T3 se caracterizó por presentar la mayor respuesta animal y resultó ser el más económico al emplear US\$10.4 en la compra del suplemento durante el periodo, a diferencia del T1 y T2 los cuales incurrieron en un gasto en la suplementación de US\$13.1 y 11.6, respectivamente. La viabilidad del T3 se debe entonces a un menor costo, generado por un mayor nivel de inclusión de la semilla de algodón.

De acuerdo con los resultados hallados el T3 generó un mayor CMS de los ovinos en condiciones de pastoreo y mejoró el desempeño productivo de los animales viéndose reflejado en mejores ganancias diarias de pesos, a pesar de que estas no difirieron entre los tratamientos que recibieron suplementación. Por otro lado, al considerar los costos de la suplementación el T3 resultó ser el más económico.

### Agradecimientos

A la Universidad de Córdoba por la financiación del proyecto de investigación (Código 11901) y a la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS y al fondo de regalías del departamento de Sucre por la beca otorgada al primer autor.

## REFERENCIAS

1. IGAC. Los pastos es la cobertura que reina en los suelos de la región Caribe. Instituto Geográfico Agustín Codazzi [en línea] 2014 [Acceso 12 de mayo de 2016]; URL disponible en: <http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/62ca688043f0613981d29953ee6a44a5/Los+pastos+es+la+cobertura+que+reina+en+los+suelos+de+la+región+Caribe.pdf?MOD=AJPERES>.
2. De Sousa AR. Carvão de algodão moído na alimentação de cordeiros (as) em confinamento. [Tese Mestrado]. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 2014.
3. Mejía J. Consumo voluntario de forrajes por rumiantes en pastoreo. Acta Universitaria 2002; 12 (3): 56-63.
4. Holdridge R. Ecología basada en zonas de vida. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Capítulo 2. El diagrama de las zonas de vida. 1978; 13-28.
5. Tedeschi LO, Cannas A, Fox DG. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. Small Ruminant Research. 2010; 89:174-184.
6. Franco LH, Calero D, Durán CV. Manejo y utilización de forrajes tropicales multipropósito. CIAT-Universidad Nacional de Colombia; Palmira, Colombia, 2006.

7. INCONTEC. NTC 6888. Alimentos para animales. determinación del contenido de humedad y materia volátil. Bogota, DC. 2000.
8. Horwitz W, Latimer JrGW. Official methods of analysis of AOAC International. 17th edition. AOAC INTERNATIONAL: USA; 2002.
9. Licitra G, Hernández, TM, Van Soest, PJ. Standardizations of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim Feed Sci Tech* 1996; 57 (4): 347-358.
10. Orskov ER, Howell FD, Mould F. The use of nylon bag technique for the evaluation of feedstuff. *Trop Anim Prod* 1980; 15(3):195-213.
11. AOAC. Official Methods of Analysis (18th) Association of Official Analytical Chemists. Arlinton (VA), Washington DC: AOAC; 2006.
12. INCONTEC. NTC 5349. Calidad de suelo. determinación de las bases intercambiables: los cationes calcio, magnesio, sodio y potasio. Método de extracción con acetato amonio 1 n y pH 7. Bogotá DC. 2008.
13. INCONTEC. NTC 5350. Calidad de suelo. Determinación de Fósforo suelo disponible. Bogotá DC. 2005.
14. Ferreira MA, Valadares FSC. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. *R Bras Zootec* 2009; 38(8):1568-1573.
15. EPA. Method 3051A, Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soil and oils. Estados Unidos, 2007.
16. Correa CHJ. Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación alimenticia en vacas lactantes de sistemas especializados sobre su metabolismo energético y proteico y el contenido de proteína en la leche. [Tesis de Doctorado]. Universidad Nacional De Colombia Sede Bogotá Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá D.C; 2011.
17. Ramírez-Pérez AH, Buntinx SE, Tapia-Rodríguez C, Rosiles R. Effect of breed and age on the voluntary intake and the micromineral status of non-pregnant sheep. 1. Estimation of voluntary intake. *Small Ruminant Res.* 2000; 37 (3): 223 - 229.
18. Duarte VHJ. 2011. Comparación de los marcadores internos: fibra en detergente neutro (FDNi) y ácido (FDAi) indigestibles y colecta total de heces para estimar la digestibilidad en ovinos de pelo. *Rev Colombiana Cienc Anim.* 2011; 4(1):53-60.
19. Felice, M. Condición corporal de ovinos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Centro Regional Patagonia Norte. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Bariloche, Argentina, 2011.
20. SAS/STAT: [programa de ordenador]. Versión 9.1.3 Cary (NC): SAS Institute Incorporation; 2007.
21. Argel P, Miles J, Guiot J, Cuadrado H, Lascano C. Cultivar Mulato II (*Brachiaria* Híbrido CIAT 36087). Gramínea de alta capacidad y producción forrajera, resistente al salivazo y adaptada a los suelos tropicales ácidos bien drenados. Centro Internacional de agricultura tropical (CIAT). Cali, 2007.
22. García HM, Sánchez C, Marín C. Suplementación con cama de pollo a vacas lactantes durante la época lluviosa. *Zootecnia Trop* 2006; 24(1):31-42.
23. Cunha MGG, Carvalho FRR, Vêras ASVC, Batista AMV. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. *Viçosa. R Bras Zootec* 2008; 37(6):1103-1111.
24. Piona MNM, Cabral LS, Zervoudakis JT, Abreu JG, Galati RL, Caetano GGG, Silva AR. Níveis de Caroço de algodão na dieta de cordeiros confinados. *Rev Bras Saúde Prod Anim, Salvador* 2012; 13(1):110-122.
25. NRC. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids. National Academic Press. Washington, 2007.
26. Teixeira DB, Borges I. Efeito do nível de caroço de algodão sobre o consumo e digestibilidade da fração fibrosa do feno de braquiária em ovinos (*Brachiaria decumbes*) em ovinos. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2005; 57(2): 229-233.
27. Perez LH. Milho, amido ou caroço de algodão associados a glicerina bruta em dietas para ovinos. [Tese Doutorado]. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal; 2015.
28. Parragas CAC. Evaluación de la semilla de algodón como suplemento en la dieta en ovinos de engorde. [Tesis de Maestría]. Universidad de la Salle, Facultad de Medicina Veterinaria, Bogotá D.C; 2008.
29. Viana GP. Desempenho e avaliação da carcaças de ovinos Santa Inês suplementados com caroço de algodão e seus co-produtos. [Tese Mestrado em Ciências Animais]. Universidade de Brasília, Brasília; 2011.