

EFECTO DEL ENSILAJE DE AVENA SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE VACAS LACTANTES EN NARIÑO-COLOMBIA

Effect Of Oat Silage On Lactating Cow In Nariño-Colombia

Juan Leonardo Cardona – Iglesias^{1*}, Edwin Castro – Rincón², Martín Valenzuela – Chiran³,
Filadelfo Hernández – Oviedo⁴ y Yesid Avellaneda – Avellaneda⁵.

Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria Agrosavia Centro de Investigación Obonuco Km 5 Vía Pasto Obonuco, Nariño, Colombia¹ Investigador Master, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), Centro de Investigación Obonuco, Pasto, Colombia. jlcardona@agrosavia.co² Investigador Ph.D, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), Centro de Investigación. Obonuco, Pasto, Colombia. Profesional de apoyo a la investigación, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), Centro de Investigación Obonuco, Pasto, Colombia. Profesional de apoyo a la investigación, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), Centro de Investigación Obonuco, Pasto, Colombia. Correo: Investigador Master, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), Centro de Investigación. Tibaitata, Bogotá, Colombia. Convenio Especial de Cooperación de Ciencia Tecnología e Innovación N0. 882 2015 Entre el Departamento de Nariño, y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia. Financiado con recursos del Sistema General de Regalías SGR Asignados al Departamento de Nariño y recursos propios de AGROSAVIA

RESUMEN

El experimento se realizó en el Centro de Investigación Obonuco de Agrosavia (2 réplicas), Pasto (Nariño-Colombia), donde se evaluó la respuesta productiva y perfil metabólico de vacas lactantes, de acuerdo al suministro de ensilaje de avena (*Avena-sativa-L*). Se utilizaron seis vacas primer parto F1 kiwi-cross x Holstein, durante el primer tercio de lactancia, en pastoreo, en un cuadrado latino replicado 3x3, el ensilaje se suministró en tres tratamientos TTOS: T1=0; T2=0,8 y T3=1,4% según peso vivo (PV) del animal. Cada periodo evaluado comprendió 12 días (d), 5 fueron de acostumbamiento y 7 de medición; la leche se midió durante los 12 d y los últimos 3 d se recolectaron en ordeño muestras de leche/animal, se evaluó: producción de leche litros (L)/día (d) (PL); %proteína (P), %grasa (G), %solidos totales (ST) y nitrógeno ureico en leche (MUN miligramos (mg) / decilitro (dL)). El d 12 se tomó muestra de sangre, vía punción coccígea determinando en suero indicadores de perfil metabólico (Glucosa-Colesterol-BUM-milimol -mmol/L), La información se procesó en el software R-Project, con análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey<0,05). Se presentó efecto significativo en el consumo de materia seca (MS) total (P<0,05) siendo mayor para T3 (15,14 kilogramos (kg)/MS/d). La variable producción de leche (PL), fue mayor (P<0,05) para los TTOS que incluyeron el ensilaje (T2:10,01; T3:10,5 L/vaca/d) vs 9,36 L/vaca/d de los animales sin suplementar. Las demás variables productivas y de perfil metabólico no presentaron diferencia (P>0,05) entre TTOS. Se concluye que la suplementación con ensilaje de *Avena sativa* en vacas lecheras Kiwi cross x Holstein puede ser una estrategia nutricional para aumentar la producción de leche en épocas de escases de pasturas, en el trópico alto andino de Nariño, Colombia.

Palabras clave: Cereales forrajeros; suplementación estratégica; producción de leche

ABSTRACT

This experiment was carried out in the Obonuco Research Center of Agrosavia (2 replication), Pasto (Nariño-Colombia). The productive response and metabolic profile of lactating cows were evaluated according to the supply of oat silage (*Avena-sativa-L*). Six first calving cows F1 kiwi-cross x Holstein, during the third lactation period, were used; in grazing, in a 3x3 replicated Latin square, silage was supplied in three treatments TTOS: T1=0, T2=0.8 and T3=1.4% according to live weight (LW) of the animal. Each period consisted of 12 days (d), 5 d for rest and 7 d for measurement, milk was measured during the 12 d and the last 3 d were collected in milking milk/animal samples, it was evaluated: milk production liters (L)/day (d) (PL); %protein (P), %fat (G), %total solids (ST) and urea nitrogen in milk (MUN milligrams (mg) / delicters (dL)). On d 12, blood samples were taken from coccygeal puncture, determining in serum indicators of metabolic profile (Glucose-Cholesterol-BUM-millimol (mmol)/L)). The information was processed with the R-Project software, with variance analysis and mean comparison tests (Tukey<0,05). There was a significant effect on total dry matter intake (P<0,05) being higher for T3 (15,14 kilograms (kg)/DM/d). The milk production variable (PL) was higher (P<0,05) for the TTOS that included silage (T2:10,01; T3:10,5 L/cow/d) vs 9,36 L/cow/d of the animals without supplement. The other productive and metabolic profile variables did not present a statistical differences (P>0,05) between TTOS. It is concluded that supplementation with *Sativa oats* silage in Kiwi cross x Holstein dairy cows may be a nutritional strategy to increase milk production during pastures shortage in the high Andean tropics of Nariño, Colombia.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, los sistemas de producción de leche se establecen básicamente en el trópico de altura, entre los 1.800 y 3.000 metros sobre el nivel del mar (msnm) [53]. En dichos sistemas ganaderos se presentan a menudo dificultades en la alimentación animal, debido entre otros, a la fluctuación de cambios ambientales. En Colombia son marcados los periodos de épocas de lluvia e intensos veranos, esta estacionalidad climática afecta directamente la oferta de forraje y de nutrientes en los sistemas ganaderos [64]. Los efectos de las variaciones climáticas y la llamada “estacionalidad forrajera” impactan negativamente la producción de leche, el crecimiento y la carga animal [48].

Además de lo anterior, otra limitante para mantener una oferta adecuada de consumo de materia seca (CMS) y tratar de aumentar los parámetros productivos en los sistemas ganaderos de trópico alto colombiano es el manejo deficiente de las praderas [12]. Cuando no se tiene un manejo adecuado de las pasturas, disminuye su oferta y su calidad nutricional es baja, lo que hace que esto sea más pronunciado en épocas de invierno o sequía [18,65]. Es por eso que se hace necesario implementar estrategias de conservación de forrajes mediante técnicas como el ensilaje. El ensilaje conserva la calidad nutricional de los forrajes, disminuye los niveles de metabolitos secundarios, reduce los riesgos de contaminación y garantiza oferta de alimento en épocas de escases de pasturas [5]. La utilización de ensilajes además, reemplaza total o parcialmente el uso de alimentos balanceados, lo que disminuye los costos de producción y promueve el uso de otras fuentes alimenticias fibrosas menos costosas para el productor [54].

Los cereales forrajeros como la avena (*Avena sativa* L) se han constituido en cultivos muy importantes en muchos de los sistemas ganaderos del trópico alto andino; en el cultivo de la avena se reporta mayor rendimiento de materia seca (MS) por hectárea (ha), en comparación con otros cereales forrajeros [1, 61]. Además tiene amplio rango de adaptación pudiéndose establecer desde zonas altas, frías y lluviosas, hasta ambientes secos [31]. El ensilaje de avena forrajera se caracteriza por aportes significativos de nutrientes al animal, encontrándose para la zona alto andina de Colombia, valores promedios de MS de 28%, proteína cruda (%PC) 11% y de Energía Mcal ED/kilogramos (kg) MS hasta de 2,28 [5].

La suplementación con ensilajes de avena en vacas lecheras (*Bos taurus*) en pastoreo produce respuestas variables sobre la producción y composición de la leche. Se debe tener en cuenta que, sobre el rendimiento animal inciden de manera directa factores tales como: la edad de corte del material forrajero, la inoculación o uso de aditivos, el tamaño de partícula, el proceso de almacenamiento y el nivel de oferta de ensilaje entre otros [52,57,58]. Según lo anterior, la productividad animal estaría influenciada sobre todo por aspectos de calidad nutricional del

ensilaje y sería este factor el que más influenciaría la producción y la calidad composicional de la leche [67].

Promover el uso de ensilajes con cereales forrajeros adaptados a la zona alto andina de Colombia, como la avena forrajera, es primordial como estrategia de suplementación animal en épocas de escases de pasturas. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento productivo de vacas lactantes con la inclusión de diferentes niveles de ensilaje de avena (*Avena sativa*, variedad *cayuse*) como alternativa para el uso en épocas de escases de forraje en el trópico alto de Nariño, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y clima

El experimento se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación Obonuco en el área de ganadería propiedad de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), ubicado en el corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto (Nariño – Colombia), con coordenadas: N 1°11'29,6" y W 77°18'47,9", esta zona se encuentra a una altura de 2.865 m.s.n.m, temperatura media de 10°C, precipitación anual de 841,57 milímetros (mm) y una humedad relativa del 83%, que corresponde a la zona de vida bosque seco montano bajo según Holdridge [39]. El experimento se realizó durante los meses de febrero y marzo 2.018 presentando precipitaciones promedio de 60 mm, atribuible en la zona como periodo de bajas precipitaciones.

Animales

Se seleccionaron seis vacas F1 cruces entre kiwi cross x Holstein en buen estado de salud, homogéneas en peso: 4kg peso vivo (PV) al iniciar el experimento, condición corporal (CC) de 3,25 con una edad de 3 años (a), de primer parto, en primer tercio de lactancia y con una producción promedio diaria en leche de 9,4 litros (L) (sin suplementación alguna).

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE LAS VACAS KIWI-CROSS X
HOLSTEIN AL INICIAR EL EXPERIMENTO.

Parámetro	Media + DE
Peso vivo (kg)	412 ± 20,5
Condición corporal (CC)	3,25 ± 0,2
Días de lactancia (DEL)	70,9 ± 9,4
Producción leche (L/día)	9,4 ± 3,5
Contenido de grasa %	4 ± 1,6
Contenido de proteína %	3,4 ± 0,32
Sólidos totales %	13,5 ± 1,48

Sistema de pastoreo

Durante esta investigación los animales pastorearon en praderas de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) se utilizó un pastoreo rotacional por franjas. La ocupación de cada franja fue de 1 día (d) y el periodo de descanso para el pasto kikuyo fue de 35 d. El área de las franjas de pastoreo se definió de acuerdo a la carga animal. El manejo de la rotación fue mediante cinta eléctrica (Cinta electroplástica de 13 mm, 5 conductores – LHAURA – Colombia). Durante la época de estudio, por ser un periodo de bajas precipitaciones, no se realizó fertilización en las praderas.

Dietas experimentales

Los tratamientos consistieron en tres niveles de oferta en MS de ensilaje de avena (T1 = 0%, T2 = 0,8%, T3 = 1,4%), con base en el PV. Para estimar el CMS se usó el modelo de la National Research Council (NRC) [55], $CMS (kg/d) = (0,372 * LCG4\% + 0,0968 * PV^{0,75}) * (1 - e^{-0,192 * (SEL + 3,67)})$ dónde: LCG: Leche corregida por grasa.; peso metabólico del animal, SEL: Semanas en lactancia. La avena se cosechó a los 160 d de edad. El material fue ensilado en bolsas silopac, el cual a partir de los 70 d post elaboración se empezó a suministrar a los animales. La suplementación del ensilaje se realizó dos veces al d en el ordeño de la mañana (5:00 horas-h-) y de la tarde (15:00 h). Una vez cada animal terminaba el ordeño, se le llevaba a un corral de manejo y se le suministraba la cantidad de ensilaje correspondiente en cubículos individuales, se registró diariamente la cantidad de ensilaje fresco ofrecido y rechazado. Luego del consumo de ensilaje y de acuerdo al manejo del hato, los animales se llevaban de nuevo a pastorear en praderas donde predominaba el pasto Kikuyo.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño cuadrado latino con arreglo de sobrecambio. Cada periodo de evaluación correspondió a 12 d divididos en 5 d de acostumbamiento y 7 de evaluación. Se evaluaron 3 periodos, dentro de los cuales se aleatorizó cada uno de los tres tratamientos evaluados a 6 vacas de cruce Kiwi cross x Holstein. Durante los 7 d de evaluación se realizó ordeño a fondo en horario am-pm, en el cual se tomó una muestra de leche representativa que posteriormente fue homogeneizada para ser enviada al laboratorio para los respectivos análisis. De igual forma, durante los periodos de evaluación (d 12) se colectó sangre para medición de perfil metabólico. Dentro de los periodos de medición (7d) los d 1; 4 y 7 se recolectaron muestras de los alimentos para análisis bromatológico. El periodo de acostumbamiento fue para que las vacas se habituaran al ensilaje y al sistema de suministro de éste, en corral después del ordeño y el periodo de medición hace énfasis a los d en que se recolectaron las diferentes muestras

Variables respuesta

Consumo de materia seca (CMS)

Se estimó el consumo de materia seca total (CMST); mediante el método agronómico (entrada y salida) [38], se estimó la cantidad de pasto promedio consumido por cada animal, donde se asumió que, la diferencia entre el aforo de entrada y el de salida fue la cantidad de forraje consumido por los animales. Para la realización del aforo del kikuyo se utilizó la metodología del doble muestreo Haydock y Shaw [38]. Igualmente se midió la cantidad de ensilaje de avena/diario consumido por las vacas (ofertado-rechazado: consumo real), el CMST: es la suma de consumo de pasto y de avena, expresados en unidades de MS.

Producción y calidad composicional de leche

Se registró la producción de leche (L/vaca/d durante los periodos de medición, en los ordeños am (05:00 h) y pm (15:00 h). El ordeño se realizó en sala de ordeño mecánico tipo espina de pescado (Read MILKING SYSTEMS -18 BAIL HERRINGBONE- Read Industrial LTDA- Nueva Zelanda) y durante los tres últimos d de cada periodo se tomó una muestra de leche por vaca en cada ordeño (am y pm). Las muestras individuales se recolectaron directamente de un medidor de leche en el ordeño mecánico (Tru test milk meters - Nueva Zelanda). Durante los d de muestreo se realizó un pool diario con las muestras correspondientes al ordeño de la mañana y de la tarde, para así tener una sola muestra total de leche por animal en el d. Posteriormente, las muestras fueron llevadas al laboratorio de leche del Centro de Investigación (C.I) Tibaitata, perteneciente a Agrosavia (Bogotá – Colombia). A dichas muestras se les determinó el contenido de grasa, %; proteína, %; sólidos totales, % mediante el método de espectroscopia infrarroja [4], equipo: FOSS MilkoscanTM 7 RM - FOSS Analytical A/S – Dinamarca y el MUN (Nitrógeno Ureico Leche) o por sus siglas en inglés: Milk Urea Nitrogen (miligramos (mig) / decilitros (dL)) por método infrarrojo (espectrofotometría IR).

Perfil metabólico en sangre

El d 12 de cada periodo de evaluación, los animales fueron llevados a una báscula (báscula MEDIGAN- S.A.S- Colombia) donde se registró individualmente el PV, además se tomó una muestra de sangre de la vena coccígea en tubos Vacutainer Improve ® (Clot activador). Después de dejar reposar por 10 minutos (min) cada muestra, se procedió a centrifugarlas a 2490 G durante 5 min en una centrifuga HERMLE z206a (Labortechnik GmbH – Alemania) donde se obtuvo suero sanguíneo. El suero se colocó en tubos ependorf de 15 mililitros (mL) y se congelaron a -20°C (Congelador: Biomedical Freezer MDF-U334 – Panasonic – Japón) para determinar las concentraciones de glucosa, colesterol y nitrógeno ureico en sangre (BUN), o por sus siglas en inglés (Nitrogen Ureic in Blood) como indicadores de niveles energéticos y proteicos del animal.

Composición química de la dieta

Dentro de los periodos de medición (7d), los d 1; 4 y 7 se tomaron submuestras del ensilaje directamente de las bolsas, así como también muestras de la gramínea en la pradera, por el método del corte manual (Hand plucking) [17]. Las muestras se conservaron en refrigeración (Whirlpool-7WRS25FDBF-Whirlpool Internacional-México), al finalizar el periodo de medición se realizó un pool de las muestras. Dichas muestras se secaron en estufa de ventilación forzada marca Memmert (Memmert UF 260-Memmert GmbH + Co. KG – Alemania) a 65°C durante 72 h, posteriormente fueron molidas en un molino estacionario (Molino Retsch SM 100 - Retsch GmbH – Alemania) con una malla de 1,0 mm. Para la determinación de la composición química de los alimentos: proteína cruda (PC), Fibra detergente neutro (FDN), Fibra detergente acida (FDA), Hemicelulosa, Lignina, Extracto etéreo (EE), energía bruta (EB) energía neta de lactancia (ENL), cenizas y de la MS, se utilizó la técnica de Espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano; NIRS DS 2500 - FOSS Analytical A/S – Dinamarca.

Análisis estadístico

Los datos de consumo MS, producción y calidad composicional de leche y metabolitos sanguíneos, fueron sometidos a análisis de varianza, utilizando el software estadístico R Project for Statistical Computing, mediante el paquete lmer [11].

Para el análisis de los datos, se usó el modelo de efectos mixtos: $Y_{ijkl} = U + T_i + P_j + C_k + E_{ijkl}$. Donde: Y_{ijkl} : Variable

dependiente; U : Media; T_i : Efecto fijo del i-ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3$); P_j : Efecto aleatorio del j-ésimo periodo ($j = 1, 2, 3$); C_k : Efecto aleatorio de la k-ésima vaca ($k = 1, 2, 3, 4..n$); E_{ijkl} : Error residual.

Se consideró un nivel de significancia para efectos fijos de 0,05. En caso de rechazar la hipótesis de igualdad entre medias, se empleó el test de Tukey para identificar la diferencia entre tratamientos. En todos los análisis se evaluó la normalidad (Shapiro-Will) y homogeneidad de varianzas (test de Bartlett).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización química del ensilaje de Avena y la gramínea

La composición bromatológica del ensilaje de avena y del pasto Kikuyo utilizado en este trabajo se presenta en la TABLA II, los valores hallados en el ensilaje se encuentra dentro de los rangos reportados por la Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) [32]. Las tablas de alimentos del FEDNA reportan para el ensilaje de avena, valores de MS entre 30 – 35%, los cuales también concuerdan con Calpa y Melo [19] para ensayos de valoración nutritiva en el altiplano de Nariño. Por su parte Bhandari y col. [14] también reportan valores de MS de 30% para ensilaje de avena, muy similares al encontrado en esta investigación (33,3%). De manera general, el contenido de MS para el pasto Kikuyo es bajo, comparado con otras gramíneas y forrajeras de trópico alto, lo que puede limitar su aporte de nutrientes al animal [25]. En el presente estudio, el contenido de MS fue de 20 %, mayor a lo reportado por Duque y col. [29] y Mejía y col. [50], quienes relacionan porcentajes (%) de MS de 10,9 y 14%, respectivamente, en muestras de Kikuyo con 35 d promedio de rebrote en el trópico alto del departamento de Antioquia (Colombia). El alto contenido de MS del Kikuyo en este ensayo, posiblemente se deba a que fue cosechado en época de bajas precipitaciones, donde aumenta la concentración de MS del forraje.

El valor de PC del ensilaje en el presente trabajo (9,03%) está por encima de lo reportado por León y col. [45], López y col. [46] y Bilal y col. [15], quienes reportan datos de 7,3; 7,2 y 7,08 %, respectivamente, de PC para ensilajes de avena (*sativa*). En cuanto al contenido de proteína en la gramínea (17,8%), ésta se encuentra dentro de los rangos normales para el pasto kikuyo en sistemas lecheros de trópico de altura en el país. Al respecto, Soto y col. [68]; Castro y col. [23]; Cardona y col. [21] y Duque y col. [29] reportan valores de 18,5; 16,1; 17,2 y 18,2% de PC, para muestras de pasto Kikuyo en varias regiones de trópico alto en Colombia. No obstante también se reportan valores de PC más altos para el pasto Kikuyo con edad de rebrote promedio de 35 d; al respecto Correa y col. [26] y Ramírez y col. [60] reportan porcentajes de PC de 21,5 y 25,4 para forraje cosechado en Colombia. Al respecto se debe tener en cuenta que, la calidad nutricional de los pastos depende además de la edad del corte, de otras prácticas como el manejo agronómico, época de cosecha,

TABLA II
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILAJE DE AVENA
Y EL PASTO KIKUYO, SUMINISTRADO A LAS VACAS
EXPERIMENTALES

Fracción	Unidad	Ensilaje	Pradera
Materia seca (MS)	%Alimento	33,3	20
Proteína cruda (PC)	%MS	9,03	17,8
Fibra detergente neutro (FDN)	%MS	48	52
Fibra detergente ácido (FDA)	%MS	23	27
Hemicelulosa	%MS	24,7	24,6
Lignina	%MS	4,5	6,3
Extracto etéreo (EE)	%MS	8,00	2,00
Energía bruta (EB)	Mkal.kg ⁻¹ MS	4,03	4,12
Energía neta de lactancia (ENL)	Mkal.kg ⁻¹ MS	1,7	1,3
Cenizas	g/kg MS	7,03	9,1
Calcio (C)	g/kg MS	0,52	0,5
Fósforo (P)	g/kg MS	0,25	0,32

entre otras [22].

En cuanto al contenido de FDN y FDA del ensilaje se encontraron valores de 48 y 23,75%, respectivamente, valores menores para ensilajes de avena según lo reportado por Lopez y col. [46] (55% FDN y 31,4% FDA) y Mojica y col. [52] (67,2% FDN y 50,1% FDA), quienes establecieron el material y elaboraron ensilajes, en zonas de trópico alto de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, Colombia, respectivamente, con condiciones agroclimáticas muy similares a las del presente experimento. En caso de que se fuera a utilizar este suplemento como único alimento en épocas críticas de escases de forrajes, los valores de FDN (48 %) están dentro de los rangos que sugiere la NRC [55], de una FDN mínimo de 25% en la dieta, apropiada para estimular rumia y mantener activas las funciones ruminales [8].

El contenido de FDN generalmente se asocia con un bajo contenido de MS de las gramíneas, esta fracción se relaciona con un mayor llenado del rumen en detrimento del consumo de CMS [6,53]. En este trabajo se hallaron valores de FDN: 52% y de FDA: 27%, valores dentro de los rangos recomendados por la NRC [55] para vacas lactantes. Los valores de FDN y FDA en esta investigación concuerdan dentro de los rangos reportados por Cardona y col. [21] y Duque y col. [29], para muestras de Kikuyo con edades de 35 d de rebrote promedio, las cuales fueron FDN: 55 y 56% y FDA: 24 y 31, %, respectivamente.

La energía neta de lactancia (ENL) contenida en los alimentos es muy importante para mantener la productividad láctea [55], en la presente investigación los valores de ENL para el ensilaje de avena y para el pasto Kikuyo fueron de 1,7 y 1,3 Mcal/kgMS, respectivamente. El valor encontrado de ENL en el ensilaje de este trabajo, fue superior a lo reportado por Mojica y col. [52], también para ensilaje de *Avena sativa* (1,33 Mcal/kgMS). Además estos, mismos autores encontraron valores de ENL para el pasto Kikuyo de 1,57 vs 1,3 Mcal/kgMS hallados en las praderas de *Cenchrus clandestinus* en este estudio. En general, los valores de contenido energético de gramíneas utilizadas en la alimentación de vacas lecheras en zonas templadas oscila entre 1,53 y 1,67 ENL Mcal/kg/MS, valores muy por encima de los reportados en el país para el pasto kikuyo, gramínea base en los sistemas productivos lecheros en Colombia [25,49]. El bajo

valor energético de gramíneas como el Kikuyo hace necesario que se suplemente a los animales con fuentes nutricionales más energéticas, como el ensilaje de avena en zonas lecheras del trópico de altura colombiano.

Consumo de materia seca (CMS)

El CMS es una variable sumamente importante en nutrición de rumiantes, del CMS depende la disponibilidad de nutrientes totales, para mantener y mejorar el estatus nutricional y sanitario en el animal [55]. La estimación del CMS en bovinos en pastoreo sigue siendo una limitante técnica, debido a que son complejos los múltiples mecanismos que regulan el consumo y la selectividad del alimento [36]. El pasto Kikuyo es la gramínea predominante en los sistemas de lechería del departamento de Nariño, así como en la ganadería de trópico alto de Colombia. El kikuyo, pese a ser la base forrajera de bovinos tipo leche en el trópico alto andino de Colombia, tiene múltiples limitaciones; básicamente debido a su alto contenido de fibra detergente neutro (FDN), bajo contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) lo que hace que disminuya la palatabilidad y altas cantidades de PC, originadas por el exceso de fertilización nitrogenada [35, 56].

Aunque la FDN es importante para mantener activos los mecanismos de rumia, salivación, pH adecuado, y concentración de grasa en leche, generalmente los excesos de esta fracción es lo que más limita el consumo en rumiantes. Alta ingestión de FDN disminuye la tasa de pasaje ruminal [8,44], además de la cantidad de FDN, otros factores como; el sistema de pastoreo y la edad de corte inciden directamente sobre la calidad nutricional de las pasturas y su palatabilidad. En esta investigación el consumo de kikuyo/animal/d en todos los tratamientos (TTOS) fue de 10,41 kg/MS, este valor se obtuvo con la metodología de aforos, por lo tanto el dato es un valor promedio, el único consumo que varió fue el de CMST debido a la inclusión del ensilaje.

Los datos de consumo de kikuyo (10,41 kg/MS/d), están dentro del rango para vacas lecheras en el trópico alto colombiano, al respecto Betancur y Trujillo [13] y Flores y Correa, [33] encontraron en el norte del departamento de Antioquia, consumos de pasto kikuyo de 10,9 y 11,1 kg/MS/d en vacas Holstein de primer tercio de lactancia. Mejía y col. [50], también en la misma zona reportan

TABLA III
EFFECTO DE LOS NIVELES DE INCLUSIÓN DE ENSILAJE (AVENA), SOBRE EL CONSUMO DE MATERIA SECA (KG/MS/DÍA) EN VACAS F1 KIWI CROSS X HOLSTEIN

Componente	T1	EE±	T2	EE±	T3	EE±	P value
CMS ensilaje avena	-	-	3,0 ^b	0,1	4,72 ^a	0,15	<0,001
CMST	10,41	0,021	13,42 ^b	0,1	15,14 ^a	0,16	<0,001

CMS: consumo materia seca; CMST: consumo materia seca total; T1: 0% inclusión ensilaje de avena; T2: 0,8% inclusión ensilaje de avena; T3: 1,4% inclusión ensilaje de avena. EE: error estándar; a, b valores con superíndice no comunes en la horizontal difieren P<0,05 (Tukey).

consumos de 13,6 y 13,3 kg/MS/d en vacas Holstein pastoreando en un sistema silvopastoril y en un monocultivo de kikuyo, respectivamente, valores un poco mayores a lo encontrado en esta investigación. En cuanto al consumo de ensilaje de avena éste fue diferente ($P < 0,05$) entre los TTOS; T2 y T3, los cuales incluyeron 0,8 y 1,4% de ensilaje, respectivamente (respecto al PV). Para T2 se encontraron valores de 3,0 y para T3 de 4,72 kg/MS/ensilaje/d, estos datos de consumo confirman que efectivamente las vacas consumieron más ensilaje a medida que aumento la oferta y que probablemente si la oferta hubiera sido mayor el consumo posiblemente también; no siempre a mayor oferta se encuentra mayor consumo, esto depende de la calidad composicional, palatabilidad y forma de suministro del ensilaje. Al respecto, León y col. [45] encontraron valores de 3 y 6,74 kg/MS/ensilaje de avena/d en vacas Holstein de la sabana de Bogotá, con inclusiones del 0,7 y 1,4% de ensilaje respecto al PV. Al igual que en el presente estudio, los datos reportados por los anteriores autores concuerdan cuando se ofreció un nivel de ensilaje de avena de 0,8 y 0,7 % respecto al PV, pero cuando se ofreció el 1,7% de ensilaje, el consumo de las vacas kiwi-cross x Holstein fue menor (2,02 kg MS), respecto a las Holstein, la diferencia en el consumo; probablemente se dio debido al mayor tamaño del rumen y mayores requerimientos nutricionales de las Holstein, lo que aumenta la ingestión de ensilaje.

El ensilaje de avena es un suplemento de la pastura, cuando la dieta es basada solo en forraje de avena, se han encontrado valores de consumo mucho más alto que solo para ensilaje, como el que reportan Salgado y col. [54], de hasta 18,9 kg/MS/forraje de avena/d en vacas Holstein. En la presente investigación, el consumo del ensilaje fue bueno, éste podría ser una opción de suplementación en épocas de escasas de pasturas en la zona alto andina de Nariño, no obstante se debe seguir estudiando y relacionando el consumo de ensilaje de avena con la productividad animal y la relación costo-beneficio

En la TABLA IV se presentan los resultados para las variables de producción y calidad composicional de leche. En la presente investigación, la variable producción de leche (L/d) presentó diferencia estadística significativa ($P < 0,05$), no así para las

demás variables de calidad composicional (% grasa, % proteína, % sólidos totales, MUN (mg/dL)). Las vacas en los tratamientos (TTOS) T2 (0,8% inclusión ensilaje de avena) y T3 (1,4% de inclusión de ensilaje de avena) presentaron mayores niveles de producción de leche, respecto a T1 (0% inclusión ensilaje de avena). T2 produjo 0,65 Ly T3 1,14 L de leche más respecto a T1, la inclusión de los diferentes niveles de ensilaje de avena en la dieta aumentaron la producción de leche, aunque no hubo diferencia estadística entre los TTOS que incluyeron el ensilaje.

Para la variable producción de leche, la suplementación con ensilaje de avena presentó un efecto positivo, mejorando el rendimiento productivo de las vacas. Respecto a estos resultados, Bargo y col.[10] sostiene que, el objetivo de suplementar con ensilajes es tratar de aumentar el CMS y la ingestión de energía en los animales, respecto a aquellos valores que se pueden obtener solo con pastoreo. Holmes y col. [40] afirman que, la alimentación de las vacas lecheras debe estar basada en el consumo de forrajes, pero debido a que la cantidad y calidad de las pasturas no es constante a través del año, se hace primordial implementar estrategias de suplementación estratégica, para mantener y/o aumentar la producción de leche en los animales según su mérito genético.

Las vacas del experimento se encontraban en el primer tercio de lactancia, que es donde mayores requerimientos nutricionales tienen los bovinos, para sostener la alta producción láctea y garantizar un pronto retorno al celo [43]. En todos los TTOS se evidenció aumento de la producción de leche L/vaca/d, respecto a la producción inicial ($9,4 \pm 3,5$ L/vaca/d) debido seguramente a que las vacas continuaron acercándose a su pico de producción, en las semanas siguientes al inicio del experimento. Los animales que recibieron suplementación con ensilaje de avena (0,8 y 1,4 % respecto al PV, tuvieron mayor rendimiento productivo, debido posiblemente a un mayor consumo de energía, proveniente de carbohidratos no estructurales (CNE) y de la fracción energía neta de lactancia (ENL) que provenían del ensilaje, el cual posiblemente cubrió en mayor medida la demanda de nutrientes, comparativamente con aquellos animales que solo consumieron pasto kikuyo. Al respecto Correa y col. [24] encontraron en vacas

TABLA IV
EFECTO DE LOS NIVELES DE INCLUSIÓN DE ENSILAJE (AVENA), SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD COMPOSICIONAL DE LA LECHE EN VACAS F1 KIWI CROSS X HOLSTEIN

Componente	T1	EE±	T2	EE±	T3	EE±	P value
PL, litros/vaca/día	9,36a	0,4	10,01b	0,4	10,5b	0,4	0,0004
Contenido de grasa, %	4,02	0,21	4,01	0,21	4,21	0,21	0,7327
Contenido de Proteína %	3,45	1,27	3,4	1,27	3,45	1,27	0,4776
Contenido de Sólidos Totales %	12,45	0,38	12,53	0,38	12,63	0,38	0,8804
MUN (mg/ dL)	10,91	0,53	10,01	0,53	9,2	0,53	0,1449

T1: 0% inclusión ensilaje de avena; T2: 0,8% inclusión ensilaje de avena; T3: 1,4% inclusión ensilaje de avena. EE: error estándar; a, b valores con superíndice no comunes en la horizontal difieren $P < 0,05$ (Tukey).

Holstein de trópico alto colombiano, que existe correlación alta y positiva entre el consumo de ENL y la producción de leche. También añaden que es sistemas de pastoreo donde predomina el kikuyo, los valores de FDN y lignina son muy altos, lo que hace más crítico un buen aporte de energía para al animal, esto obliga a buscar fuentes de suplementación.

El efecto de la suplementación con ensilajes sobre la respuesta productiva (producción y calidad composicional) en vacas lecheras es variable. Se han reportado incrementos sobre la producción de leche y concentración de algunos nutrientes, al incluir ensilajes en la dieta, no obstante otros estudios no muestran cambios significativos para estas variables [58]. Según Mizubuti y col. [51], Mojica y col. [52] y Nkosi y col. [57], la respuesta animal a la suplementación con ensilajes está posiblemente relacionada con la calidad composicional del material ensilado, el nivel de oferta, la interacción ruminal de los nutrientes de la dieta y los requerimientos nutricionales del animal.

Para tratar de corroborar lo anterior, al realizar una búsqueda bibliográfica que comparara la utilización de ensilaje de avena en vacas lecheras, en trópico de altura y con condiciones similares a la de esta investigación, se encontró que el efecto del ensilaje sobre el rendimiento productivo de los animales es muy variable. Al respecto Lopez y col. [46] evaluaron tres TTOS (T1: pastoreo de kikuyo + ensilaje de avena; T2: pastoreo de kikuyo + ensilaje de avena + suplemento energético-proteico; T3: pastoreo de kikuyo + suplemento energético-proteico). La mejor respuesta en producción de leche la obtuvieron con el T2 (11,97 L), y para los TTOS T1 y T3 se encontraron valores de 9,3 y 10,3 L de leche, respectivamente. Los autores sostienen que, obtuvieron la mejor respuesta productiva al combinar dos fuentes energéticas (ensilaje + suplemento) con la pastura. Al respecto es bien sabido que, las pasturas utilizadas como base forrajera en los sistemas ganaderos de trópico alto del país, son deficientes en energía.

La deficiencia de carbohidratos solubles (CHOS), como fuente de energía en la dieta, es una de las principales limitantes para la producción de leche, así mismo esto se relaciona con bajos contenidos de proteína en la misma [25,68]. De ahí que los productores tengan que suplementar con fuentes energéticas como los alimentos concentrados, aumentando sus costos de producción, debido a que la mayoría de materias primas son importadas. O por el contrario, elaborar y utilizar ensilajes de cereales como la *Avena sativa*, las cual puede ser una fuente de alimentación mucho más barata que los concentrados [9].

Elizalde y col. [30] evaluaron el efecto de tres ensilajes de cereales (*Avena sativa*, *Triticum* spp y *Hordeum vulgare*) sobre la producción de leche en vacas de primer parto de la raza Overo colorado. Los resultados concluyeron que la mayor productividad ($P < 0,05$) fue para las vacas que consumieron ensilaje de cebada (14,2 L/leche/d y consumo de ensilaje: 11,7 kg/MS/d), seguido de ensilaje de avena y de trigo (E avena: 13,2 L/leche/d y 10,2 kg/MS/d y E trigo: 13,3 L/leche/d y 12,3 kg/MS/d), a las vacas

en todos los TTOS se les ofreció 2,75 kg/MS de un suplemento energético-proteico. Los autores argumentan que la mayor productividad para los animales suplementados con ensilaje de *Hordeum vulgare* se debió posiblemente a un mayor consumo de éste, debido a su menor contenido de FDN y FDA y mayor % de carbohidratos solubles, respecto a los otros dos cereales. Lo que confirma la teoría de que el valor nutricional del ensilaje incide de manera directa sobre la productividad, independiente del mérito genético del animal para producir leche.

Guadarrama y col. [37] evaluaron durante 12 semanas (sem) (época seca) el efecto del ensilaje de avena y de maíz (*Zea maíz*), sobre la productividad de vacas Holstein, pastoreando praderas de *Lolium perenne* y *Trifolium repens* en pequeñas ganaderías en el trópico alto de México. Los resultados de la investigación no arrojaron diferencia estadística sobre la producción de leche entre los TTOS (16 L/vaca/d). Sin embargo, las vacas suplementadas con ensilaje de maíz, tuvieron una mejor condición corporal al finalizar la investigación.

También en zona de trópico alto en Costa Rica, Yuste y col. [69], utilizando vacas Jersey (peso promedio 350 kg), pastoreando praderas de *Cenchrus clandestinus* encontraron que, al suplementar los animales con 1,5 kg/MS/ensilaje de avena, hubo tendencia ($P = 0,0925$) al incremento de la producción de leche. Las vacas suplementadas con el ensilaje de avena tuvieron una producción de 15,6 L/vaca/d vs 14,8 L/vaca/d de las vacas no suplementadas con el ensilaje. En dicho experimento no se presentó diferencia estadística para las variables porcentaje (%) proteína y (%) grasa, siendo los promedios de 3,55 y 4,51 para ambos tratamientos, respectivamente.

Investigando sobre cómo implementar suplementación estratégica y como mejorar la respuesta productiva de bovinos en zonas de trópico alto de Colombia, Mojica y col. [52], evaluaron el efecto de la inclusión de 0; 0,7 y 1,4% PV de ensilaje de *Avena sativa*, sobre variables productivas en vacas Holstein, pastoreando praderas de Kikuyo. Según los autores, la suplementación con ensilajes no afectó la producción diaria de leche/vaca ($P > 0,05$), encontrándose valores de 22,2 L/vaca/d (0% inclusión de ensilaje), 20,1 L/vaca/d (0,7% inclusión) y de 20,1 L/vaca/d (1,4 % inclusión).

Así mismo, los autores reportan que los sólidos totales (ST) variaron ($P < 0,01$) dependiendo el tercio de lactancia, disminuyendo su concentración en vacas de primer vs vacas de segundo tercio. Así mismo, la concentración de proteína se vio disminuida en vacas de segundo tercio respecto a vacas de primer tercio, a medida que se aumentó la oferta de ensilaje en la dieta, la grasa en leche también varió, ésta aumentó ($P < 0,01$) a medida que la oferta de ensilaje fue mayor y fue más evidente este cambio en animales de segundo tercio de lactancia. Los autores concluyen que, la suplementación con ensilaje de avena sobre variables productivas en vacas lecheras tiene efectos variables según el nivel de inclusión y tercio de lactancia, para lo cual aconsejan seguir realizando evaluaciones al respecto.

El efecto menos significativo en la suplementación nutricional de vacas lecheras, es la fracción proteínica de la leche, este componente depende mucho de la genética del animal y en menor medida de aspectos nutricionales o ambientales [10]. Al respecto, en la presente investigación los valores de proteína no presentaron diferencia estadística, el promedio general para todos los TTOS fue de 3,43%, valor dentro de los rangos normales para este tipo de cruce y sin alteraciones respecto a los datos de proteína en leche al iniciar el experimento, los cuales fueron de $3,4 \pm 0,32$ %. Se debe recordar que las vacas del presente ensayo fueron de primer parto, por lo tanto se espera que sigan aumentando paulatinamente la concentración de proteína entre el 0,02 y 0,05 %, a medida que aumenten las lactancias [7]. En cuanto al promedio de proteína de la raza Holstein en vacas adultas multíparas, el cual según Hwang y col. [41], oscila entre 3,15 a 3,25% y cuya raza predomina en la zona alto andina de Colombia, los valores de proteína en esta investigación (donde se encuentra incluido la genética Holstein) fueron mayores. Pese a que las vacas aún les falta madurez fisiológica, esto podría dar un indicio del mérito genético del cruce Kiwi cross x Holstein en sintetizar sólidos en leche.

Al contrario de la proteína, la concentración de grasa en leche si está altamente influenciada por la calidad nutricional de la dieta, en gran parte por el nivel y la calidad de la fibra ingerida por el animal. Al respecto se considera que hay relación entre el contenido graso y los valores de FDN y FDA de la ración [3]. El contenido de grasa en leche en este trabajo fue en promedio de 4,08%, sin embargo hubo un leve incremento numérico para la grasa en leche de las vacas en el T3 (1,4% de inclusión de ensilaje de avena). En T3 se encontraron valores de grasa de 4,21%, mayor que los valores hallados en T1 (4,02%) y T2 (4,01%), en teoría la concentración total de FDN en las dietas (forraje + ensilaje) para los diferentes TTOS fue: T1: 52%, T2: 51% y T3: 51% de FDN.

Los valores de grasa están dentro de los rangos normales para la raza y tipo de manejo. Los datos hallados de FDN en todos los TTOS, se ajustan a lo sugerido por la NRC y proviene en su mayoría del forraje (>75%). Según lo reportado por Banakar y col. [8], cuando hay un adecuado consumo de fibra efectiva se mejora la rumia, salivación y se obtiene un pH adecuado a nivel ruminal, lo que favorece la síntesis de grasa láctea. En esta investigación

los datos de consumo de FDN son similares, pese a que la oferta de ensilaje vario según el TTO; no obstante la concentración de grasa se mantuvo estable, posiblemente debido a una adecuada ingestión de FDN efectiva.

La urea es el producto final del metabolismo de las proteínas. Algunas proteínas que la vaca no utiliza en su metabolismo y producción, se descomponen en amoníaco (NH₃), el cual es tóxico para los tejidos y se convierte en urea en el hígado [16]. Para la variable MUN (miligramos (mg)/decilitros (dL)) no se presentó diferencia estadística entre los TTOS. Los valores de MUN fueron respectivamente T1: 10,91; T2: 10,01 y T3: 9,2 (mg/dL), valores que están considerados dentro del rango normal según Doo Hong, [28], el cual sostiene que valores de MUN entre 9 y 12 (mg/dL), se consideran como buenos y donde hay buen uso del nitrógeno. El MUN es una herramienta muy importante para tratar de evaluar el balance y uso de proteína y energía a nivel ruminal.

El MUN indica la concentración de urea que se encuentra en la leche y está altamente correlacionada con la concentración de urea en sangre [28]. En vacas lecheras de trópico alto, debido al manejo nutricional, casi siempre un contenido total de proteínas alto, combinado con bajas concentraciones de energía en la dieta, son los responsables del contenido de urea en la leche [27]. La determinación del MUN en leche, es una herramienta práctica en la que el productor puede tomar decisiones, evitando excesos o deficiencias nutricionales.

En la TABLA V, se muestran los resultados de las variables de perfil metabólico (BUN, Colesterol y Glucosa (mmol/L), para las cuales no se encontró diferencia estadística (P>0,05). Las concentraciones de metabolitos sanguíneos representan la guía de un adecuado estatus de nutrientes, con relación a la utilización de los mismos. Los valores de estos metabolitos generalmente son independientes del estado fisiológico del animal y permiten una indicación inmediata del estado nutricional en un momento determinado [59, 62].

Al respecto Campos y col. [20] evaluaron variables de perfil metabólico en siete grupos raciales lecheros, en el sur occidente de Colombia y cuyo manejo era basado en pastoreo. Para el caso de los animales Holstein y Jersey, las cuales son el tipo racial con más parentesco a la Kiwi cross x Holstein estudiada

TABLA V
EFFECTO DE LOS NIVELES DE INCLUSIÓN DE ENSILAJE (AVENA), SOBRE VARIABLES DE PERFIL METABÓLICO EN VACAS F1 KIWICROSS X HOLSTEIN

Componente	T1	EE±	T2	EE±	T3	P-value
BUN (mmol/L)	4,85	0,38	4,51	0,38	4,44	0,9753
Colesterol (mmol/L)	2,6	0,34	2,8	0,33	3,5	0,2445
Glucosa (mmol/L)	5,21	0,44	5,01	0,45	5,1	0,2642

T1: 0% inclusión ensilaje de avena; T2: 0,8% inclusión ensilaje de avena; T3: 1,4% inclusión ensilaje de avena BUN: nitrógeno ureico en sangre; EE: error estándar; a, b valores con superíndice no comunes en la horizontal difieren P<0,05 (Tukey).

en este experimento, encontraron valores de BUN de 3,7 y 3,3 mmol/L para Holstein y Jersey respectivamente, menores a las encontradas en este trabajo. El valor de BUN en esta investigación, está dentro del normal para vacas lactantes que debe ser máximo 6,94 mmol/L, valores por encima de este, se asocian con índices de baja fertilidad hasta de un 20% en vacas lecheras [63].

Los valores de colesterol no mostraron diferencia estadística ($P > 0,05$), siendo el promedio de 2,96 mmol/L para todos los TTOS. Los valores de referencia para colesterol están un poco mayores respecto al rango normal que se sugiere en vacas lecheras, se indica que un rango adecuado debe oscilar entre 1,5 y 2,28 mmol/L [43]. Así mismo en esta investigación, los valores de colesterol son mayores que lo reportado por Campos y col. [20] para vacas Holstein (2,1 mmol/L) y para vacas de la raza Jersey (2,3 mmol/L), tipos raciales afines con los evaluados en esta investigación. Generalmente los bajos niveles de colesterol en sangre se relacionan con menor síntesis de hormonas tiroideas, entre ellas los estrógenos y la progesterona. Normalmente los valores de colesterol en vacas lecheras no son altos, por lo tanto se les asocia con bajos índices a nivel reproductivo, de ahí la importancia de medir este parámetro en el hato.

Los valores medios para colesterol (mmol/L) en este ensayo concuerdan con los reportados por Gómez [34], en vacas lecheras *Bos taurus x Bos indicus*, (en fincas ganaderas del departamento del Valle del Cauca-Colombia) al ser suplementadas con una fuente energética (propilenglicol), encontró medias de colesterol de 2,9 mmol/L. en la misma investigación se reporta que la concentración sérica de colesterol fue disminuyendo a medida que avanzó la lactancia, lo cual concuerda con autores como Seifi y col. [66]. Lo anterior se puede explicar debido a la tendencia que tiene el animal a mantener síntesis de lípidos como tejidos de reserva, disminuyendo así la síntesis de colesterol, cuya demanda no es tan alta en el parto y a medida que avanza la lactancia [2].

Según Kaneko y col. [42], las concentraciones séricas normales de glucosa deben estar entre 2,5 y 4,16 mmol/L, en este ensayo las vacas en todos los tratamientos estuvieron por encima de este rango, siendo el promedio de 5,1 mmol/L. Al respecto Macrae y col. [47] consideran que, los valores óptimos de glucosa en vacas lactantes deben estar por encima de 3 mmol/L. Valores de MUN altos y bajos niveles de glucosa en sangre, se asocian con un balance energético negativo (BEN) en las vacas. Cuando los niveles de glucosa se encuentran por debajo de 3 mmol/L, los rumiantes acuden a la gluconeogénesis para completar los requerimientos de glucosa, utilizando como precursor propionato en el hígado [62]. Al parecer el nivel de nutrientes (energía-proteína) suministrados en las diferentes dietas (TTOS) fue adecuado, ya que los animales no presentaron síntomas de BEN, ratificado por los valores de MUN-BUN moderados y los

valores de glucosa en sangre (mmol/L) apropiados, los cuales no indicaron deficiencia de glucosa.

CONCLUSIONES

En la presente investigación, el suministro de ensilaje de avena mejoró la producción de leche en las vacas, respecto al tratamiento control. La composición de la leche (proteína, grasa, sólidos totales y nitrógeno ureico en leche) no fue afectada por los tratamientos experimentales y se mantuvo dentro de los rangos normales para el tipo racial empleado. Además, los valores de perfil metabólico (Glucosa, Colesterol y BUM) fueron similares entre tratamientos y estuvieron dentro del rango considerado normal. Para la zona alto-andina del departamento de Nariño, la utilización de ensilajes de cereales se constituye en una alternativa viable para aumentar la producción de leche y, de igual manera, podría evitar la marcada disminución de la producción láctea asociada a la estacionalidad de la producción forrajera. Se hace conveniente seguir evaluando este cereal forrajero (*Avena sativa L-Cayuse*) u otras variedades de avena, como posibles alternativas para suplir el déficit de materia seca y de energía, los cuales aumentan en las épocas de sequía en la zona.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Convenio Especial de Cooperación de Ciencia Tecnología e Innovación No. 882 – 2015 entre el Departamento de Nariño, y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia. Financiado con recursos del Sistema General de Regalías SGR Asignados al Departamento de Nariño y recursos propios de AGROSAVIA. Gracias a este convenio se pudo desarrollar el Macroproyecto “Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de la leche en el trópico alto del departamento de Nariño”, que es de donde proviene este artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABEYSEKARA, S. The Nutritional Value of Oat Forages for Dairy Cows. 2004. Department of Animal and Poultry Science. University of Saskatchewan. Canadá. On line: <https://www.researchgate.net/publication/33675813>. 8.11.2018.
- [2] AEBERHARDK, B. Metabolic, Enzymatic and Endocrine Status in High-Yielding Dairy Cows - Part 2. **J.Vet.Med.** 48(2): 111-127. 2001.
- [3] ANDRADE, L.; BRAGA, R.; GUIMARÃES, P.; MATTANA, H.; GESTEIRA, S.; ROCHA, G. Performance of lactating dairy cows fed sunflower or corn silages and concentrate based on citrus pulp or ground. **Rev. Bras. Zoot.** 46(1):56-64. 2017.

- [4] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). AOAC Official method 972.16 Milk. Mid-infrared spectroscopic method. In: Official Methods of Analysis of AOAC International, AOAC. 105 pp. 2005.
- [5] APRÁEZ, J. E.; INSUASTY, E. G.; PORTILLA, J. E.; HERNÁNDEZ, W. A. Composición nutritiva y aceptabilidad del ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*), enriquecido con arbustivas: acacia (*Acacia decurrens*), chilca (*Braccharis latifolia*) y sauco (*Sambucus nigra*) en ovinos. **Vet. Zoot.** 6(1): 25-35. 2012.
- [6] ARELOVICH, H.M.; ABNEY, C.S.; VIZCARRA, J.A.; GALYEAN, M.L. Effects of Dietary Neutral Detergent Fiber on Intakes of Dry Matter and Net Energy by Dairy and Beef Cattle: Analysis of Published Data. **The Professional Anim. Sci.** 24(5):375–383. 2008.
- [7] BAILEY, K.; JONES, C.; HEINRICH, J. Economic returns to Holstein and Jersey herds under multiple component pricing. **J. Dairy Sci.** 88: 2269-2280. 2005.
- [8] BANAKAR, P.S.; ANAND - KUMAR, N.; SHASHANK, C.G.; NEETI, L. Physically effective fibre in ruminant nutrition: A review. **J. Pharmacog. Phytochem.** 7(4): 303-308. 2018.
- [9] BARAHONA, R.; CUESTA, P.; BÁEZ, F. Producción y evaluación del uso de ensilajes en sistemas de producción de lechería especializada de Nariño. 2003. Agrosavia-Fedegan. Colombia. En Línea: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/16535/40656_26057.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 8.11.18.
- [10] BARGO, F.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S.; DELAHOY, J.E. Invited Review: production and digestión of supplemented dairy cowa on pasture. **J. Dairy Sci.** 86(1): 1 - 42. 2003.
- [11] BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.M.; WALKER, S.C. Package lme4: linear mixed-effects models using Eigen and S4. **R package.** 1: 1-9. 2014.
- [12] BENAVIDEZ, C.C.; MATTA, S.L. Ensilaje de afrecho de cervecería en sistemas de producción lechera de la Sabana de Bogotá. **Corpoica. Cien.Tecnol.Agro.** 11(2): 165-172. 2010.
- [13] BETANCUR, J. F.; TRUJILLO, L. G. Balance de nitrógeno en vacas lecheras de alta producción alimentadas con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y dos niveles de suplementación de proteína no degradable en el rumen. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Trabajo de Grado. 30 pp. 2004.
- [14] BHANDARI, S. K.; NYACHOTI, C. M.; KRAUSE, D. O. Raw potato starch in weaned pig diets and its influence on postweaning scours and the molecular microbial ecology of the digestive tract. **J. Anim. Sci.** 87: 884-893. 2008.
- [15] BILAL, M.; AYUB, M.; TARIQ, M.; TAHIR, M.; NADEER, M.A. Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. **J. Soc.Agricult.Sci.** 16: 236-241. 2017.
- [16] BONIFAZ, N.; GUTIÉRREZ, F. Correlación de niveles de urea en leche con características físico-químicas y composición nutricional de dietas bovinas en ganaderías de la provincia de pichincha. **LA GRANJA. Rev.Cien.la Vida.** 18(2): 33-42. 2013.
- [17] BONNET, O.; HAGENAH, N.; HEBBELMANN, L.; MEURET, M.; SHRADER, A.M. Is Hand Plucking an Accurate Method of Estimating Bite Mass and Instantaneous Intake of Grazing Herbivores?. **Rangeland Ecol. Manage.** 64:366–374. 2011.
- [18] BOSCHINI, C.; PINEDA, L. Ensilaje de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* o *Kikuyuocloa clandestina*) fermentado con tres aditivos. **Agron. Mesoam.** 27(1): 49-60. 2016.
- [19] CALPA, A.S.; MELO, S.L. Valoración nutritiva del ensilaje Obonuco Triticale 98 (*Triticum* spp.) y avena (*Avena sativa*) línea 15/85 y cayuse en la alimentación de vacas holstein mestizo en producción en el altiplano de Pasto-Colombia. 2003. En Línea: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/bibliotecavirtual/viewer.aspx?&var=62522>. 15.11.2018.
- [20] CAMPOS, R. C. Indicadores metabólicos en razas especializadas en condiciones Tropicales en Colombia. **Acta Agron.** 56(2): 85-92. 2007.
- [21] CARDONA, J.L.; MAHECHA, L.; ANGULO, J. Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de *Tithonia diversifolia*, *Cenchrus clandestinum* y grasas poliinsaturadas. **Agron. Mesoam.** 28(2): 405-426. 2017.
- [22] CARO, F.; CORREA, H.J. Digestibilidad posruminal aparente de la materia seca, la proteína cruda y cuatro macrominerales en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. **Livest. Res.Rural Develop.** 18(10): 143. 2006.
- [23] CASTRO, E.; CARULLA, J.; CÁRDENAS, E. Productive potential of *Lotus uliginosus* in specialized dairy systems at the high altitudes of Colombian Andes. **Irish J. Agr. Food Res.** 48: 277. 2009.
- [24] CORREA, H. J.; PABÓN, M. L.; SANCHEZ, M.; CARULLA, J. E. Efecto del nivel de suplementación sobre el uso del nitrógeno, el volumen y la calidad de la leche en vacas Holstein de primero y segundo tercio de lactancia en el tró-

pico alto de Antioquia. **Livest. Res.Rural Develop.** 23(4): 77. 2011.

- [25] CORREA, C.H. J.; PABÓN, R.M.L.; CARULLA, F.J.E. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. **Livest. Res.Rural Develop.** 20(4): 59. 2008.
- [26] CORREA, H. J. Kinetics of macro-mineral release in the rumen from Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) harvested at two cutting intervals. **Livest. Res.Rural Develop.** 18 (2): 31. 2006.
- [27] CORTES, G.L.; MARROQUÍN, C.A.; ORTIZ, K.B. Evaluation of the ureic nitrogen parameter in milk obtained in a period of seven months in Hacienda la Montaña, Antioquia, Colombia. **REDVET** 19(3): 1-10. 2018.
- [28] DOO-HONG, M. What is Milk Urea Nitrogen and How is It Interpreted? 2013. Food Mr C Biology - Extension Forage Specialist, MSU UPES. En Línea: https://www.canr.msu.edu/uploads/files/Research_Center/UPREC/Animal_Nutrition/milk_urea_nitrogen.pdf. 15.11.2018.
- [29] DUQUE, M.; ROSERO, R.; OLIVERA, M. Digestión de materia seca, proteína cruda y aminoácidos de la dieta de vacas lecheras. **Agron. Mesoam.** 28(2): 341-356. 2017.
- [30] ELIZALDE, H. F.; MENÉNDEZ, A. M. Evaluación de ensilajes de cereales de grano pequeño, sobre la producción de leche de vacas overo colorado. **Agro. Sur.** 32(2): 54-59. 2004.
- [31] ESPITIA, R.E.; VILLASEÑOR, M.H.; TOVAR - GÓMEZ, R.; LIMÓN, O.A. Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. **Rev. Mex.Cien. Agr.** 3(4): 771-783. 2012.
- [32] FEDNA, C.S.; FERRET, A.; BATH, A. Tablas nutritivas de forrajes y subproductos fibrosos húmedos 2nd.Ed. 2016, Fundación española para el desarrollo de na nutrición animal. En Línea: <http://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo>. 5.11.18.
- [33] FLÓREZ, L. A.; CORREA, H. J.; Efecto del tercio de lactancia y la época del año sobre el consumo de materia seca en vacas Holstein pastoreando kikuyo. **Rev CES Med. Vet. Zoot.** 12 (3): 181-194.2017.
- [34] GÓMEZ, L.L. Efecto de dos suplementos energéticos sobre el control del balance energético negativo en vacas de producción de leche. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencia Animal Palmira, Colombia. Trabajo de Grado. 69 pp. 2015.
- [35] GÓMEZ, L.M.; POSADA, S.L.; OLIVERA, M.; ROSERO, R.; AGUIRRE, P. Análisis de rentabilidad de la producción de leche de acuerdo con la variación de la fuente de carbohidrato utilizada en el suplemento de vacas Holstein. **Rev. Vet. Med.** 34:9-22. 2017.
- [36] GORDON, I.J.; PRINS, H.H. Introduction: Grazers and Browsers in a Changing World. In: **The Ecology of Browsing and Grazing.** Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. Pp 309-319. 2008.
- [37] GUADARRAMA, J.; ESPINOZA, A.; GONZÁLEZ, C. E.; ARRIAGA, C.M. Inclusion of Maize or Oats-vetch Silage for Grazing Dairy Cows in Small-scale Campesino Systems in the Highlands of Central Mexico. **J. Appl.Anim. Res.** 32:19-23. 2007.
- [38] HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.** 15: 663-670. 1975.
- [39] HOLDRIDGE, L.E. La clasificación de las zonas de vida de Holdridge. **Ecología basada en zonas de vida.** Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 215 pp. 1978
- [40] HOLMES, C.W.; BROOKES, I.M.; GARRICK, D.J.; MACKENZIE, D.D.S.; PARKINSON,T.J.; WILSON, G.F. Grassland management. In: **Milk production from pasture. Principles and practices.** Massey University. New Zealand. 601 pp 2002.
- [41] HWANG, S.Y.; LEE, M.; CHIOU, P.W. Monitoring nutritional status of dairy cows in Taiwan using milk protein and milk urea nitrogen. **Asian-Aus. J. Anim. Sci.** 13(12): 1667-1673. 2000.
- [42] KANEKO, J.; HARVEY, J.; BRUSS, M. Carbohydrate metabolisms and its diseases. **Clinical Biochemistry of Domestic Animal.** Pp 46-80. 2008.
- [43] KOLVER, E. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. **Proceedings of the Nutrition Society.** Dexcel (Formerly Dairyng Research Corporation) New Zealand. 62: 91-300. 2003.
- [44] KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A.J.; LEHMAN, H. A.; The effect of corn silage particle size on eating behaviour, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. **J Dairy. Sci.** 86:3343-3353. 2003.
- [45] LEÓN, J.M.; MOJICA, J.E.; CASTRO, E.; CARDENAS, E.A.; PABON, M.L.; CARULLA, J.E. Balance de nitróge-

- no y fósforo de vacas lecheras en pastoreo con diferentes ofertas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) suplementadas con ensilaje de avena (*Avena sativa*). **Rev. Col. Cien. Pec.** 21: 559-570. 2008.
- [46] LÓPEZ, A.D.; SAAVEDRA, M.G.F.; ARREAZA, L.C.; MUÑOZ, M.J.G.; RODRÍGUEZ, M.C.E. Systems of feeding evaluation, like strategy to confront the seasonality in dairy cattle. **Cien. Agricult.** 9(2): 39-46. 2012.
- [47] MACRAE, A.; WHITAKER, D. A.; BURROUGH, E.; DOWELL, A.; KELLY, J. M. Use of metabolic profiles for the assessment of dietary adequacy in UK dairy herds. **Vet. Rec.** 159(20):655-61. 2006.
- [48] MATTA, S.L.; Estrategias modernas para la conservación de forrajes en sistemas de producción bovina tropical. **Corpoica. Cien. Tecnol.Agrop.** 6(2): 69-80. 2005.
- [49] MEESKE, R.; ROTHAU, A.; MERWE, G. D.; GREYLING, J.F. The effect of concentrate supplementation on the productivity of grazing Jersey cows on a pasture based system. **South African J. Anim.Sci.** 36 (2): 105–110. 2006.
- [50] MEJÍA, E.; MAHECHA, L.; ANGULO, A. Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. **Agronom. Mesoamer.** 28 (2): 389-403. 2017.
- [51] MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; ROCHA, M.A.; SILVA, L.D.F.; PINTO, A.P.; FERNANDES, W.C.; ROLIM, M.A. Consumo e digestibilidade aparente das silagens de milho (*Zea Mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e girassol (*Helianthus annuus* L.). **Rev. Brasil.Zoot.** 31(1): 267-272. 2002.
- [52] MOJICA, J.E.; CASTRO, E.; LEÓN, J.M.; CÁRDENAS, E.A.; PABÓN, M.L.; CARULLA, J.E. Efecto de la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. **Corpoica. Cien. Tecnol.Agrop.** 10(1): 81-90. 2009.
- [53] MORALES, A.; LEÓN, J.; CÁRDENAS, E.; AFANADOR, G.; CARULLA, J. 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. 2013.
- [54] MUTAVHATSINDI, T.F.; NKOSI, B.D.; BALOYI, J.J.; LANGA, T. Effects of a fibrolytic enzyme and bacterial inoculants on the fermentation, chemical composition and aerobic stability of ensiled potato hash. **South African J. Anim. Sci.** 48(2): 244-252. 2018.
- [55] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (NRC) .The nutrient requirement of dairy cattle. 7th.Ed. National Academy Press, Washington, D. C. Pp 381. 2001.
- [56] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (NRC). Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th.Ed. Natl. Acad. Press. Washington, DC. Pp 248. 2000.
- [57] NKOSI, B.D.; MEESKE, R.; LANGA, T.; THOMAS, R. Effects of bacterial silage inoculants of whole-crop silage fermentation and silage digestibility in rams; **South Africa J. Anim. Sci.** 41(4): 350-359. 2011.
- [58] OZDUVEN, M. L.; KURSUN, Z.; KOC, F.; The Effects of Bacterial Inoculants and/or Enzymes on the Fermentation, Aerobic Stability and *in vitro* Dry an Organic Matter Digestibility Characteristics of Triticale Silages. **Kafkas Univ. Vet. Fak Derg.** 16 (5): 751-756. 2010.
- [59] PAMBU, R.; CRONJE, P.B.; CASEY, N.H. An evolution for the use of blood metabolite concentrations as indicator of nutritional status in free-ranging indigenous, goats. **South African J. Anim. Sci.** 30(2): 115-120. 2000.
- [60] RAMÍREZ, J.; SANDRA - POSADA, S.O.; NOGUERA, R. Effects of Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) age and different forage: concentrate ratios on methanogenesis Efecto de la edad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y la relación forraje: concentrado sobre la metanogénesis. **Rev.MVZ Córdoba.** 20(3):4726-4738. 2015.
- [61] RANGEL, E.; VILLASEÑOR, H.E.; TOVAR, R.; OLÁN, M.; LIMÓN, A. Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. **Rev. Mex.Cien. Agríc.** 3(4): 771-783. 2012.
- [62] RAZZ, R. Y.; TYRONE, C. Urea, Phosphorus, Glucose and Insulin Contents of Lactating Cows Supplemented with Concentrate in a *Panicum maximum* and *Leucaena leucocephala* System. **Rev.Cientif.FCV-LUZ.** XIV (4): 365-369. 2004.
- [63] RHOADS, M. L.; GILBERT, R. O.; LUCY, M. C.; BUTLER, W. R. Effects of Urea Infusion on the Uterine Luminal Environment of Dairy Cows. **J. Dairy Sci.** 87 (9): 2896–2901. 2004.
- [64] RONCALLO, F.B.; SIERRA, M. A.; CASTRO, R.E. Rendimiento de forraje de gramíneas de corte y efecto sobre calidad composicional y producción de leche en el Caribe

- seco. **Corpoica. Cien.Tecnol.Agrop.** 13 (1): 71-78. 2012.
- [65] SALGADO, P.; THANG, V. Q.; THU, T. V.; TRACH, N. X.; LECOMNTE, P.; CUONG, V. C.; RICHARD, D.; Oats (*Avena strigosa*) as winter forage for dairy cows. **Trop. Anim. Health Prod.** 45(2):561-8. 2013.
- [66] SEIFI, H, A.; GORJI, M.; MOHRI, M.; DALIR, B.; FARZANEH, N. Variations of energy-related biochemical metabolites during transition period in dairy cows. **Compend. Clin.Pathol.** 16(2): 253–258. 2007.
- [67] SILVA, B.O.; LEITE, L.A.; FERREIRA, M.I.C.; FONSECA, L.M.; REIS, R.B. Silagens de girasol e de milho em dietas de vacas leiteiras: produção e composição do leite. **Arquiv.Brasil.Med.Vet.Zoot.** 56(6): 750-756. 2004.
- [68] SOTO, C.; VALENCIA, A.; GALVIS, R. D.; CORRERA, H. J. Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). **Rev. Col. Cien. Pec.** 18(1): 17-26. 2005.
- [69] YUSTE, S.; SÁNCHEZ, W.; VEGA, A.; GUADA, J. A. Effects of substitution of kikuyu forage by oat silage on milk production and quality in dairy cows. 2016. Unión de entidades Españolas de Ciencia Animal (UEECA). España. En Línea. <http://ueeca.agripa.org/attachment/55c0b531-ff80-4c83-89e6-793001e264af> 15.11.2018.