

## Artículo científico

## Evaluación de tres cultivares de *Lolium perenne* L. con vacas lecheras, en el trópico alto de Nariño-Colombia

### Evaluation of three *Lolium perenne* L. cultivars with dairy cows, in the high tropic of Nariño-Colombia

Edwin Castro-Rincón, Juan Leonardo Cardona-Iglesias, Filadelfo Hernández-Oviedo, Martín Valenzuela-Chiran y Yesid Avellaneda-Avellaneda

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, Centro de Investigación Obonuco Km 5 Vía Pasto-Obonuco, Nariño, Colombia

Correo electrónico: [ecastro@agrosavia.co](mailto:ecastro@agrosavia.co)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9841-8242>

#### Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar tres cultivares de ryegrass (*Lolium perenne* L.) con vacas lecheras, en el trópico alto de Nariño-Colombia, en dos localidades: Pasto (PAS) y Cumbal (CUM). En cada localidad se utilizaron nueve vacas, en un diseño cuadrado latino (3 x 3) con tres tratamientos (T), correspondientes a cada cultivar a evaluar: T1: ryegrass Columbia, T2: ryegrass Samson, T3: ryegrass Ohau. Se estimó el consumo de materia seca (CMS) y la producción de leche (PL), y se recolectaron muestras para analizar: grasa, proteína, sólidos totales y nitrógeno ureico en leche (MUN). No hubo diferencia estadística en el CMS entre los ryegrass en las localidades. En PAS se hallaron diferencias significativas entre cultivares en la variable producción de leche ( $p < 0,05$ ); con Samson y Ohau se obtuvo mayor producción (17,5 y 17,1 kg/vaca/día) respecto al Columbia (15,5 kg/vaca/día). En el contenido de grasa y sólidos no grasos en leche, no hubo diferencias entre los tratamientos en ninguna de las dos localidades. En cambio, se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en la proteína en leche en PAS (3,48; 3,61 y 3,47 % para Columbia, Samson y Ohau, respectivamente). Para la variable MUN (mg/dL), se observó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en la localidad de PAS. Se concluye que los cultivares de *L. perenne* presentaron características nutricionales similares en las dos localidades donde se establecieron. La respuesta en producción y calidad composicional láctea se consideró buena, teniendo en cuenta que los animales no recibieron suplementación y el experimento se realizó en la época de seca, en la cual los rendimientos de las pasturas disminuyen.

Palabras clave: Adaptación, consumo, producción lechera.

#### Abstract

The objective of the study was to evaluate three ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars with dairy cows, in the high tropic of Nariño-Colombia, in two localities: Pasto (PAS) and Cumbal (CUM). In each locality nine cows were used, in a Latin square design (3 x 3) with three treatments (T), corresponding to each cultivar to be evaluated: T1: ryegrass Columbia, T2: ryegrass Samson, T3: ryegrass Ohau. The dry matter intake (DMI) and milk production (MP) were estimated, and samples were collected to analyze: fat, protein, total solids and milk ureic nitrogen (MUN). There was no statistical difference in the DMI among the ryegrasses in the localities. In PAS significant differences were found among cultivars in the variable milk production ( $p < 0,05$ ); with Samson and Ohau higher production was obtained (17,5 and 17,1 kg/cow/day) with regards to Columbia (15,5 kg/cow/day). In the content of fat and non-fatty solids in the milk, there were no differences among the treatments in any of the two localities. However, significant difference ( $p < 0,05$ ) was found in the milk protein in PAS (3,48; 3,61 and 3,47 % for Columbia, Samson and Ohau, respectively). For the variable MUN (mg/dL), significant difference ( $p < 0,05$ ) was observed in the PAS locality. It is concluded that *L. perenne* showed similar nutritional characteristics in the two localities where they were established. The response in milk production and compositional quality was considered good, taking into consideration that the animals did not receive supplementation and the trial was conducted in the dry season, in which the pasture yields decrease.

Keywords: Adaptation, intake, milk production

#### Introducción

Los sistemas pecuarios basados en forrajes desempeñan un papel clave en la economía rural de los países en desarrollo, y se afirma que la productividad depende de la disponibilidad de alimento y en menor cuantía de los requerimientos nutricionales de los animales (Enciso *et al.*, 2018).

En el trópico alto colombiano son marcados los periodos de lluvia e intensos veranos, variabilidad climática que afecta directamente la oferta de forraje y de nutrientes para el animal. Los efectos de las variaciones climáticas conllevan la llamada «estacionalidad forrajera», e impactan negativamente en la productividad de los sistemas pecuarios (Gerber *et al.*, 2013). Los sistemas ganaderos deben enfocar sus esfuerzos en la utilización de especies forrajeras y animales resilientes al cambio climático, y en sustentar la productividad desde los puntos de vista social, ambiental y económico (Vargas *et al.*, 2018a).

La producción de leche en el trópico alto de Nariño se desarrolla en diferentes zonas agroecológicas, ubicadas entre los 2 400 y 3 100 msnm e influenciadas por condiciones agrofísicas bien definidas (Guerrero, 1998). En estos sitios se concentra la producción láctea del departamento, la mayoría bajo un sistema productivo minifundista que es afectado, en gran parte, por deficientes prácticas de manejo y baja tecnificación en el uso de las praderas (Mejía, 2012).

En Nariño los sistemas de producción se basan mayoritariamente en pasturas naturalizadas (Carulla, 2016), como el kikuyo [*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone] y la falsa poa (*Holcus lanatus* L.). Ambas son susceptibles a condiciones climáticas adversas, como las sequías o las heladas, fenómenos que afectan con regularidad la zona; lo que conlleva la reducción de la oferta forrajera y de nutrientes para los bovinos (Pedraza, 2017).

Para garantizar la producción de forraje en cantidad y calidad durante todo el año, es necesario que en las zonas productoras de leche se establezcan variedades mejoradas de pasturas, superiores en producción, calidad nutritiva y resistencia, en comparación con los materiales naturalizados (Rao *et al.*, 2015).

En este sentido, los cultivares de ryegrass (*Lolium perenne* L.) proceden de especies del género *Lolium*; las cuales, mediante cruzamientos y selección, dan origen a diferentes híbridos y variedades, y son clasificadas de acuerdo con su persistencia (anuales, perennes) y ploidia (diploides, tetraploides) (Posada *et al.*, 2013).

A partir de una investigación realizada en Nariño, Cadena-Guerrero *et al.* (2019) reportaron alta persistencia para el ryegrass perenne, así como una producción de hasta 14,6 t/ha/año (con nueve cortes por año), tolerancia a las heladas y resistencia a las plagas, como *Pyricularia* spp., de

alta incidencia en la zona de este estudio (Pasto y Cumbal).

En países como Nueva Zelanda el ryegrass representa la base forrajera para la producción de leche, lo que se manifiesta en altos índices de calidad composicional y volúmenes producidos (Burchill *et al.*, 2014). Aunque el ryegrass se considera una pastura de alta calidad, se ha demostrado que existen variaciones genéticas entre los cultivares, las cuales influyen en su rendimiento y calidad y se manifiestan en la producción de leche (Gowen *et al.*, 2003).

El objetivo de este estudio fue evaluar tres cultivares de ryegrass con vacas lecheras, en el trópico alto de Nariño-Colombia.

## Materiales y Métodos

*Ubicación y condiciones edafoclimáticas del área experimental.* El estudio se desarrolló en los meses de julio y agosto de 2018, en dos fincas ganaderas ubicadas en diferentes localidades productoras de leche en el departamento de Nariño (Colombia), específicamente en los municipios de Pasto y Cumbal. Ambas localidades se ubican en regiones que corresponden a la zona de vida de bosque seco montano bajo (BSMB), según Holdrige (2000). Durante el estudio, las precipitaciones fueron bajas en ambas zonas. En la tabla 1 se detallan los datos referentes a la ubicación, así como las características ambientales, topográficas y edáficas de los sitios de estudio.

*Animales experimentales.* En cada localidad se seleccionaron nueve vacas lactantes en óptimas condiciones de salud, cuyas características productivas antes del inicio del ensayo se relacionan en la tabla 2.

Después de cada ordeño, las vacas tuvieron acceso a voluntad al pastoreo. En la finca de Pasto, las vacas eran trasladadas del potrero a la sala de ordeño y viceversa; mientras que en Cumbal el ordeño se efectuaba en el mismo sitio de pastoreo. En ambas localidades los animales tuvieron acceso *ad libitum* al agua fresca, mediante bebederos automáticos en el potrero. En Pasto la sal se suministraba antes del ordeño de la tarde, en comederos grupales (promedio de 150 g/vaca/día). En Cumbal, la sal se proporcionaba en los saladeros ubicados en los potreros; y se ofrecía, como promedio, a razón de 100 g/vaca/día.

*Establecimiento y manejo de las pasturas.* En cada finca se seleccionaron lotes de 3 ha, con una cobertura vegetativa degradada en la que predomina

Tabla 1. Características de ubicación, climáticas y edáficas de las fincas.

Indicador	Localidad	
	Pasto	Cumbal
Coordenadas	N: 1° 11' 29,6"	N: 1° 88.918"
	W: 77° 18' 47,9 "	W: 77° 306.083"
Altura, msnm	2 600	3 000
Temperatura media, °C	10	8
Topografía	Ondulada	Plana-ondulada
Tipo de suelo	Franco arenoso	Franco limoso
Precipitación promedio durante el periodo experimental, mm	39,8	50

Tabla 2. Caracterización de las vacas lactantes seleccionadas en las localidades de Pasto y Cumbal.

Indicador	Localidad	
	Pasto	Cumbal
Número de animales	9	9
Raza	Kiwi Cross x Holstein (F1)	Holstein x Simental (75 %/25 %)
Días en leche, d	97	85
Número de partos	1	3,5
Peso corporal, kg	457 (47)	496 (95)
Condición corporal <sup>1</sup>	3,27 (0,26)	3,36 (0,28)
Horario de ordeño	4:30 a. m. y 2:30 p. m.	5:30 a. m. y 3:00 p. m.
Tipo de ordeño	Mecánico	Manual

<sup>1</sup> Condición corporal en una escala de 1 a 5.

( ) Valores entre paréntesis la desviación estándar.

minaban especies tales como: kikuyo (*C. clandestinus*), falsa poa (*H. lanatus*) y azul orchoro (*Dactylis glomerata* L.). La composición química de los suelos para cada finca se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis químico del suelo.

Indicador	Unidad	Localidad	
		Pasto	Cumbal
MO	g/100 g	5,2	11,7
pH	pH	6,1	5,7
Fosforo (P)	mg/kg	24,3	8,3
Calcio (Ca)	cmol/kg	8,7	10,3
Potasio (K)	cmol/kg	1,0	1,3
Azufre (S)	cmol/kg	5,0	9,4
CICE <sup>1</sup>	cmol/kg	11,9	15,0

<sup>1</sup> CICE: capacidad de intercambio catiónico.

A las praderas se les aplicó herbicida comercial Roundup (principio activo: glifosato), a razón de

4 L/ha; ocho días después de la fumigación se procedió a preparar los lotes con un tractor, mediante un pase de cincel cruzado y dos pases de rastra. De acuerdo con lo recomendado por Bernier y Alfaro (2006), se esperó 60 días para que dicho material se incorporara al suelo; finalmente, se delimitó el área y se dividió en tres lotes (uno para cada variedad de ryegrass) de una hectárea cada uno.

De acuerdo con las evaluaciones agronómicas realizadas previamente en el centro de investigación Obonuco (Agrosavia), se seleccionaron tres cultivares de ryegrass: Columbia (híbrido perenne), Samson (perenne diploide) y Ohau (perenne tetraploide). Estos materiales se sembraron a voleo, a razón de 50 kg/ha, en cada localidad. Además, se realizó una aplicación de fosfato diamónico DAP (100 kg/ha); y una fertilización de mantenimiento con urea, a razón de 100 kg/ha, después del segundo pastoreo.

Antes de evaluar las pasturas con bovinos, en cada localidad se realizaron dos pastoreos: el primero de homogenización, a los 90 ± 5 días

posestablecimiento, y el segundo 35 días después, ambos con novillas de cría (peso promedio de 250 kg/animal). Antes del tercer pastoreo (experimental), se subdividieron los lotes en franjas, de acuerdo con la capacidad de carga estimada, y se asignó una franja diaria con un día de ocupación, con el fin de garantizar un periodo de descanso de 35 días para los siguientes pastoreos.

El manejo del pastoreo se realizó con una cinta eléctrica (cinta electrolítica de cinco conductores, marca Lhaura, Colombia). Para la finca ubicada en Pasto, de acuerdo con el manejo habitual, la franja se asignó en tres momentos: 06:00, 12:00 y 16:00 horas. Para la finca de Cumbal, la franja se ofreció en dos momentos después de cada ordeño: 5:30 y 15:00 horas. Los animales de ambas localidades tuvieron acceso a voluntad al agua de bebida durante todo el tiempo del estudio. Los bovinos no recibieron suplementación antes ni durante el experimento, en correspondencia con lo que es habitual en la zona.

La disponibilidad fue como promedio de 2,2; 2,3; 2,1 y de 2,0; 2,1 y 1,9 t de MS/ha/rotación para Columbia, Samson y Ohau, respectivamente, en Pasto y Cumbal.

*Diseño experimental.* Se utilizó un diseño de cuadrado latino (3 x 3), con arreglo de sobrecambio (Crossover); tres tratamientos, que se correspondieron con cada uno de los cultivares: T1: ryegrass Columbia; T2: ryegrass Samson, T3: ryegrass Ohau; y tres periodos de evaluación. Cada periodo fue de 14 días: 7 de adaptación y 7 de medición, en los que se midió el consumo de materia seca y la producción de leche en los ordeños; en los últimos tres días de cada periodo se recolectaron muestras de leche para el análisis composicional.

*Consumo de forraje.* El consumo de materia seca (CMS) del forraje de cada variedad de ryegrass se estimó mediante el método agronómico (entrada y salida); así, se asumió que la diferencia entre la disponibilidad de entrada y la de salida fue la cantidad de forraje consumido por los animales. Para la estimación de la disponibilidad de las especies de ryegrass se utilizó la metodología del doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975).

*Condición corporal.* Al finalizar cada periodo, las vacas se pesaron y se determinó su condición corporal; en Pasto el pesaje se hizo con una báscula brete (Básculas Medigan SAS, Colombia), y en Cumbal, mediante una cinta bovinométrica (cinta métrica pesadora OVNI Inalmet, Colombia).

*Composición química de la pastura.* En los periodos de medición se tomaron submuestras de la

pastura al momento de los aforos. Las muestras se secaron en un horno a temperatura de 65°C, durante 72 h; posteriormente, se enviaron al laboratorio de nutrición animal del centro de investigación Tibaitata de Agrosavia (Bogotá, Colombia), donde se realizaron los respectivos análisis bromatológicos para determinar: materia seca (MS); proteína cruda (PC); fibra detergente neutra (FDN); fibra detergente ácida (FDA); hemicelulosa (HEM); nutrientes digestibles totales (NDT); digestibilidad de la materia seca (DGMS), extracto etéreo (EE); energía bruta (EB); energía neta de lactancia (ENL); y ceniza, calcio y fósforo, mediante la técnica de espectroscopía de reflectancia en infrarrojo cercano NIRS (Ariza *et al.*, 2017), con un equipo NIRS DS 2500-FOSS Analytical A/S, Dinamarca.

*Producción y calidad composicional de la leche.* En cada localidad se registró la producción de leche durante los siete días de medición; para Pasto, la producción (kg/vaca/día) se tomó directamente de un medidor de leche (Tru-Test Milk Meters, Nueva Zelanda), a las 05:00 y a las 15:00 h, en la sala de ordeño mecánico. En Cumbal se pesó con una báscula digital (Portable Electronic Scale MSC, España) a las 04:00 y a las 14:00 h, después del ordeño manual con balde. Durante los tres últimos días de cada periodo se tomaron muestras individuales de leche, las cuales se depositaron posteriormente en un recipiente plástico con conservante Bronopol®. A las muestras recolectadas se les determinó grasa (% G), proteína (% PB), sólidos totales (ST) mediante el método de espectroscopía infrarroja (AOAC 972.16, de 2015) y nitrógeno ureico (MUN) por el método infrarrojo (espectrofotometría IR). Las muestras se procesaron en el laboratorio de leche del centro de investigación Obonuco-Agrosavia, con un equipo FOSS Milkoscan TM 7RM, FOSS Analytical A/S, Dinamarca. La corrección de la leche al 4 % de grasa (LCG) se realizó según National Research Council (LCG = 0,4 x kg leche + 15 x kg grasa).

*Análisis estadístico.* Los datos de consumo de materia seca y producción y calidad composicional de la leche se sometieron a análisis de varianza, con el empleo del software estadístico SAS Enterprise Guide 9.4. Se consideró un nivel de significación 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.

## Resultados y Discusión

*Composición bromatológica.* En la tabla 4 se muestra la composición bromatológica de los

Tabla 4. Composición bromatológica de los cultivares de ryegrass.

Indicador	Pasto			Cumbal		
	Columbia	Samson	Ohao	Columbia	Samson	Ohao
MS, %	15,1	18,1	15,3	14,8	15,5	13,0
PC,%	20,0	22,6	21,0	20,2	20,1	22,1
FDN, %	48,2	48,6	48,0	47,3	47,3	43,6
FDA, %	23,7	24,7	24,5	22,4	22,1	20,1
HEM, %	24,5	24,0	23,5	25,0	25,2	23,5
Lignina, %	3,7	4,4	4,1	3,8	3,7	3,7
NDT, %	62,1	63,8	62,7	62,5	62,8	64,8
DGMS, %	67,9	69,8	68,5	68,6	68,6	70,8
EE, %	2,8	2,9	2,7	2,2	2,5	2,4
EB, Mcal/kg	4,2	4,3	4,2	4,1	4,1	4,1
ENL, Mcal/kg	1,4	1,5	1,4	1,4	1,4	1,5
Ceniza, %	10,1	10,1	10,5	11,9	11,4	12,0
Ca, %	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
P, %	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
CNE, %	16,8	16,4	18,4	18,4	18,8	18,9

cultivares a los 35 días de rebrote. El contenido promedio de MS de los cultivares fue de 16,1 y 14,4 % para PAS y CUM, respectivamente; en ambas localidades el cv. Samson evidenció los contenidos más altos de MS.

Según Posada *et al.* (2013), el porcentaje de MS de ryegrass podría estar influido por las variables ambientales. Dentro de las características agroclimáticas óptimas para obtener buenos rendimientos de la especie, se considera una temperatura de 15 a 22 °C y una altura entre 1 800 y 3 600 msnm; por encima de 3 000 msnm, según los autores, el crecimiento disminuye.

A pesar de las diferencias edafoclimáticas de las zonas, los cultivares de ryegrass presentaron contenidos de proteína similares a los reportados por Cardona *et al.* (2017) y Duque *et al.* (2017): 17,2 % y 18,2 % de PC, respectivamente, para muestras de pasto kikuyo en varias regiones del trópico alto de Colombia, incluida Nariño.

A su vez, los valores de PC fueron mayores que los reportados para ryegrass perenne (35 días) por Vargas *et al.* (2018a, 2018b), en condiciones agroecológicas y de manejo similares a las de este estudio, los cuales informaron 15,5 % de PC en materiales evaluados en el trópico alto de Cundinamarca, Colombia.

Los contenidos de FDN y de FDA proporcionan un estimado de la calidad de una pastura. La FDN

controla la tasa de paso del rumen y estimula la producción de saliva como amortiguador del pH del rumen (Harper, 2015).

NRC (2001) recomienda 25 y 17 % (sobre la base de MS) como las concentraciones mínimas de FDN y FDA, respectivamente, en las raciones para vacas lecheras. En el presente estudio el contenido de FDN tuvo un valor semejante en los cultivares en ambas localidades (48 % en PAS y 46 % en CUM). Similar comportamiento se observó en el contenido de FDA: 24 y 22 % para PAS y CUM, respectivamente.

Villalobos y Sánchez (2010) afirman que la proporción de CNE varía inversamente con el contenido de FDN; generalmente, a menor pared celular (FDN) aumenta la digestibilidad de la MS y el contenido energético del forraje.

A nivel del rumen los CNE son una fuente de energía de rápida disponibilidad para los microorganismos ruminales, y su contenido está relacionado con la eficiencia de utilización de la proteína degradable y posterior síntesis de la proteína microbiana (Montoya *et al.*, 2004). En esta investigación el contenido de CNE fue similar para los tres cultivares de ryegrass en las dos localidades: 17,2 y 18,7 % para PAS y CUM, respectivamente.

Según López *et al.* (2012), la base para producir una buena cantidad de leche depende de la concentración de ENL en la dieta de las vacas lecheras. El contenido de ENL y la digestibilidad de

una pastura varían, sobre todo, según la especie, la época de cosecha y la edad de la planta (Chaves *et al.*, 2006). Al respecto, Silva *et al.* (2015) señalaron que la ENL disminuyó en ryegrass perenne a distintas edades: 1,34; 1,26 y 1,24 Mcal/kg de MS a los 40, 50 y 60 días, respectivamente.

En este estudio, la ENL a los 35 días de edad fue similar para los cultivares en ambas localidades, con valores de 1,42 y 1,43 Mcal/kg de MS para PAS y CUM, respectivamente. En trópico alto y zona de ladera, con fertilización de mantenimiento, Vargas *et al.* (2018b) hallaron 1,40 Mcal de ENL/kg de MS para cultivares de ryegrass perenne. En zonas templadas la ENL puede variar entre 1,5 y 1,7Mcal/kgdeMS(ClarkyKanneganti, 1998), valores superiores a los generalmente encontrados para *L. perenne* en Colombia.

En cuanto a la digestibilidad de la MS, esta fue similar entre los cultivares y en las dos localidades. Los valores de digestibilidad fueron mayores que los reportados para las pasturas de kikuyo en Colombia (60 y 63 % a los 45 y 35 días, respectivamente), por Posada-Ochoa *et al.* (2014) y Cardona *et al.* (2017).

En este sentido, Castro *et al.* (2017) encontraron hasta 71 % de digestibilidad a los 28 días del corte del forraje en *L. perenne*, y relacionaron este valor

con un posible aumento del CMS y una mayor eficiencia en la síntesis de proteína microbiana en el rumen.

Los contenidos promedio de Ca y P en los cultivares de ryegrass perenne fueron similares en ambas localidades y mayores que los reportados por Cedeño *et al.* (2011) en pasturas de ryegrass perenne y kikuyo, en el trópico alto del departamento de Nariño (Colombia).

*Consumo de materia seca (CMS).* El consumo de MS fue similar en todos los cultivares para ambas localidades (tabla 5). Estos resultados no coinciden con los obtenidos por Riquelme y Pulido (2008), quienes reportaron consumos entre 15,6 y 17,6 kg de MS/animal/día; pero son superiores a los informados por Mejía *et al.* (2017), de 10,91 kg de MS/animal/día, cuando evaluaron este indicador en vacas Holstein en un monocultivo con praderas de kikuyo.

*Producción y calidad composicional de la leche.* En las tablas 6 y 7 se muestra la producción de leche promedio y la leche corregida al 4 %, de vacas que consumieron los diferentes cultivares de *L. perenne* en las dos localidades.

En la localidad de PAS hubo diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) entre los cultivares de ryegrass, en

Tabla 5. Efecto del cultivar de ryegrass en el consumo de MS.

Localidad	Consumo de ryegrass kg de MS/día			EE ±	Valor-P
	Columbia	Samson	Ohau		
Pasto	13,1	14,5	12,3	0,724	0,1290
Cumbal	15,2	15,5	14,4	0,500	0,2615

Tabla 6. Efecto del cultivar de ryegrass sobre la producción y calidad composicional de la leche, en la localidad Pasto.

Indicador	Ryegrass			EE ±	Valor-P
	Columbia	Samson	Ohau		
PL, kg/vaca/día	15,6 <sup>b</sup>	17,6 <sup>a</sup>	17,0 <sup>a</sup>	0,285	0,0004
LCG, kg/vaca/día	14,4 <sup>b</sup>	16,8 <sup>a</sup>	16,3 <sup>a</sup>	0,382	0,0010
Contenido de grasa, %	3,6	3,8	3,8	0,009	0,2024
Contenido de proteína, %	3,5 <sup>b</sup>	3,6 <sup>a</sup>	3,5 <sup>b</sup>	0,030	0,0074
Relación grasa/proteína	1,0	1,0	1,1	0,024	0,1958
Contenido de sólidos totales, %	12,4	12,6	12,5	0,073	0,1055
MUN, mg/dL	9,4 <sup>b</sup>	11,8 <sup>a</sup>	8,1 <sup>b</sup>	0,38	0,0001

<sup>a, b, c</sup>: valores con superíndices diferentes en una misma fila difieren a  $p < 0,05$  (Tukey).

LCG: leche corregida por grasa, G/P: relación grasa/proteína, MUN: nitrógeno ureico en leche.

Tabla 7. Efecto del cultivar de ryegrass, sobre la producción y calidad composicional de la leche, en la localidad Cumbal.

Indicador	Ryegrass			EE ±	Valor-P
	Columbia	Samson	Ohau		
PL, kg/vaca/día	13,0	14,0	13,0	0,542	0,2916
LCG, kg/vaca/día	11,4	11,9	11,5	0,457	0,7056
Contenido de grasa, %	3,4	3,2	3,3	0,088	0,3137
Contenido de proteína, %	3,2	3,3	3,4	0,53	0,2843
Relación G/P	1,0	0,9	0,9	0,02	0,0838
Contenido de sólidos totales, %	11,9	11,6	12,0	0,14	0,4774
MUN, mg/dL	15,0	15,0	13,3	0,77	0,2386

LCG: leche corregida por grasa. G/P: relación grasa/proteína. MUN: nitrógeno ureico en leche.

cuanto a la producción de leche (litros/vaca/día) y la LCG. Los cvs. Samson y Ohau fueron los de mayor LCG (16,8 y 16,3 kg/vaca/día). Por su parte, en la localidad de CUM no hubo diferencia en la producción de leche entre los tres cultivares (tabla 6).

La producción de leche promedio para ambas localidades basada en *L. perenne* (16,7 y 13,3 kg/leche/vaca/día para PAS y CUM) estuvo por encima de lo esperado solo con pasto kikuyo. Al respecto, Carulla *et al.* (2004) indicaron que el pasto kikuyo puede sostener producciones de leche entre 8 y 12 litros vaca/día, sin suplementación, y que las limitantes para potencializar la producción dependen del bajo CMS y el contenido de ENL de esta gramínea. De manera general, dichos valores fueron superiores a los esperados (10 kg/leche/día) en vacas cuya dieta se basó en *Lolium multiflorum* (Posada *et al.*, 2013).

También Lascano *et al.* (2017), al evaluar la producción de leche en dos biotipos de vacas diferentes: F1 (Jersey x Holstein Neozelandés) y Holstein Americano, informaron una producción de 16,2 y 12,5 kg de leche/vaca/día, respectivamente. Los autores atribuyeron dichos resultados a una mayor eficiencia productiva del biotipo Neozelandés, en comparación con el Americano.

No se encontró diferencia significativa para el contenido de grasa en leche entre los ryegrass evaluados, en ninguna de las dos localidades. En PAS el promedio de grasa fue de 3,6 %, y en CUM, de 3,3 %. Dichos contenidos fueron menores que los reportados por Gallego *et al.* (2017), pero similares a los informados por Valencia (2013) para vacas con predominio de Holstein, que pastaban en praderas de kikuyo en el trópico alto colombiano.

Los contenidos de grasa en PAS fueron mayores que los de CUM. En PAS se manejó el biotipo de vacas Kiwi Cross x Holstein (F1), y la presencia de la raza Kiwi cross –originada de Holstein-Friesian x Jersey crossbreed– le confiere al animal mayor producción de sólidos totales, en comparación con razas como la Holstein, debido a su mayor eficiencia en transformar los nutrientes ingeridos en nutrientes en leche (Holmes, 2006).

Además del componente genético, la fibra es importante para la síntesis de grasa láctea. La FDN en la gramínea, para las dos localidades, se ajusta a lo sugerido por la NRC y proviene en su totalidad del forraje (100 %). Según lo reportado por Banakar *et al.* (2018), cuando hay un adecuado consumo de fibra efectiva se mejora la rumia y la salivación, y se obtiene un pH adecuado a nivel ruminal, lo que favorece la síntesis de grasa en leche (Andrade *et al.*, 2017).

En cuanto al contenido de proteína en leche, hubo diferencia estadística entre los ryegrass en la localidad de PAS, con valores de 3,48; 3,61 y 3,47 % para Columbia, Samson y Ohau, respectivamente; mientras que en la localidad de CUM no hubo diferencias (tablas 6 y 7).

En la localidad de PAS, cuando las vacas pastorearon el cv. Samson, se encontró la mayor concentración de proteína en leche, además del mayor consumo promedio de forraje (14,7 kg de MS/vaca/día), con respecto a los cvs. Columbia y Ohau.

Los valores promedio de proteína en leche (3,51 %) en la localidad de PAS fueron superiores a lo reportado por Gallego *et al.* (2017) en vacas Holstein, en el trópico alto de Colombia.

En ambas localidades no hubo diferencia para la variable ST en leche; el promedio de ST en PAS fue de 12,5 %, y en CUM, de 11,9 %. En la localidad

de PAS la leche se podría clasificar como excelente, debido a su contenido de grasa, proteína y sólidos totales, de acuerdo con la clasificación de calidad de la leche estipulada en Colombia (Calderón *et al.*, 2016).

Según esta clasificación, si los valores de grasa y proteína son superiores a 3,5 y 3,2 %, respectivamente, y los ST mayores que 12,2 %, la leche es excelente en calidad composicional. La leche en CUM se podría clasificar como buena, ya que los valores de grasa variaron entre 3,3 y 3,5 %, los de proteína entre 2,8 y 3,2 y los ST entre 11,8 y 12,0 %.

En cuanto a la variable MUN, se hallaron diferencias significativas entre los cultivares en la localidad de PAS, con valores de 11,83; 9,38 y 8,1 mg/dL para Ohau, Columbia y Samson, respectivamente; en la localidad de CUM no hubo diferencias (tablas 6 y 7).

Según Doo-Hong (2013), entre 9 y 12 mg de MUN/dL se considera como adecuado y existe buen uso del nitrógeno. El MUN es una herramienta importante para tratar de evaluar el balance y el uso de proteína y energía en el rumen.

Los resultados de MUN para la localidad de PAS mostraron que el único consumo de ryegrass que afectó el MUN en la leche fue el de Ohau (8,1 mg/dL), lo cual pudo estar relacionado con que fue el cultivar de menor CMS por las vacas y el de menor porcentaje de PC, pero el de mayor CNE en el forraje, respecto a los demás cultivares. Según Meléndez (2009), un contenido de MUN menor que 9 mg/dL indicaría un bajo contenido de proteína degradable, en comparación con la disponibilidad de energía ruminal.

La determinación del MUN en leche es una herramienta práctica con la que el productor puede tomar decisiones y evitar excesos o deficiencias nutricionales. En vacas lecheras del trópico alto, debido al manejo nutricional, casi siempre un contenido total alto de proteína, combinado con una baja concentración de energía en la dieta, es el responsable de la urea en la leche (Cortés *et al.*, 2018).

## Conclusiones

Los cultivares de *L. perenne* presentaron características nutricionales similares en las dos localidades donde se establecieron. La respuesta en producción y calidad composicional láctea se consideró buena, teniendo en cuenta que los animales no recibieron suplementación y el experimento se realizó en la época de seca, en la cual los rendimientos de las pasturas disminuyen.

## 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

## Referencias bibliográficas

- 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. *R. Bras. Zoot.* 46 (1):56-64, 2017.
- Ariza, C. P.; Mayorga, O. L.; Mojica, B.; Parra, D. & Afanador, G. T. Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. *J. Near Infrared Spectrosc.* 26 (1), 2017.
- 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.
- Bernier, R. & Alfaro, M. *Acidez de los suelos y efecto del encalado*. Boletín INIA. No. 151. Osorno, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2006.
- Burchill, W.; Li, D.; Lanigan, G.; Williams, M. & Humphreys, J. Internnual variation in nitrous oxide emissions from perennial ryegrass/white clover grassland used for dairy production. *Glob. Chang. Biol.* 20 (10):3137-3146, 2014.
- Cadena-Guerrero, Maricela; García-Dávila, M. A.; Meneses-Buitrago, D. H.; Morales-Montero, Sonia P. & Castro-Rincón, E. Adaptación de diez cultivares de *Lolium* sp. en el trópico alto de Nariño, Colombia. *Agron. Mesoam.* 30 (1):165-178, 2019. DOI: <http://doi.org/10.15517/am.v30i1.34094>.
- Calderón, A.; García, F. & Martínez, G. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Rev. MVZ Córdoba.* 11:725-737, 2016.
- Cardona, J. L.; Mahecha, Liliana & 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.
- Carulla, J. Sistemas de producción lechera en Colombia: Retos y oportunidades. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 24:83, 2016.
- Carulla, J.; Cárdenas, E.; Sánchez, N. & Riveros, C. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. *Seminario Nacional*

- de Lechería Especializada: “Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad”. Medellín, Colombia: Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, 2004.
- Castro, H.; Domínez, I.; Morales, E. & Huerta, M. Composición química, contenido mineral y digestibilidad *in vitro* de raigrás (*Lolium perenne*) según intervalo de corte y época de crecimiento. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 8 (2):201-210, 2017.
- Cedeño, D.; Ceballos, A.; Garzón, C. & Daza, C. Estudio comparativo de perfiles metabólicos minerales en lecherías de dos regiones de Nariño. *Orinoquía.* 15 (2):160-168, 2011.
- Chaves, A. V.; Waghorn, G. C.; Brookes, I. A. & Woodfield, D. R. Effect of maturation and initial harvest dates on the nutritive characteristics of ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Anim. Feed Sci. Technol.* 127:293-318, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.015>.
- Clark, D. A. & Kanneganti, V. R. Grazing management systems for dairy cattle. In: J. H. Cherney and D. J. R. Cherney, eds. *Grass for dairy cattle*. Wallingford, UK: CAB International. p. 331-334, 1998.
- 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-Rev. Electr. Vet.* 19 (3):1-10, 2018.
- Doo-Hong, M. *What is milk urea nitrogen and how is it interpreted?* Food Mr C Biology-Extension Forage Specialist, MSU UPES. [https://www.canr.msu.edu/uploads/files/Research\\_Center/UPREC/Animal\\_Nutrition/milk\\_urea\\_nitrogen.pdf](https://www.canr.msu.edu/uploads/files/Research_Center/UPREC/Animal_Nutrition/milk_urea_nitrogen.pdf), 2013.
- 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.
- Enciso, Karen; Charry, A.; Sotelo, M. & Burkart, S. Ex-ante evaluation of the economic impact of adopting improved forages in the Colombian eastern plains. *TropenTag*. Ghent, Belgium. [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/97079/Enciso%20K%20et%20al.%202018.%20Ex-Ante%20Evaluation%20of%20the%20Economic%20Impact%20of%20Adopting%20Improved%20Forages%20in%20the%20Colombian%20Eastern%20Plains\\_web.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/97079/Enciso%20K%20et%20al.%202018.%20Ex-Ante%20Evaluation%20of%20the%20Economic%20Impact%20of%20Adopting%20Improved%20Forages%20in%20the%20Colombian%20Eastern%20Plains_web.pdf?sequence=4&isAllowed=y), 2018.
- Gallego, L.; Mahecha, Liliana & Angulo, J. Producción, calidad de leche y beneficio: costo de suplementar vacas Holstein con *Tithonia diversifolia*. *Agron. Mesoam.* 28 (2):357-370, 2017.
- Gerber, P.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J. *et al. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. Roma: FAO, 2013.
- Gowen, N.; Donovan, M.; Casey, I.; Rath, M.; Delaby, L. & Stakelum, G. The effect of grass cultivars differing in heading date and ploidy on the performance and dry matter intake of spring calving dairy cows at pasture. *Anim. Res.* 52 (4):321-336, 2003.
- Guerrero, R, ed. *Fertilización de cultivos de clima frío*. 2 ed. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos S.A. (E.M.A.), 1998.
- Haydock, K. P. & Shaw, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Hus.* 15:663-670, 1975.
- 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, 1978.
- Holmes, C. W. Seminario de trabajo sobre el sistema de producción de leche pastoril en Nueva Zelanda. *Boletín de Industria Animal*. Buenos Aires. p. 3-5, 2006.
- Lascano, P.; Arcos, C.; Guevara, R.; Torres, I.; Guevara, G. & Serpa, G. *et al.* Respuesta productiva de vacas lecheras neozelandesas sometidas a pastoreo rotacional en el trópico alto del norte de Ecuador. *MASKANA, Producción Animal.* 8:153-155, 2017.
- López, A.; Saavedra, M.; Arreaza, L.; Muñoz, M. & Rodríguez, M. Systems of feeding evaluation, like strategy to confront the seasonality in dairy cattle. *Cien. Agricult.* 9 (2): 39-46, 2012.
- Mejía, D. E.; Mahecha, Liliana & Angulo, J. Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. *Agron. Mesoam.* 28 (2):389-403, 2017.
- Mejía, F. Prospectiva de la cadena láctea del departamento de Nariño al horizonte de año 2020. *Revista Tendencias.* 13 (1):36-54, 2012.
- Meléndez, P. *Nutrición proteica y su impacto en la fertilidad del ganado lechero*. Wiscosin, USA: ABS, Global Inc., 2009.
- Montoya, N. F.; Pino, I. D. & Correa, H. J. Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 17:241-249, 2004.
- NRC. *Nutrients requirements of dairy cattle*. 7th ed. USA: Academy Press, 2001.
- Pedraza, W. F. *Alternativas tecnológicas para el fortalecimiento de la soberanía y seguridad alimentaria de pequeños productores de leche en la provincia de Ubaté del departamento de Cundinamarca*. Tesis de maestría. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2017.
- Posada-Ochoa, S. L.; Ramírez-Agudelo, J. & Rosero-Noguera, R. Producción de metano y diges-

- tibilidad de mezclas kikuyo. *Agron. Mesoam.* 25 (1):141-150, 2014.
- Posada, S.; Cerón, J. M.; Arenas, J.; Hamedt, J. F. & Álvarez, A. Evaluación del establecimiento de ryegrass (*Lolium* sp.) en potreros de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) usando la metodología de cero labranza. *Ces. Med. Vet.* 8 (1):23-32, 2013.
- Rao, I. M.; Peters, A.; Castro, R.; Schultze, K. D.; White, M.; Fisher, J. *et al.* *The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics.* Cali, Colombia: CIAT, 2015.
- Riquelme, C. & Pulido, R. G. Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre el consumo voluntario y comportamiento ingestivo en vacas lecheras a pastoreo primaveral. *Arch. Med. Vet.* 40 (3):243-249, 2008.
- Silva, L.; Guevara, P. & Pazmiño, J. Evaluación energética de *Pennisetum clandestinum* y *Lolium perenne* en diferentes edades de corte para alimentación de bovinos. *MASKANA, Producción Animal.* 6:199-200, 2015.
- Valencia, D. *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 Magister en Ciencias Agrarias. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2013.
- Vargas, J de J.; Sierra, Andrea M.; Mancipe, E. A. & Avellaneda, Y. El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *CES Med. Vet. y Zootec.* 13 (2):137-156, 2018a.
- Vargas, J. de J.; Sierra, Andrea M.; Mancipe, E. A.; Avellaneda, Y.; Mayorga, O. & Ariza, C. Establecimiento y producción de raigrás y tréboles en dos regiones del trópico alto colombiano. *Agron. Mesoam.* 29 (1):171-191, 2018b.
- Villalobos, L. & Sánchez, J. MI. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. *Agron. Costarricen.* 34 (1):31-42, 2010.

Recibido el 12 de mayo del 2019

Aceptado el 15 de agosto del 2019