**RELACIÓN BENEFICIO:COSTO DE LA ADICIÓN DE *Tithonia diversifolia* Hemsl. A.Gray, EN DIETAS DE VACAS HOLSTEIN**

**PRODUCCIÓN, CALIDAD DE LECHE Y COSTO-BENEFICIO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE VACAS HOLSTEIN CON *Tithonia diversifolia*[[1]](#footnote-1).**

Luis Alberto Gallego-Castro[[2]](#footnote-2), Liliana Mahecha-Ledesma2, Joaquín Angulo-Arizala2

**RESUMEN**

**Relación beneficio:costo de la adición de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A.Gray, en dietas de vacas holstein Producción, calidad de leche y costo-beneficio de la suplementación de vacas holstein con *Tithonia diversifolia*.** El objetivo de este trabajo fue analizar la producción, calidad de leche y relación beneficio:costo de la adición inclusión de tres niveles (0%, 15% y 25%) de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray., en el suplemento de vacas holstein. Se incluyeron tres niveles de harina de *Tithonia diversifolia*: 0%, 15% y 25% en el suplemento alimenticio y se evaluó su efecto sobre consumo de materia seca (CMS), leche corregida por grasa al 4% (LCG), calidad de leche e impacto sobre la relación beneficio:costo eEn una sistema de producción bovina de lechería de trópico alto, se utilizaron nueve vacas (70 a 120 días en leche y dos a cinco partos) distribuidas aleatoriamente en tres grupos, que pastoreaban praderas de kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), .El trabajo se desarrolló en la hacienda La Montaña, San Pedro de los Milagros (Antioquia-Colombia) a 2350 msnm, durante marzo de 2015. A los 56 días se cosechó botón de oro de un banco forrajero ubicado a 2456 msnm, se secó artesanalmente en marquesinas durante diez días aproximadamente, fue molido y almacenado para su utilización. Se la formulación prepararon de suplementos isoenergéticos (1,8 Mcal ENL/kg) e isoproteicos (1,8 Mcal ENL/kg y 14% PC), uno para cada tratamiento (C0, C15 y C25). Se utilizaron tres grupos de vacas holstein (70 a 120 días en leche y dos a cinco partos), que pastoreaban praderas de kikuyo (*Cenchrus clandestinus*). Se determinó consumo de materia seca (CMS), producción de leche (leche corregida 4% grasa y composición referente a proteína, grasa, lactosa, sólidos totales, nitrógeno ureico –MUN-), número de células somáticas (RCS), relación leche producida:suplemento y relación beneficio:costo. Los resultados mostraron Fueron altamente significativas las diferencias significativas para la relación beneficio:costo cuando se incluyó 25% de harina de *T. diversifolia* hasta un 25% en la preparación de en el suplementos alimenticios para lactosa, RCS, relación leche producida:suplemento consumido y relación beneficio:costo, contrario a lo ocurrido con CMS, leche corregida al 4% de grasa, proteína, grasa y sólidos totales que no difieren. vacas lecheras. No se encontraron diferencias significativas en LCG (21,99 kg, 22,45 kg y 21,89 kg para C0, C15 y C25, respectivamente), tampoco hubo diferencias para CMS, grasa y proteína; se presentaron diferencias significativas para lactosa, recuento de células somáticas, nitrógeno ureico en leche y en la relación entre leche producida y suplemento consumido. Se concluye que la inclusión hasta 25% de *T. diversifolia* en un suplemento alimenticio para vacas lecheras en pastoreo mejora calidad de leche referente a concentración de lactosa, eficiencia en la utilización del suplemento y relación beneficio:costo y disminuye RCS.

**Palabras clave:** forrajeras arbustivas, calidad de leche, harina de botón de oro materias primas, relación suplemento:leche producida.

**ABSTRACT**

**Milk production, quality and cCost:benefit ratio of the addition of *Tithonia diversifolia* Hemsl. A.Gray, in diets of Holstein cows.** The aim of this study was to analyze the milk production, quality and cost:benefit ratio the addition of three levels (0%, 15% and 25%) flour of *Tithonia diversifolia* Hemsl. A.Gray in the supplement of Holstein cows. Were included three levels of *T. diversifolia* flour, 0%, 15% and 25% in the supplements, and was evaluated his effect on dry matter intake (DMI), milk production corrected to 4% fat (FCM), quality, and cost:benefit ratio, In a bovine milk production system in a high tropic were used nine cows (70 to 120 milk days and parity two to five). They were randomly assigned in three groups, which grazed on Kikuyo grass (*Cenchrus clandestinus*) dairy production system. This work was carried out in La Montaña farm, located in municipality of San Pedro de Los Milagros (Antioquia-Colombia), located at 2350 meters above sea level. This study was carried out ,during March 2015. At 56 days, botón de oro (Mexican sunflower) from of a fodder bank located at 2456 meters was harvested,; it was dried using marquees traditionally methods, was ground and stored to prepare for use. Supplements isoenergetics (1.8 Mcal NEL/kg) and isoproteics (1.8 Mcal NEL/kg and 14% CP) supplements were prepared, one for each (C0, C15 y C25). Three groups of Holstein cows were used (with 70-120 days in milk and parity two to five), which grazed on Kikuyo grass (*Cenchrus clandestinus*). It was evaluated its effect on dry matter intake (DMI), corrected milk production (4% fat, FCM), milk composition (protein, fat, lactose, total solids, milk urea nitrogen –MUN-), somatic cell count (SCC), produced milk: supplement intake and cost:benefit ratio. There were highly results showed significant differences to for the benefit:cost ratio, when was including inclusion of 25% of *T. diversifolia* flour until 25% in the preparation of food supplements for benefit:cost ratio, lactose, MUN, SCC and produced milk:supplement intake ratio, contrary to what happended with DMI, protein, fat and total solids that not differ dairy cows. It is concluded that the addition until 25% of *T. diversifolia* in the supplement for grazing dairy cows improved the milk quality in reference to lactose concentration, efficiency in the use of the supplement, cost:benefit ratio and the decrease of SCC. No significant differences were found for FCM (21,99 kg, 22,45 kg and 21,89 kg for C0, C15 and C25, respectively), neither were found significant differences for DMI, fat and protein milk; were found significant differences for lactose, somatic cell count, milk urea nitrogen and in the milk:supplement intake ratio.

**Key words:** forage shrubs, quality milk, Mexican Sunflower flour, produced milk:supplement intake ratio raw materials.

**INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de producción de leche con razas *bos taurus* especializadaos en Colombia, se desarrollan básicamente bajo condiciones de trópico de altura (1800 a 3000 msnm) y precipitaciones entre 1600 a 2200 mm (Morales et al., 2013), donde las pasturas generalmente presentan altos contenidos de humedad (86% a 88%) y baja calidad nutricional (Boschini y Pineda, 2016). Los productores suministran una importante cantidad de suplementos que ayuden a mejorar la oferta alimenticia para sus a los animales, cada vez que la con una base forrajera tradicionalmente sustentada básicamente en monocultivos de kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), con déficit de no entrega todos los nutrientes y que particularmente no satisfacen los requerimientos de los animales energéticos (Correa et al., 2012; Morales et al., 2013).

Es necesario que la oferta de suplementos para estos sistemas ganaderos se diversifique, con la intención de mejorar el balance de nutrientes ofertados, a la vez que se puedan promover otras condiciones como la esperar mejoras en la calidad del los productos obtenidos, y la disminución del impacto sobre en los costos de producción y posiblemente sobre el medio los impactos sobre el medio ambiente (Bayati et al., 2013).

El manejo de la alimentación requiere de una utilización más efecientetiva de los recursos disponibles (Mahecha et al., 2002), que permitan obtener un buen mejorar el balance nutricional de los animales. En la aActualidadmente la composición de los suplementos alimenticios está basada en materias primas como el maíz, subproductos de la soya o y de la transformación e industrialización de algunos cereales, suplementos que en su generalidad materiales que en muchos casos no logran permiten que se alcancen todos los resultados esperados desde en lo productivo, lo económico ni y en la salud de los animales.

La inclusión de materiales alternativos que promuevan una mejor estabilidad de la actividad fermentativa ruminal, puede hacer que se alcance lograr una mayor eficiencia en la utilización de los alimentos, lo que seguramente podrá repercutir de manera positiva sobre e influir en los resultados productivos de los sistemas de producción bovina de leche bovina (Correa et al., 2012 ).

Actualmente se han estudiado diferentes propuestas para diversificar la alimentación de los vacunos en estos sistemas de producción, los cuales entre las que promueven la inclusión de materias primas alternativas como el uso de subproductos agroindustriales o la implementación de bancos forrajeros, entre esta última alternativa propuesta que se destaca de manera particular el botón de oro (Mahecha et al., 2007). Esta especie forrajera puede constituir una buena alternativa en la alimentación de ganado bovino de alta producción lechera en condiciones de trópico alto, bien sea mediante sistemas de corte y acarreo o de procesamiento, que permita la obtención de harinas que se empleen en la formulación preparación de los suplementos alimenticios.

La *Tithonia diversifolia* (Hemsl A. Gray), planta de la familia Asteraceae, conocida como botón de oro, falso girasol, mirasol, margaritón, entre otros, y originaria de América Central ha sido introducida en el trópico en casi todo el mundo (Maina et al., 2012). Esta especie tiene muchas cualidades como alta producción de biomasa, que llega a las 19 ton/ha/MS al año (Gallego et al., 2015), plasticidad ecológica, recuperación de suelos degradados, resistencia a plagas y enfermedades, usos en alimentación de diferentes especies animales, lo que la permiten clasificarla como planta forrajera de un alto potencial para la producción animal, especie que presenta innumerables cualidades. Se ha indicado su fácil adaptación a diversas condiciones de suelos y resistencia al corte frecuente (Nieves et al., 2011).

La calidad nutricional de botón de oro puede variar en función de la edad de cosecha. Se señala que alrededor de ocho semanas es un buen momento para realizar la cosecha del forraje,. Llas prácticas culturales realizadas, las condiciones del suelo donde se cultive y el efecto de las temporadas secas o lluviosas a lo largo del año tendrán influencia sobre su calidad nutricional (Lugo et al., 2012), alcanzando niveles de proteína de un 25,4% y 25,2% de FDN (Rivera et al., 2015), valores que sin embargo pueden ser muy variables de acuerdo con lo antes mencionado.

*T. diversifolia* ha sido reconocida por su contenido proteico y aunque este puede presentar importantes variaciones, una importante fracción es proteína verdadera; el botón de oro contiene 48,37% de aminoácidos esenciales en relación a la proteína total (Macías y Martínez 1997), presenta además un buen contenido de carbohidratos solubles (Medina et al., 2009), niveles de fósforo (0,36%) y calcio (3,17%) superiores a los encontrados en muchos otros forrajes (Medina et al., 2009) y su nivel de taninos no es tan alto como para llegar a influenciar de manera negativa el aprovechamiento de los nutrientes de la planta por parte del ganado bovino (Gualberto et al., 2010).

El botón de oro ha sido utilizado por productores, principalmente en sistemas de pastoreo directo o para corte y acarreo. Cuando se evaluó el efecto de la inclusión del forraje fresco de *T. diversifolia* como reemplazo parcial del alimento concentrado en vacas cruzadas holstein por cebú, no se encontraron diferencias en la producción (12,41 kg/día) y la calidad de la leche (3,67% de grasa y 3.32% de proteína) y se recomienda su uso como opción estratégica para la producción bovina (Mahecha et al*.,* 2007). La utilización de esta especie forrajera como harina en la preparación de suplementos alimenticios para vacas de alta producción no está descrita en la literatura y no se conocen reportes que den cuenta de resultados de esta práctica.

*T. diversifolia*, puede llegar a convertirse en una materia prima importante para la elaboración de suplementos balanceados;, los suplementos comerciales cuales son muy utilizados en las ganaderías de alta producción lechera, con altos y disminuyen costos de para la producción ganadera, dado que los cereales como el maíz y los subproductos de oleaginosas como la torta de soya, presentan cada vez precios de mercado más elevados. Por lo tanto, el uso del botón de oro puede llegar a realizar aportes importantes para mejorar la competitividad y sostenibilidad de los sistemas especializados en la producción lechera en las zonas de trópico alto colombiano.

*T. diversifolia* constituye en una verdadera alternativa para mejorar las condiciones de manejo en los sistemas de lechería (Naranjo y Cuartas 2011; Galindo et al., 2011; La O et al., 2012), apreciación que aplica de manera especial para el trópico alto en Colombia, donde puede optimizar la producción de leche y su calidad; sin embargo, el uso de esta forrajera requiere que sea evaluado científicamente.

Este estudio pretende mostrar el efecto de la inclusión del botón de oro como materia prima en la elaboración de suplementos balanceados destinados a la alimentación de ganado lechero especializado en condiciones de pastoreo con kikuyo. El objetivo de este trabajo fue analizar producción, calidad de leche y la relación beneficio:costo de la adición inclusión de tres niveles (0%, 15% y 25%) de *T. diversifolia* Hemsl. A Gray. en el suplemento de vacas holstein.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

El proyecto contó con el aval del Comité de Ética para la Experimentación Animal de la Universidad de Antioquia, mediante acta No 83 de mayo de 2013.

La fase de experimentación desarrollada durante marzo de 2015, analizó el efecto de la inclusión de botón de oro en el suplemento alimenticio sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras, proceso que se llevó a cabo en la hacienda La Montaña, propiedad de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia. La hacienda se encuentra ubicada en el municipio de San Pedro de los Milagros (norte del departamento de Antioquia), a 2350 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 14°C, una humedad relativa del 72% y una precipitación promedio anual de 1575 mm, lo que la clasifica en la zona de vida de bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB).

Para la obtención de la harina de botón de oro se mantuvo el cultivo bajo condiciones de trópico alto, en la finca Santa Martha localizada en el municipio de Guarne (Antioquia-Colombia) a 2453 msnm; este no recibió ningún tratamiento de fertilización durante el periodo de crecimiento y se realizaron labores de desmalezado manual; se realizó corte de uniformización a 30 cm de altura. Después de 56 días de rebrote, en el mes de enero de 2015, se cosecharon plantas completas de botón de oro (hojas y tallos) que fueron secadas en marquesinas durante diez días aproximadamente; este material se molió y empacó para su posterior uso en la elaboración de los suplementos alimenticos.

La harina de botón de oro se incluyó en niveles de 15% y 25% y sustituyó parcialmente otros ingredientes de uso tradicional en la finca, de manera que se obtuvieron formulaciones isoprotéicas e isoenergéticas, de acuerdo con las características del suplemento utilizado en la hacienda cotidianamente para el lote de vacas de alta producción, donde se estimóa una composición de 1,8 Mcal/kg ENL y 14% PC;. Las materias primas empleadas en la formulación de los suplementos se presentan en el Cuadro 1. y la composición nutricional de las tres dietas evaluadas, del pasto kikuyo y de la harina de botón de oro, definida mediante análisis bromatológico se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 1.** Ingredientes utilizados en la preparación de los suplementos concentrados: de uso tradicional en la finca (C0) y con 15% (C15) y con 25% (C25) de harina de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), cosechado en el municipio de Guarne, Antioquia, Colombia. 2015.

**Table 1.** Ingredients used in the formulation of concentrate supplements: used traditionally in farm (C0), with 15% (C15) and with 25% (C25) of Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) flour, harvested in the municipality of Guarne, Antioquia, Colombia. 2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Materia Prima** | **C0\*** | **C15** | **C25** |
| Botón de oro | 0,00 | 15,00 | 25,00 |
| Maíz amarillo | 38,82 | 40,00 | 40,00 |
| DDGS Golden (maíz) | 18,00 | 5,00 | 10,18 |
| Maíz extruido | 15,00 | 14,41 | 0,00 |
| Salvado de trigo | 12,95 | 5,00 | 10,77 |
| Melaza | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Semilla de algodón | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| Harina de pescado | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Torta de soya 47 | 1,37 | 6,57 | 0,00 |
| Carbonato de calcio | 1,36 | 1,52 | 1,54 |
| Sal de mar | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Premezcla | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Adsorbente micotoxinas1 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| \* Composición dieta tradicional empleada en la finca con 1,8 Mcal/kg ENL y 14% PC; las que incluyen botón de oro se balancearon bajo los mismos parámetros.  \*Traditional diet composition used in the farm with 1,8 Mcal/kg ENL and 14% PC; diets including botón de oro were balanced under similar parameters.  1 Aluminosilicato de calcio y sodio hidratado.  1 Hydrated sodium calcium aluminosilicate. | | | |

Luego de ser preparados, a los suplementos se les realizó análisis químico proximal, de acuerdo con AOAC (2005), mientras que le ENL se estimó según las ecuaciones de predicción planteadas por Buxadé (1994) a partir de la energía bruta (EB) determinada por calorimetría; las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Integrado de Nutrición Animal, Bioquímica y de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia. La composición presentada puede considerarse isoenergética e isoproteica, cuando las diferencias son inferiores al 10% los contenidos de energía o de proteína se consideran similares (Posada S, comunicación personal, 2016). La composición nutricional de las tres dietas evaluadas, del pasto kikuyo y de la harina de botón de oro, definida mediante análisis bromatológico y ENL predicha, se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Composición bromatológica de las dietas con diferentes niveles de harina botón de oro (*Tithonia diversifolia*): de uso tradicional en la finca (C0) y con 15% (C15) y con 25% (C25), harina de botón de oro y pasto kikuyo, empleadas en la alimentación de las vacas, municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. 2015.

**Table 2.** Bromatological composition of diets with differents levels of botón de oro (*Tithonia diversifolia*) flour: used traditionally in farm (C0), and with 15% (C15) and with 25% (C25), Botón de oro flour and Kikuyo grass, used in the cows alimentation in the municipality of San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. 2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nutriente** | **C0** | **C15** | **C25** | **Harina de Botón de oro** | **Kikuyo** |
| Proteína cruda | 13,31 | 12,36 | 13,19 | 11,66 | 18,45 |
| Energía bruta (EB) | 3797 | 3765 | 3748 | 3618 | 4219 |
| Energía neta de lactancia (ENL)\* | 1,82\* | 1,80\* | 1,79\* | 1,43\*\* | 1,25\*\*\* |
| Fibra detergente neutro (FDN) | 15,87 | 17,91 | 25,68 | 37,17 | 61,51 |
| Fibra detergente ácido (FDA) | 7,48 | 8,35 | 14,37 | 32,40 | 28,91 |
| Lignina | 0,42 | 0,84 | 2,51 | 6,02 | 1,68 |
| Cenizas | 8,40 | 7,80 | 9,45 | 12,14 | 10,06 |
| Calcio | 2,21 | 1,26 | 1,92 | 2,34 | 1,20 |
| Fósforo | 0,30 | 0,31 | 0,33 | 0,22 | 0,31 |
| Extracto etéreo | 3,61 | 3,43 | 3,18 | 2,96 | 7,90 |
| Humedad | 11,83 | 11,76 | 13,04 | 14,22 | 13,38 |
| \* Buxadé (1994): 3,8 Mcal EB =3,22 Kcal ED y ENL= 0,677\*ED – 0,359  \*\* Buxadé (1994): 2,23 – 0,0216 \* FDN  \*\*\* Buxadé (1994): 2,86 – 0,0262 \* FDN | | | | | |

La composición energética de 1,8 Mcal de ENL por kilogramo del suplemento de uso tradicional en la hacienda fue presentada por la empresa que asesora la formulación de los alimentos en la finca. Se estimó la ENL para los suplementos y forrajes (Buxadé 1994), y se obtuvieron valores de 1,82 Mcal/kg para CO, similar a la composición definida por el productor, y para las dietas experimentales fueron de 1,8 Mcal/kg y 1,79 Mcal/kg, para C15 y C25, respectivamente (Cuadro 2). Para PC, mediante análisis en laboratorio, se obtuvieron valores de 13,31%, 12,36% y 13,19%, para C0, C15 y C25, respectivamente; por lo anterior puede decirse que los suplementos fueron isoenergéticos e isoprotéicos.

El suplemento se suministró en dos ocasiones raciones por día (5:00 a.m. y 2:00 p.m), en cada uno de los ordeños, a razón de la cantidad de suplemento fue definida de acuerdo con las políticas establecidas en la finca, donde en teoría se suministra un kilogramo del suplemento balanceado por cada tres litros de leche, a partir del octavo litro producido, según las normas establecidas en la finca. Las vacas fueron consumieron pasto kikuyo como dieta base, manejadas en un sistema de pastoreo rotacional en franjas de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*).

Para el ensayo se seleccionaron nueve vacas holstein adultas, que tenían entre dos y cinco partos y entre 70 y 120 días de paridas, parámetros que se emplearon para su estratificación y luego fueron distribuidas de manera aleatoria en los tres grupos de estudio.

**Consumo de materia seca**

Para determinar el consumo de forraje en pastoreo se utilizó como indicador marcador externo el óxido de cromo (Cr2O3), del que se suministraron 20 gramos por vaca por día y como marcador interno se utilizó la lignina detergente ácido (Lachmann et al., 2003). El óxido de cromo se suministró durante diez doce días, cinco siete días de acostumbramiento y cinco días consecutivos con colecta de heces de manera individual; al finalizar se tomó una muestra de las heces colectadas de cada vaca y se llevaron al Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, para determinar la concentración de cromo. A partir de lo cual se estimó la producción total de heces (PH), de acuerdo con el siguiente modelo:

PH = gr Cr ofrecidos por día por vaca/gr Cr por kg de heces.

Las muestras de heces colectadas, del forraje y de los suplementos suministrados a las vacas fueron llevadas a Laboratorio Integrado de Nutrición Animal, Bioquímica y de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia, para determinar contenido de LDA.

Se determinó el CMS con el siguiente modelo se determinó el CMS, dado que los animales recibieron suplemento, CMS= ((PH \* LDAH)- (CS\* LDAc)) / LDAf.

Donde:

(PH= Producción heces (Kg MS),

LDAH= lignina detergente ácido de las heces,

CS= consumo suplemento,

LDAc= lignina detergente ácido del suplemento balanceado,

LDAf= lignina detergente ácido del forraje).

Por su parte eEl consumo de suplemento individual se registró diariamente, se tomó el consumo individual de la fase pre experimental se tomó como covariable.

**Cantidad y calidad de leche**

La producción total de leche se determinó por la cantidad diaria individual (dos ordeños), se tomó la producción antes de iniciar la fase experimental como covariable. Se tomaron muestras que fueron enviadas al laboratorio de Calidad de Leches de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia, donde se analizó la calidad química (grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y MUN por espectroscopia infrarroja) y microbiológica (recuento de células somáticas por citometría de flujo). Se realizó el ajuste de producción de leche al 4% de grasa (LCG= [0,4\*kg leche]+ [15\*kg grasa]) (NRC., 2001), lo que permitió una mejor comparación de la producción y para evaluar la calidad de leche se tomaron cuatro mediciones individuales durante la fase experimental y se estimó la cantidad de grasa y proteína producidas. Se tomó la calidad de leche en la fase pre experimental como covariable.

**Relación beneficio costo**

Para determinar la relación beneficio-costo en cada tratamiento fueron considerados los costos y cantidad del suplemento alimenticio suministrado en cada por grupo de estudio animales según el tratamiento asignado.; Mientras para determinar el costo del suplemento se tuvieron en cuenta los costos de consideraron las materias primas empleadas en la elaboración del suplemento, incluyendo las materias primas convencionales, más la harina de el botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Asimismo En cada caso se consideró la cantidad de suplemento suministrado de acuerdo con el tratamiento que recibieron las vacas de cada grupo experimental y se estableció una relación entre la cantidad de leche producida y la cantidad de suplemento consumido, lo que permitió estimar la eficiencia productiva de los animales por en cada tratamiento. Para el cálculo del beneficio obtenido se incluyeron los ingresos por ventas, y se empleó el precio básico por kilogramo de leche, establecido por la empresa comercializadora en la región, y sin considerar ninguna bonificación.

Para el ensayo se seleccionaron nueve vacas holstein adultas, que tenían entre dos y cinco partos y entre 70 y 120 días de paridas, parámetros que se emplearon para su estratificación y luego fueron distribuidas de manera aleatoria en los tres grupos de estudio. Se determinó consumo de materia seca (CMS), producción de leche (leche corregida 4% grasa y composición referente a proteína, grasa, lactosa, sólidos totales, nitrógeno ureico –MUN-), número de células somáticas (RCS), relación leche producida:suplemento y relación beneficio:costo.

Se midieron el CMS, producción de leche y composición química de la leche en el periodo pre experimental y mediante un análisis de covarianza, se determinó la relación de estas variables antes y después del ensayo.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado, se realizó el ANOVA, lo que permitió establecer diferencias entre las medias de las variables evaluadas en cada tratamiento, lo que fue probado mediante prueba Tukey (P< 0,05) mediante análisis con SPSS (Statistics 22).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados mostraron que el botón de oro puede convertirse en una buena alternativa para la suplementación de vacas lecheras de alta producción, con niveles de inclusión de hasta un 25% de harina en la preparación de suplementos alimenticios, cuando esta forrajera sea utilizada en condiciones similares a las de este estudio. No han sido reportados otros estudios bajo condiciones similares, por lo que no se contó con suficientes soportes de literatura para la discusión de los resultados; se ha reportado un estudio en vacas F1 (holstein x cebú) en el que se incluyeron diferentes niveles de botón de oro en los suplementos alimenticios (Mahecha et al., 2007). Por lo anterior, la discusión se acompañó de reportes del uso de esta forrajera o bajo sistemas de lechería manejados de manera similar.

**Consumo de materia seca**

La cantidad de suplemento alimenticio suministrado a las vacas lecheras especializadas, y de manera general si se analizan condiciones de trópico alto, puede variar entre uno y hasta cinco kilogramos por litro de leche producida, de acuerdo con el nivel productivo de los animales y la disponibilidad y calidad de los forrajes. La cantidad de suplemento ofrecido a una vaca puede llegar a afectar el consumo de forrajes de la pradera, por lo que debe considerarse este aspecto al definir la cantidad de suplemento a suministrar.

En la finca donde se realizó este estudio, si bien se tiene un plan de suministro de suplemento balanceado, este no siempre se cumple y se modifica de forma involuntaria la cantidad a suministrar, acto que no es consignado en los registros de alimentación. Al inicio del estudio el suministro de suplemento concentrado se ajustó lo más cercano posible a las recomendaciones de la finca y durante la fase definida como pre experimental y durante la experimental se tuvo pleno control sobre la cantidad de suplemento suministrado. De acuerdo con lo anterior, la producción de leche encontrada en la finca antes del estudio estaría influenciada por esa mayor cantidad de suplemento ofrecido a los animales, así como también los menores consumos de materia seca en los potreros.

La materia seca consumida estuvo representada en parte por el consumo voluntario de forraje durante el pastoreo y en parte por el suplemento suministrado durante el ordeño de manera individual. El consumo inicial de suplemento se ajustó durante la fase pre experimental, los resultados se muestran en el Cuadro 3. El consumo previo fue considerado como covariable del consumo obtenido durante la fase experimental; con una relación altamente significativa, con diferencias de 1,26 kg, 0,72 kg y 0,46 kg entre consumo de fases pre experimental y experimental, para C0, C15 y C25, respectivamente, se definió que el consumo de suplemento en la fase experimental fue de 7,82 kg, 6,46 kg y 5,95 kg, promedio por día para C0, C15 y C25 estuvo influenciado de manera directa por el consumo encontrado en la fase pre-experimental (P = 0,001), debido en gran medida a la mayor atención y manejo más preciso de la suplementación en comparación con la rutina diaria de la finca.

**Cuadro 3.** Consumo de suplemento en fases pre experimental y experimental y consumo de materia seca total de forraje en fase experimental, por vacas holstein en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. 2015.

**Table 3.** Supplement consumed in preexperimental and experimental periods and dry total matter of forage consumed in experimental period, by Holstein cows in the municipality of San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. 2015.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | CO | C15 | C25 |
| Consumo suplemento (kg MS) | Fase Pre experimetal | 6,56a | 5,74a | 5,49a |
| Fase Experimental | 7,82\*a | 6,46\*a | 5,95\*a |
| Consumo de materia seca | Materia Seca Forraje | 11,75a | 15,32a | 13,78a |
| Materia Seca Total | 18,64a | 21,02a | 18,95a |
| Letra diferente en la misma fila indican diferencia significativa (p<0,05).  Different letter in the same row indicated significant differences (p<0,05).  \* Diferencia significativa con su covariable de la fase prexperimental.  \*Significant difference with covariable of the prexperimental period. | | | | |

El consumo de materia seca (CMS) estimado mediante marcadores, incluyendo el forraje consumido en el pastoreo y el suplemento consumido durante el ordeño, mostró resultados de 18,64 kg, 21,02 kg y 18,95 kg totales de materia seca, para C0, C15 y C25 respectivamente, de los cuales 11,75 kg, 15,32 kg y 13,78 kg fueron de MS del forraje, para C0, C15 y C25 respectivamente, no presentaron diferencias estadísticas significativas (P>0,05), y se encontró dentro de valores normales de consumo para vacas lecheras en este tipo de sistema productivo y que reciben suplementos balanceados (Baudracco et al., 2010; Cerdas, 2013).

El CMS durante el pastoreo para C25 fue menor que para C15, siendo importante relacionarlo con la mayor inclusión de botón de oro, dados los mayores niveles de FDN y FDA presentes en este suplemento en comparación con los otros dos; pues metabolitos como los taninos presentes en esta planta pudieron haber incidido en este parámetro, aunque la evaluación realizada en el banco forrajero empleado para este estudio mostró niveles bajos de taninos totales (entre 0,08% y 0,11%), nivel que no tendría efecto negativo sobre CMS (Min, et al., 2003).

No se conocen reportes en vacas suplementadas con alimentos concentrados que contenga harina de botón de oro; el consumo de materia seca estuvo entre 18,7 kg y 18,9 kg por día, cuando de vacas holstein por cebú recibieron dietas mixtas totales (TMR) que incluyeron 6,5% y 15,4% de hojas frescas de *T. diversifolia*, en relación con la MS total de la dieta (Ribeiro et al., 2016). Los valores encontrados en este estudio estuvieron entre los rangos valores encontrados reportados por Escobar y Carulla (2003), quienes demostraron que el CMS puede variar entre 12,71 kg y hasta 23,47 kg por vaca al día, esto en función de la oferta de forraje. Al utilizar la FDAi (fibra detergente ácido insoluble) como marcador se encontró un CMS de 18,3 kg (Correa et al., 2009), similar a los valores hallados en este estudio.

Es importante considerar el efecto de la suplementación y la composición del suplemento alimenticio sobre el consumo durante el pastoreo; Valencia (2013), encontró un CMS total de 18,5 kg y un consumo de 12,6 kg de MS de forraje cuando las vacas pastorearon en praderas de kikuyo y recibieron suplemento, en ambos casos similares a los hallados en este estudio. Sin embargo, es importante reconocer que el mayor volumen de la dieta que contiene el mayor nivel de harina de botón de oro puede llegar a ser un limitante para el CMS por el mayor llenado ruminal; de igual manera el mayor contenido de FDN en el suplemento que contenía 25% de harina de *T. diversifolia*, puede cambiar el tiempo de retención del alimento dentro del rumen y de esta manera hacer que se presenten cambios en la disponibilidad de la proteína y de la energía de la dieta (Bayati et al., 2013).

El CMS bajo condiciones de pastoreo, puede ser un limitante en los sistemas de producción lechera especializada en el trópico alto, sobre todo si se considera un pasto de alto contenido de humedad como base de la alimentación forrajera, como lo es el pasto kikuyo, que en este estudio presentó niveles de 86,62%, por lo que este forraje al ser más voluminoso hace que se presente un llenado más rápido del rumen. dDe ahí la importancia de encontrar un buen suplemento alimenticio que ayude a compensar las necesidades nutricionales del ganado lechero, pero que no afecte ni su desempeño productivo ni su salud.

**Cantidad y calidad de leche**

La cantidad de leche se evaluó a partir de la producción total durante todo el ensayo, la producción media fue de 24,45 kg, 24,28 kg y 24,67 kg de leche promedio por día para C0, C15 y C25 respectivamente, valores que estuvieron influenciados por la producción de leche en la fase pre experimental, la que fue medida como covariable (P<0,05). Para permitir un análisis más confiable se ajustó lLa producción de leche corregida al 4% de grasa, medida en los días en que se evaluó el contenido de grasa en la leche; se encontraron valores de 21,99 kg, 22,45 kg y 21,89 kg promedio por día para leche corregida al 4%, para C0, C15 y C25 respectivamente, no presentó sin diferencias significativas.

Al realizar un análisis de covariables, se encontró diferencia significativa para la calidad de leche obtenida en la fase experimental, cantidad de grasa y de proteína producida (p< 0,05), lo que determinó que existe un cambio para estas variables como efecto del la intervención realizada suplemento alimenticio suministrado.

La calidad de la leche obtenida durante el experimento se estimó según la composición porcentual y el volumen producido diariamente por cada vaca durante la fase experimental, se encontraron valores de 0,84 kg, 0,86 kg y 0,82 kg para grasa y de 0,67 kg, 0,65 kg y 0,66 kg para proteína, para C0, C15 y C25, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas (P>0,05); los datos hallados para producción de leche, grasa y proteína se presentan en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Producción de leche y cantidad de grasa y proteína en la leche de vacas que consumieron suplementos con 0%, 15% y 25% de botón de oro (C0, C15 y C25), en la hacienda La Montaña, municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. 2015.

**Table 4.** Milk production, quantity of milk fat and protein of cows that consumed supplements with 0%, 15% and 25% of botón de oro (C0, C15 and C25), in the farm La Montaña, municipality of San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. 2015.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **C0** | **C15** | **C25** |
| Producción de leche (kg) | Pre experimental | 26,00a | 25,08a | 25,00a |
| Fase Experimental | 24,45\*a | 24,28\*a | 24,67\*a |
| Leche corregida (4% grasa) | 21,99a | 22,45a | 21,89a |
| Composición de la leche | Producción de grasa (kg) | 0,84a | 0,86a | 0,82a |
| Producción de proteína (kg) | 0,67a | 0,65a | 0,66a |
| Grasa (%) | 3,68a | 3,64a | 3,44a |
| Proteína (%) | 2,92a | 2,73a | 2,78a |
| Letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes (p< 0,05).  Different letter in the same row indicated significant differences (p<0,05).  \* Diferencia significativa con su covariable de la fase prexperimental.  \*Significant difference with covariable of the prexperimental period. | | | | |

La respuesta esperada a la suplementación alimenticia es el incremento en la producción de leche, sin embargo esta puede ser limitada en cuanto al contenido de proteína y de grasa como consecuencias de la alta suplementación con alimentos ricos en almidones (Bargo et al., 2003) o por la falta de sincronía entre carbohidratos y nitrógeno que ingresan al rumen (Arroyave y Gallego, 2008). El suministro de los suplementos generalmente realizados en dos raciones por día, tal como se hace en el sitio donde se realizó hizo enl este estudio, puede llegar a generar otraso tipo de dificultades como puede ser un descenso en el pH ruminal, que a su vez podría afectar la actividad microbiana, particularmente de las bacterias proteolíticas y celulolíticas, afectar su actividad enzimática y conllevar a situaciones como un menor crecimiento microbiano y menor producción de ácidos grasos volátiles.

De acuerdo con los resultados obtenidos al incluir 15% y 25% de botón de oro en los suplementos, se influyó sobre la actividad ruminal reflejado en la relación leche:suplemento encontrada. Es importante recalcar que pueden llegar a ser más importantes los resultados si se fracciona en más de dos raciones el suplemento, lo que puede mejorar la sincronía en el suministro de los sustratos fermentables en el rumen (Arroyave y Gallego, 2008).

La producción total de leche por día, fue similar entre los tres tratamientos y estuvo entre rangos normales para vacas de alta producción que llevan más de 70 días de lactancia. Se han encontrado entre 21,4 kg y 23,0 kg de leche ajustada, para vacas holstein que consumieron 18,9 kg de kikuyo y 5,9 kg de un suplemento de tipo tradicional (17,6% de PC y 1,57 Mcal ENL) (Mojica et al., 2009), valores similares a los encontrados en este estudio (Cuadro 4). tanto para el suplemento tradicional, como para los dos que incluyeron 15% y 25% de botón de oro en su composición. No se tienen reportes en sistemas especializados en la producción lechera donde se haya utilizado *T. diversifolia* como materia prima en la elaboración del suplemento alimenticio.

En lo referente a la calidad de la leche obtenida, se hallaron valores muy similares a los que se presentan de manera cotidiana en lecherías especializadas de trópico alto en Colombia; fueron , superiores al 3,2% y 3,31% de grasa obtenidos en otras investigaciones (Mojica et al., (2009) y ; Valencia, (2013), respectivamente, y similares al 2,8% de proteína láctea reportado por los mismos autores hallaron y similares al 2,8% de proteína láctea reportado por, quienes trabajaron con animales en vacas que consumieron suplemento compuesto por materias primas tradicionales y que pastoreaban en praderas de kikuyo.

Aunque no se presentaron diferencias estadísticamente significativas, la leche obtenida en este estudio se clasificó como una leche buena por el nivel de grasa, y de regular calidad por su valor proteico y de sólidos totales, de acuerdo con la clasificación de calidad de leches para Colombia (Calderón et al., 2006), donde: si los valores de grasa están entre 3,3% y 3,5% puede clasificarse como buena y si los valores están entre 2,6% y 2,8% para proteína y entre 11,3% y 11,8% para sólidos totales respectivamente, se la clasifica como regular.

Con respecto a la grasa láctea, en porcentaje o total producida, no se presentaron diferencias significativas; los valores de grasa encontrados en este estudio son superiores al 3,31% encontrado en dietas en las que se empleó un suplemento tradicional (Valencia, 2013).

La proteína láctea, sin no presentó diferencias significativas, estadísticas entre los tratamientos, esta corresponde a valores aceptables en el mercado (Calderón et al., 2006). Los valores encontrados pueden El nivel de proteína pudo estar influenciados en parte por carbohidratos solublesilidad que se emplearon en la formulación de los suplementos, que disminuyeron en la medida que se aumentó *T. diversifolia* en el suplemento, material que reemplazó en parte al maíz extruido (Cuadro 1);. También podría pensarse en que asimismo, los compuestos fibrosos contenidos en el botón de oro, pudieron incidir en la eficiencia con que se emplea el amoníaco ruminal en para la síntesis de proteína microbiana, cuando el tiempo de retención del alimento es mayor en el rumen la proteína puede aumentar su degradabilidad, con la consecuente pérdida de nitrógeno amoniacal la que aporta una cantidad importante de proteína para la síntesis láctea (Lazzarini et al., 2009).

Se han reportado efectos sobre la concentración de la proteína en función del consumo de materia seca (Bargo et al*.,* 2003; Escobar y Carulla, 2003). No obstante se requiere de otro tipo de análisis que permita evaluar realmente el efecto de la inclusión de botón de oro sobre la actividad microbiana, en especial por los posibles efectos de los taninos contenidos en esta planta. La calidad de la leche, en términos proporcionales de lactosa, y sólidos totales, los de recuento de células somáticas (RCS) y nitrógeno ureico en leche (MUN) se presentan en el Cuadro 5.

**Cuadro 5**. Calidad de la leche de vacas que consumieron suplementos que contenían 0%, 15% y 25% de botón de oro (C0, C15 y C25), en la hacienda La Montaña, municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. 2015.

**Table 5.** Milk quality of cows that consumed supplements with 0%, 15% and 25% of botón de oro (C0, C15 and C25), in the farm La Montaña, municipality of San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. 2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parámetro** | **C0** | **C15** | **C25** |
| Lactosa | 4,46a | 4,64b | 4,63b |
| Sólidos totales | 11,86a | 11,79a | 11,61a |
| Recuento de células somáticas (RCS) | 177,08a | 80,08a,b | 44,08b |
| Nitrógeno ureico en leche (MUN) | 18,56a | 22,88b | 24,11b |
| Letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes (p<0,05).  Different letter in the same row indicated significant differences (p<0,05). | | | |

Las concentraciones de nitrógeno ureico en leche fueron mayores a 18 mg/dl para los tres tratamientos; si el MUN es superior a 18 mg/dl y la proteína de la leche es menor que 3,0% (Acosta et al., 2005), como se presentó en este estudio, la dieta podría estar excediendo su proteína soluble o degradable en relación con la disponibilidad de carbohidratos fermentables. Los niveles de MUN se asocian con el balance y sincronización entre la energía y la proteína que ingresan al rumen (Arroyave y Gallego, 2008).

Si bien las dietas fueron isoenergéticas e isoproteícas, es posible que no se haya dado una adecuada sincronía entre la proteína degradable en rumen y la disponibilidad energética, en términos del tiempo requerido para su aprovechamiento por parte de las bacterias ruminales; los carbohidratos totales fueron altos en la dieta (kikuyo 63,59%), fueron similares en los tres suplementos (C0:74,68%, C15:76,41% y C25:74;18%), sin embargo para C25 la cantidad de carbohidratos no fibrosos es inferior (C0:58,81%, C15:58,50% y C25:48,50%); ante una deficiencia de carbohidratos solubles las bacterias no pueden convertir el amoníaco en proteína microbiana, por lo que puede aumentar su paso a sangre (Lazzarini et al., 2009).

Frente a un mayor paso de proteína hacia el intestino delgado, es posible que se presente desaminación a nivel hepático de los aminoácidos absorbidos, en especial por un menor balance energético en aquellas vacas con mayores niveles de producción; en ambos casos este amoníaco incidiría en el aumento de MUN (González y Koenekamp, 2006).

Un estudio mostró que los niveles de MUN pueden estar más influenciados por la cantidad de proteína degradable en rumen que con la proteína total de la dieta, por lo que es necesario estudiar el fraccionamiento de la proteína del botón de oro y según su solubilidad acompañar los suplementos con materias primas que contengan carbohidratos que presenten diferente solubilidad, lo que permitiría mejorar la sincronía entre nitrógeno y carbohidratos en el rumen (Baker et al., 1995). Se debe mejorar la utilización de amoníaco ruminal con el aporte de energía por medio de carbohidratos de rápida solubilidad a lo largo del día, lo que sería posible con el ofrecimiento de bloques multinutricionales de melaza sin urea, directamente en el potrero.

La relación PC:ENL en la dieta fue de CO:110,95, C15:116,19 y C25:115,15 gr/Mcal ENL) cuando esta relación es superior a 105 el MUN podría ser superior a 20 mg/dl, tal como se dio en este caso (Hess et al., 1999).

Las fuentes de proteína empleadas en este estudio tienen diferentes sitios de degradación, por la baja cantidad de taninos en el botón de oro empleado en este estudio, su proteína debe considerarse degradable en rumen, lo que podría ser una de las causas del incremento del nitrógeno ureico en leche (Wang et al., 2009 y Lee et al., 2011).

Las vacas con másayor producción de leche también presentan mayor MUN, asociándose esto al mayor gasto de amino ácidos para la obtención de energía (Khon, 2007). De acuerdo con Gustafsson y Palmquist (1993), existen fluctuaciones en los niveles de urea a lo largo del día, debido al pastoreo o diferentes momentos y tipos de suplementación, por lo que el fraccionamiento del suplemento no solo en dos veces como se hizo en este trabajo, sino en varias tomas a lo largo del día o el uso de sistemas silvopastoriles con ramoneo de botón de oro, permitirían mejorar la sincronía entre carbohidratos y nitrógeno en el rumen. Acciones como las expuestas pueden propiciar un menor valor para MUN.

La lactosa encontrada presentó diferencias significativas entre C0 y C15 y C25, pero no entre estos dos últimos; de acuerdo con estos niveles la leche encontrada en este estudio fue regular para C15 y C25 y mala para C0 (Calderón et al., 2006)., Lla cantidad de lactosa producida juega un papel de gran importancia en la determinación del volumen de leche que llegue a producirse (Campabadal, 1999). La lactosa producida depende y esta proviene de la glucosa que sea posible retener en la glándula mamaria y del estado de salud de esta; cuanto mayor es el número de células somáticas en la leche, menor es el contenido de lactosa (Ramos et al., 2015).

La situación hallada con respecto a la lactosa puede estar reflejando en parte asuntos relacionados con la composición de las raciones ofertadas, puesto que diferentes tipos de carbohidratos, con diferentes velocidades de degradación, lleven a diferencias en cuanto a la producción de propionato necesario para la síntesis de glucosa hepática, necesaria para sintetizar lactosa (Reynolds et al., 2003). También podría pensarse que se hayan empleado aminoácidos para la obtención de energía (Auldist et al., 2000 y Reynolds et al., 1994), más aun en el caso de los tratamientos C15 y C25, para los que se presume una mayor degradación ruminal de la proteína.

Las tendencias mundiales en la producción lechera apuntan de manera especial a la obtención de productos de alta calidad e inocuos para el consumo humano y es precisamente en la finca donde se debería garantizar la obtención de un producto con tales características, que deben ir desde las composicionales hasta las higiénicas.

En el presente trabajo se obtuvieron niveles en el recuento de células somáticas (RCS) considerados como buenos para C15 y C25 y malos para C0 (Valencia, 2013), quien propone las tablas de calificación de leches para Colombia. Los menores niveles en RCS se dieron al incrementar la inclusión de botón de oro en el suplemento, esta situación puede estar asociada con el contenido de metabolitos secundarios como los sesquiterpenos de lactona, los que presentan un importante si bien son muchos los factores que pueden asociarse con esta situación en una ganadería lechera de alta producción, autores reportaron la importancia y efecto anti inflamatorio de algunos de los principios activos de *T. diversifolia* (Chagas et al., 2011).

Aunque en este trabajo no fueron evaluados de manera directa los efectos de metabolitos secundarios de *T. diversifolia*, los datos obtenidos en este estudio pueden abrir importantes puertas para la disminución en el uso de fármacos antibióticos, lo que podría redundar en mejores ingresos para los productores y para la salud de los consumidores.

**Relación beneficio costo**

La relación entre la leche producida y la cantidad de suplemento consumido en cada tratamiento fue mayor para C25, 4,38 kilogramos de leche por kilogramo de suplemento y presentó con diferencias estadísticamente altamente significativas con C0 (p< 0,001) y diferencias significativas con C15 (p< 0,05). La relación beneficio:costo presentó diferencias altamente significativas (p< 0,001) entre todos los tratamientos, fue menor para C0 y la mejor relación entre el costo del alimento y el precio de le leche producida fue para C25. En el Cuadro 6 se muestran los resultados de sobre la relación beneficio costo y el precio medio para cada uno de los tipos de suplementos suministrados.

**Cuadro 6.** Relación entre la leche producida, suplemento y precio del suplemento con diferentes niveles de botón de oro (C0, C15 y C25) suministrado a vacas de alta producción, en la hacienda La Montaña, municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. 2015.

**Table 6.** Relationship between milk yield, supplement and supplement price with differents levels of botón de oro (C0, C15 y C25) supplied to high production cows, in the farm La Montaña, municipality of San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. 2015.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Parámetro | C0 | C15 | C25 |
| Relación leche:suplemento | 3,12a | 3,85b | 4,38c |
| Precio suplemento ($COP/kg) | 816,95 | 796,68 | 725,35 |
| Relación beneficio:costo | 2,96\* | 3,71\*\* | 4,60\*\*\* |
| Letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes (p<0,05).  Different letter in the same row indicated significant differences (p<0,05).  \* Diferencias altamente significativas (p<0,01)  \* Highly significant differences (p<0,01). | | | |

La relación entre la leche producida y el suplemento consumido encontrado en este estudio, mostró que cuando se utilizaron suplementos que incluyeron harina de *T. diversifolia*, se mejoró la eficiencia productiva de los animales; si a esto se le suma que el costo por kilogramo de suplemento fue menor en la medida que se aumentó la harina de botón de oro, se generan aún mejores expectativas para la implementación de esta especie forrajera como materia prima en la formulación de alimentos balanceados.

La relación beneficio costo obtenida, estimada entre el precio de venta por litro de leche, sin incluir ningún tipo de bonificación, y el costo por kilogramo de suplemento alimenticio suministrado, dejó en gran ventaja a C25 con respecto a C15 y más aún frente a C0. Sin embargo, debe constituirse en una situación de gran interés estimar las posibles bonificaciones a las que se puedan acceder y de manera importante a lo que se refiere por calidad higiénica y RCS, que en este caso también fueron mejores para C25 y C15 con respecto a C0; la bonificación por RCS puede llegar a significar hasta un 20% más en el precio de la leche.

La inclusión de niveles de hasta el 25% de harina de *Tithonia diversifolia* como ingrediente en la elaboración del suplemento alimenticio, suministrado a vacas lecheras manejadas en praderas de kikuyo en el trópico alto, no afecta el volumen de leche, la cantidad de proteína y grasa producidas y mejora la calidad microbiológica de la leche, en lo referente al recuento de células somáticas. La inclusión creciente da la harina de botón de oro hasta el 25%, permite mejorar la relación entre el suplemento consumido y la leche producida, con un importante efecto sobre la relación costo:beneficio. Se recomienda evaluar la harina de botón de oro bajo otras condiciones de manejo, empleando diferentes materias primas en la elaboración del suplemento alimenticio.

En la definición del precio de la harina de botón de oro se incluyeron aspectos que contemplaron desde el establecimiento hasta el proceso de secado, molido y empaque;, sin embargo es importante que se realicen otro tipo de evaluaciones que permitan definir con mayor exactitud el costo de este insumo. Lo anterior es necesario sobre todo si se llega a plantear el establecimiento del cultivo a niveles industriales, lo que podría generar una disminución significativa en el costo de producción de harina de botón de oro.

El CMS en la pradera y del suplemento no se vio afectada durante la fase experimental; sin embargo es necesario que se realice un proceso de acostumbramiento de los animales al consumo del suplemento, sobre todo si se considera que cuando este incluye harina de botón de oro es más voluminoso y posiblemente menos palatable.

Los animales deben contar con tiempo suficiente para el consumo durante el ordeño o incluso aún, puede considerarse el fraccionamiento del suplemento en más de dos raciones y así mejorar la respuesta de las vacas. En este estudio las vacas que consumieron el suplemento C25, se demoraron más días para acostumbrarse a su consumo.

La producción de leche estuvo en los niveles normales, sin embargo, se recomienda que se realicen otro tipo de evaluaciones. Una mayor longitud en el estudio y el análisis de los efectos a lo largo de la lactancia, acompañados de evaluaciones de tipo reproductivo, balance de nitrógeno, entre otros, pueden ayudar a mejorar la comprensión en lo referente al comportamiento del MUN.

Es importante trabajar en aspectos como la proteína, este es un parámetro determinante en la competitividad de los sistemas de ganadería lechera especializada y es considerado un punto álgido en la actualidad frente a los mecanismos de pago al productor. Se recomienda realizar otros análisis que permitan establecer de manera más precisa los posibles efectos del botón de oro sobre la actividad microbiana ruminal y sobre la calidad proteica de la leche.

Los niveles de grasa encontrados están dentro de los valores considerados como normales para este tipo de sistemas productivos, sin embargo se hace necesario evaluar si se han dado cambios importantes en cuanto al perfil de ácidos grasos en la leche y así mostrar posibles impactos de orden funcional en la leche obtenida.

La calidad de la leche obtenida en función de RCS tuvo mejores condiciones en la medida en que se incrementó la inclusión de botón de oro, se recomienda que se realicen estudios más detallados y controlados, donde se evalúen aspectos sanitarios, como por ejemplo presencia de mastitis y otras enfermedades infecciosas, que puedan verse impactadas de manera positiva por la ingesta de botón de oro.

El nivel máximo de 25% de inclusión de botón de oro se comportó de mejor manera que los demás tratamientos, por lo que no se deben descartar niveles superiores de inclusión. Asimismo, es necesario que se consideren otras formas de cosecha y conservación del botón de oro, orientadas incluso a la comercialización de esta harina para la elaboración de alimentos de tipo comercial. Se recomiendan nuevos estudios que permitan evaluar los costos de producción de harina de botón de oro en sistemas intensivos de cultivo.

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen al Proyecto de Sostenibilidad 2011-2012 (CODI, Universidad de Antioquia) y al proyecto CODI mediana cuantía 2011 Acta CODI 614 del 14/02/12, por el apoyo económico para la ejecución de este trabajo.

**LITERATURA CITADA**

Acosta, Y., I. Delucchi, M. Olivera, y C. Diesta. 2005. Urea en leche: factores que la afectan. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – INIA – Sitio Argentino de Producción Animal. URL: <http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/56-urea_en_leche.pdf> (Consultado 12 nov. 2015).

AOAC (Association of Official Analytical Chemists International). 2005. Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC Int., MD, USA.

Arroyave, E., y L. Gallego. 2008. Análisis de la sincronía entre energía y proteína en vacas lactantes y su relación con la eficiencia en la síntesis de proteína microbial. Tesis Especialista Producción Animal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia. Medellín, COL.

Auldist M., N. Thomson, T. Mackle, J. Hill and C. Prosser. 2000. Effects of pasture allowance on the yield and composition of milk from cows of different β lactoglobulin phenotypes. J. of Dairy Sci. 83:2069-2074.

Baker, l., J. Ferguson, and W. Chalupa. 1995. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. J. Dairy Sci. 78:2424.

Bargo, F., L.D. Muller, E.S. Kolver, and J.E. Delahoy. 2003. Invited Review: Production and Digestion of Supplemented Dairy Cows on Pasture. J. Dairy Sci. 86:1–42.

Bayati, J., Z. Moradi and N.Moradi. 2013. Synchronization of energy and protein on supply synthesis microbial protein. Int. J. Adv. Biol. and Biomedical Res. 1:594-600.

Buxadé, C. 1994. Zootecnia bases de producción animal, tomo II reproducción y alimentación. Ediciones Mundiprensa, Madrid, ESP.

Baudracco, J., N. Lopez-villalobos, C. Holmes and K. Macdonald. 2010. Prediction of herbage dry matter intake for dairy cows grazing ryegrass-based pastures. Proc. of the New Zealand Soc. Anim. Prod. 70:80-85.

Boschini, C., y L. Pineda. 2016. Ensilaje de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* o *Kikuyuocloa clandestina*) fermentado con tres aditivos. Agron. Mesoam. 27:49-60.

Calderón, A., F. García, y G. Martínez. 2006. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. Rev. MVZ Córdoba 11:725-737.

Campabadal, C. 1999. Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche. Nutrición Animal Tropical. 5:67-92.

Cerdas, R. 2013. Formulación de raciones para carne y leche. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. Rev. Intersedes, 29:128-153.

Chagas, D., R. Barbosa, V. da Silva, L. Gobbo, T. Gasparotoc, A. Campanellic, L. Faccioli, and F. Batista. 2011. Chlorogenic acids from *Tithonia diversifolia* demonstrate better anti-inflammatory effect than indomethacin and its sesquiterpene lactones. J. Ethnopharmacol 136:355–362.

Correa, H., M. Pabón, y J. Carulla. 2009. Estimación del consumo de materia seca en vacas Holstein bajo pastoreo en el trópico alto de Antioquia. Livestock Res. Rural Dev. 21(4):59. URL: <http://www.lrrd.org/lrrd21/4/corr21059.htm> (Consultado 9 Nov. 2013)

Correa, H., Y. Rodríguez, M. Pabón, y J. Carulla. 2012. Efecto de la oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. Livestock Res. Rural Dev. 24(11):204. URL: [http://www.lrrd.org/ lrrd24/11/corr24204.htm](http://www.lrrd.org/lrrd21/4/corr21059.htm) (Consultado 19 Nov. 2016)

Escobar, A., y J. Carulla. 2003. Efecto de la oferta de forraje sobre los parámetros productivos y composicionales de la leche en la sabana de Bogotá. Rev. Colom. Cienc. Pecu. 16:74.

Galindo, J., N. González, A. Sosa, T. Ruíz, V. Torres, A. Aldana, H. Díaz, O. Moreira, L. Sarduy, y A. Noda. 2011. Efecto de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones *in vitro.* Rev. Cubana Cienc. Agríc. 45:33-37.

González, F., y I. Koenekamp. 2006. Adaptaciones metabólicas hepáticas en el período periparto en vacas de alta producción de leche. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Animales, Pontificia Universidad Católica de Chile, CHI.

Gualberto, R., O. Souza, N. Costa, C. Braccialli, y L. Gaion. 2010. Influência do espaçamento e do estádio de desenvolvimento da planta na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray. Nucleus 7(2): 135-149.

Gustafsson, A., and D. Palmquist. 1993. Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea and milk urea in dairy cows at high and low yields. J. Dairy Sci. 76:475.

Hess, H.D., H. Flórez, C.E. Lascano, L.A. Baquero, A. Becerra y J. Ramos. 1999. Fuentes de variación en la composición de la leche y niveles de urea en sangre y leche de vacas en sistemas de doble propósito en el trópico bajo de Colombia. Pasturas trop. 21:33-42.

Khon, R. 2007. Use of milk or blood urea nitrogen to identify feed management inefficiencies and estimate nitrogen excretion by dairy cattle and other animals. Florida Ruminant Nutrition Symposium. Department of Animal and Avian Sciences University of Maryland January 30-31, 2007. Gainesville, FL, USA.

Lachmann, M., O. Araujo, y J. Vergara. 2003. Evaluación de la lignina detergente ácido como marcador para la determinación de la digestibilidad en ovinos. Rev. Científica FCV-LUZ. 13:484-489.

Lazzarini, I., E. Detmann, C. Batista, M. Fonseca, S. de Campos, M. Augusto and F. Albani. 2009. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. Rev. Bras. Zootec. 38:2021-2030.

La O, O., H. González, A. Orozco, Y. Castillo, O. Ruíz, A. Estrada, F. Ríos, E. Gutiérrez, H. Bernal, D. Valenciaga, B. Castro, y Y. Hernández. 2012. Composición química, degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. Rev. Cubana Cienc. Agr. 46:47-56.

Lee, S., S.M. Lee, Y. Cho, D. Kam, S.C. Lee, C. Kim and S. Seo. 2011. Glycerol as a feed supplement for ruminants: *In vitro* fermentation characteristics and methane production. Anim. Feed Sci. Technol. 166–167:269–274.

Lugo, S., F. Molina, I. González, J. González, y E. Sánchez. 2012. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. Zootecnia Trop. 30:317-325.

Macías, M., y O. Martínez. 1997. Composición en aminoácidos de diferentes fuentes tropicales no convencionales para la alimentación animal. Rev. Computarizada de Producción Porcina 4:1-60.

Mahecha, L., L. Gallego, y F. Peláez. 2002. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Rev. Colom. Cienc. Pecu. 15:213-225.

Mahecha, L., J. Escobar, J. Suárez, y L. Restrepo. 2007. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). Livestock Res. Rural Dev. 19(2):16. http:// www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm (Consultado 9 nov. 2013).

Maina, I., S. Abdulrazak, C. Muleke, and T. Fujihara. 2012. Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in Kenya. J. Food, Agric. Env. 10:632-635.

Medina, M., D. García, E. González, L. Cova, y P. Morantinos. 2009. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. Zootecnia Trop. 27:121-134.

Min, B., T. Barry, G. Attwood, and W. McNabb. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages. Anim. Feed Sci. Technol. 106:3–19.

Mojica, J., E. Castro, J. León, E. Cárdenas, M. Pabón, y J. Carulla. 2009. Efecto de la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. Rev. Corpoica – Cienc. Tec. Agrop. 10:81-90.

Morales, A., J. León, E. Cárdenas, G. Afanador y J. Carulla. 2013. Calidad de la leche, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y producción de vacas alimentadas con gramíneas solas o asociadas con *Lotus uliginosus*. Rev. Med. Vet. Zoot. 60:32-48.

NRC (National Research Council). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7 ed. Washington, D.C., USA.

Naranjo, J., y C. Cuartas. 2011. Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. Rev. CES Med Vet y Zootec 6:9-19.

Nieves, D., O. Terán, L. Cruz, M. Mena, F. Gutiérrez, y J. Ly. 2011. Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 14:309–314.

Ramos, R., V. Bufon, K. Molin, E. Walter, M. Rezende, R. Fagnani y A. Ludovico. 2015. Relationship between somatic cell counts and milk production and composition in Jersey cows. Rev. Salud Anim. 37:137-142.

Reynolds, C., D. Harmon and M. Cecava. 1994. Absorption and delivery of nutrients for milk protein synthesis by portal-drained viscera. J. Dairy Sci. 77:2787-2808.

Reynolds, C., P. Aikman, B. Lupoli, D. Humphries and D. Beever. 2003. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. J. Dairy Sci. 86:1201-1217.

Ribeiro, R., S. Terry, J. Sacramento, S. Rocha, C. Pereira, E. Fernandes, H. Cuquetto, M. Sundfeld, L. Ribeiro, T. Ribeiro, R. Martins and A. Vieira. 2015. The effects of *Tithonia diversifolia* on dairy cow performance. PLoS ONE 11:1-18.

Rivera, J., C. Cuartas, J. Naranjo, O, Tafur, E. Hurtado, F. Arenas, J. Chará y E. Murgueitio. 2015. Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. Livestock Res. Rural Dev. 27(10):189. http:// www.lrrd.org/ lrrd27/10/rive27189.html (Consultado 19 nov. 2016).

Valencia, D. 2013. Efecto de la suplementación de dietas para vacas lecheras con glicerina cruda, sobre algunos parámetros de la fermentación ruminal, producción y calidad composicional de la leche. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, COL.

Wang, C., Q. Liu a, W. Huo, W. Yang, K. Dong, Y. Huang, G. Guo. 2009. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. Livestock Sci. 121: 15–20.

1. Este trabajo formó parte de la tesis de grado de la maestría en Ciencias Animales del primer autor, realizada en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia, Colombia. [↑](#footnote-ref-1)
2. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación en Ciencias Agrarias - GRICA,. AA 1126, Medellín, Colombia. [luis.gallego@udea.edu.co](mailto:luis.gallego@udea.edu.co); [liliana.mahecha@udea.edu.co](mailto:liliana.mahecha@udea.edu.co); [joaquin.angulo@udea.edu.co](mailto:joaquin.angulo@udea.edu.co). [↑](#footnote-ref-2)