


## EFFECTO DE LA VARIACIÓN CLIMÁTICA EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE EN FINCAS DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE ALISAL (CUNDINAMARCA)<sup>1</sup>

### EFFECT OF CLIMATIC VARIATION ON THE PRODUCTION AND COMPOSITION OF MILK IN FARMS OF SMALL PRODUCERS IN ALISAL (CUNDINAMARCA)

Alexander Navas Panadero<sup>2\*</sup> y Omar Eduardo Mendez Ardila<sup>3</sup>

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle. Programa de Doctorado Agroecología, Universidad de Antioquía. Orcid:  <https://orcid.org/0000-0001-8975-2601>.

<sup>3</sup>Zootecnista, Universidad de La Salle. Orcid:  <https://orcid.org/0000-0002-2824-2680>  
Autor para correspondencia, e-mail: anavas@unisalle.edu.co

#### Resumen

Cambios en las condiciones climáticas durante el año influyen en la producción y composición de la leche en fincas de pequeños productores, afectando la rentabilidad. Este estudio fue determinar el efecto de las condiciones climáticas sobre la producción y calidad de leche en fincas de pequeños productores. Se evaluaron seis fincas de leche durante 14 meses, se identificaron tres épocas con diferente precipitación, se realizaron mediciones de precipitación, temperatura, humedad relativa, se determinó el índice temperatura humedad, también de midió la producción y calidad de forraje, y producción y calidad de leche. Los datos se analizaron en el software Infostat. Se presentaron diferencias entre épocas en la producción de forraje verde ( $p = 0,0128$ ), materia seca ( $p = 0,0060$ ), la calidad del forraje presento diferencias en proteína cruda ( $p = 0,0002$ ), digestibilidad ( $p = 0,0006$ ), energía neta de lactancia ( $p = 0,0006$ ), fibra en detergente ácido ( $p = 0,0152$ ), cenizas ( $p = 0,0017$ ), fósforo ( $p = 0,0041$ ) y potasio ( $p = 0,0001$ ), en algunos meses disminuyo la producción ( $814 \pm 442$  kg/mes), se presentaron diferencias en la lactosa ( $p = 0,0375$ ) y el nitrógeno ureico en leche ( $p = 0,0001$ ), los animales presentaron momentos de estrés termino, ITH mínimo ( $40 \pm 2$ ) y ITH máximo ( $72 \pm 2$ ) en algunos momentos del día. La variación climática afecta la producción y calidad de la pastura y el confort de los animales afectando la producción y calidad de leche en fincas de pequeños productores.

#### Palabras clave:

Alimentación; Estrés Calórico; Ganadería; Pasturas; Variabilidad Climática.

#### Abstract

Changes in climatic conditions during the year influence the production and composition of milk in farms of small producers, affecting profitability. This study it was to determine the effect of the climatic conditions on the production and quality of milk in farms of small producers. Six milk farms were evaluated during 14 months, three seasons with different

\* Proyecto Evaluación de sistemas de lechería especializada en zonas ambientalmente estratégicas de trópico alto. Financiado por la Universidad de La Salle y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- CAR. Julio 2019 a marzo de 2021.

precipitation were identified, precipitation, temperature, relative humidity measurements were made, the temperature-humidity index was determined, the production and quality of forage was also measured, and milk production and quality. The data was analyzed in the Infostat software. There were differences between seasons in the production of green forage ( $p = 0.0128$ ), dry matter ( $p = 0.0060$ ), the quality of the forage presented differences in crude protein ( $p = 0.0002$ ), digestibility ( $p = 0.0006$ ), net lactation energy ( $p = 0.0006$ ), fiber in acid detergent ( $p = 0.0152$ ), ash ( $p = 0.0017$ ), phosphorus ( $p = 0.0041$ ) and potassium ( $p = 0.0001$ ), in some months production decreased ( $814 \pm 442$  kg / month), there were differences in lactose ( $p = 0.0375$ ) and urea nitrogen in milk ( $p = 0.0001$ ), the animals presented moments of term stress, minimum ITH ( $40 \pm 2$ ) and maximum ITH ( $72 \pm 2$ ) at some times of the day. The climatic variation affects the production and quality of the pasture and the comfort of the animals, affecting the production and quality of milk in farms of small producers.

**Key word:**

Feeding; Heat Stress; Livestock; Pastures; Climatic Variability.

**Introducción**

La producción leche en Colombia y en el mundo ha experimentado cambios sustanciales en las últimas décadas, el incremento en la automatización de procesos, avances científicos, condiciones de cambio climático y políticas de desarrollo rural, buscan mejorar la rentabilidad de estos sistemas a la vez de fortalecer la seguridad y soberanía alimentaria del país (Britt, *et al.*, 2018)

En Colombia se estima que 22.631.571 hectáreas están dedicadas a cultivos de pastos y forrajes lo que correspondiente a 60,4 % del área de uso pecuario (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2016), sin embargo, los productores ganaderos del país y en general de América Latina enfrentan serios problemas relacionados con el modelo de producción, el uso suelo y condiciones de cambio climático (Ortega, *et al.*, 2019).

No obstante, en Colombia el renglón lácteo ocupa un lugar importante en la economía social del país, representa el 9% del PIB agropecuario y supone un trabajo estable para cerca de 497 mil familias principalmente de pequeños productores, en donde en promedio la producción es de 6,3 l/vaca/día (Morales and Ortiz, 2018; DANE, 2019).

La rentabilidad de los sistemas de lechería en parte depende de la composición química de la leche para su industrialización y/o a la cantidad producida (Hultquist and Casper, 2016), además, en Colombia los precios se caracterizan por ser susceptibles a cambios ante la presencia de eventos climáticos extremos, existe una dependencia importante del signo y el tamaño del evento relacionado con la respuesta en la inflación de precios de insumos que alteran el costo de producción (Abril, *et al.*, 2016).

La variabilidad climática se presenta con eventos climáticos extremos como las sequías y/o lluvias prolongadas, olas de calor y altas temperaturas que aumentan en frecuencia y duración, a medida que las precipitaciones cambian (Spiessab, *et al.*, 2020), estos eventos climáticos extremos en trópico alto son un desafío importante para la productividad y la rentabilidad de los sistemas pecuarios (Chang, *et al.*, 2017). Diferentes resultados sugieren que las praderas sufren principalmente por la escasez de agua, pero también por deficiencia de nutrientes

inducida por la sequía lo que se refleja en la pérdida de rendimiento y calidad del forraje (Meisser, *et al.*, 2019)

Cambios en la temperatura afectan la expresión genética de los animales y la calidad composicional de la leche, vacas expuestas a condiciones de estrés calórico producen en promedio menos grasa y proteína en leche (Ouellet, *et al.*, 2019; Kaufman, *et al.*, 2020), mientras que el consumo de materia seca (MS), rendimiento productivo y proteína de la leche aumenta en vacas sin estrés calórico, al igual que disminuye el recuento de células somáticas de la leche (Marshall, *et al.*, 2020)

El objetivo de este trabajo fue determinar cómo las condiciones climáticas afectan los sistemas de producción de leche de pequeños productores de Alisal (Cundinamarca).

## **Materiales y métodos**

El estudio se desarrolló en seis fincas de producción de leche de pequeños productores, localizadas en la vereda Alisal (N5° 19.956' W73° 51.574", municipio de Carmen de Carupa, (Cundinamarca). Las fincas se encuentran entre los 2900 y 3100 m. s. n. m., la zona presenta una precipitación promedio anual de 610 mm, temperatura media anual de 14 °C y humedad relativa de 65 %.

El estudio tuvo una duración de 14 meses durante los cuales se tomaron datos de la precipitación a través de pluviómetros instalados en la zona, además, temperatura ambiente y la humedad relativa cada hora con datalogger USB-2-LCD. Estos datos permitieron determinar el índice temperatura - humedad máximo (ITHmax) y mínimo (ITH min) para cada mes (Hahn, 1999).

Durante el estudio se determinaron tres épocas marcadas por la precipitación acumulada, mayor (155 mm), menor (26 mm) e intermedia (131 mm) que determinan cambios en los sistemas de producción y pueden limitar la producción de leche. Los meses de octubre y noviembre correspondieron a la época de mayor precipitación acumulada, diciembre, enero y febrero a la menor, mientras que de marzo a septiembre se consideró como la época de precipitación acumulada intermedia.

En los sistemas de producción de la zona predominan praderas conformadas por pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinum*), Rye grass (*Lolium spp.*) y en menor porcentaje Falsa poa (*Holcus lanatus*), Trébol blanco (*Trifolium repens*) y Trébol rojo (*Trifolium pratense*). El manejo del pastoreo vario, las fincas evaluadas tuvieron periodos de ocupación de 1 a 2 días y de recuperación de 60 (épocas de mayor e intermedia precipitación acumulada) a 90 días (época de menor precipitación), periodo determinado por la dinámica de crecimiento de las praderas durante el año. Las fincas realizan baja suplementación de los animales, principalmente con papa, sal mineralizada y balanceado comercial, predominan los animales de raza Holstein.

La producción de forraje verde (FV) se determinó mediante aforos destructivos previos al inicio del pastoreo durante cada época evaluada, los muestreos se realizaron haciendo recorridos en zigzag en los cuales se lanzó un marco (0,5 x 0,5 cm) y se cortó el forraje dentro del marco a 10 cm del suelo, luego se pesó para determinar la biomasa, posteriormente se realizó la separación de gramíneas, leguminosas y arvenses, se pesaron por separado para determinar la composición botánica, se tomaron cinco muestras en cada muestreo. A lo largo del año (en cada época) se tomaron muestras de 500 g de FV para determinar la calidad nutricional de la pastura, las cuales fueron llevadas al laboratorio AGROSAVIA donde las muestras se secaron en horno

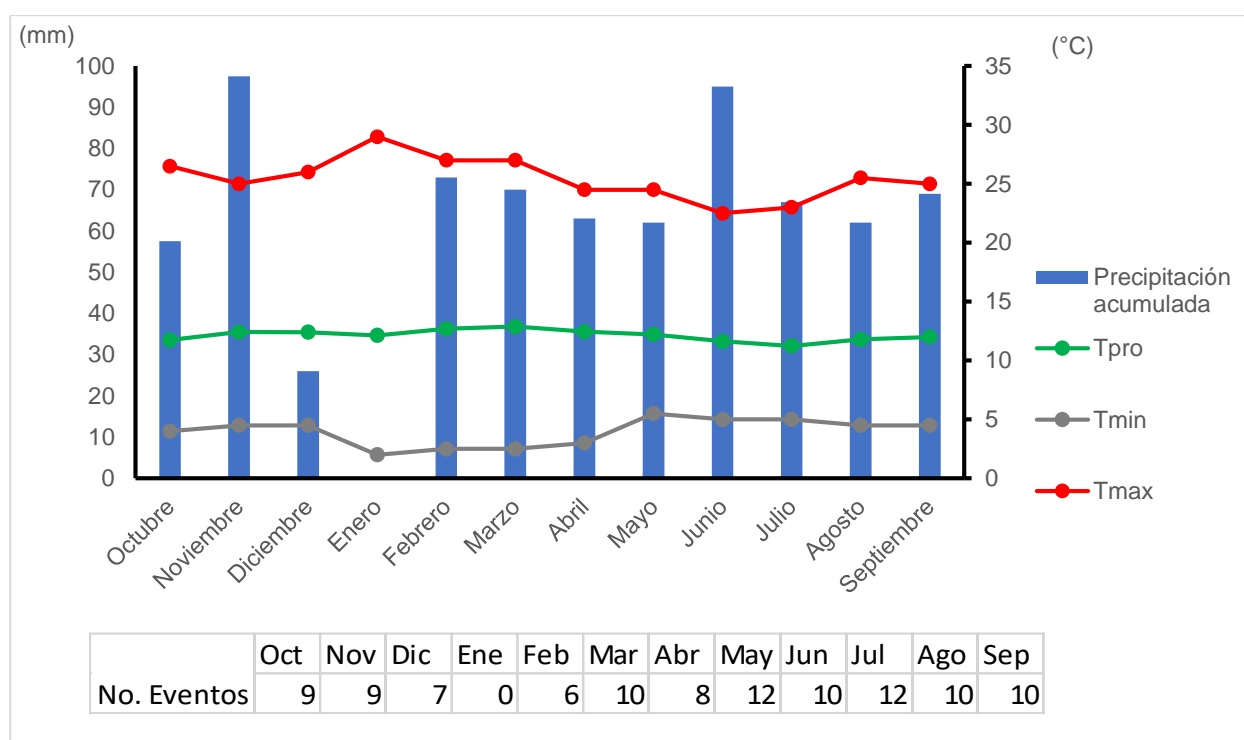
a 65 °C durante 48 h hasta un peso constante, y luego se molieron a través de una criba de 1 mm. Se realizaron análisis de espectroscopía NIR, se determinó porcentaje de materia seca (%MS), proteína cruda (PC%), proteína soluble (%PC), proteína B (%PC), proteína C (%PC), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), digestibilidad, carbohidratos no estructurales, carbohidratos solubles, energía neta de lactancia, cenizas, calcio, fósforo, magnesio y potasio (Ariza, *et al.*, 2018), se utilizó un espectrómetro VIS / NIR de barrido (Foss NIRSystems modelo 6500; [www.foss.com](http://www.foss.com)). Los espectros se grabaron con WinISI 4.7.0 ([www.foss.com](http://www.foss.com)).

La producción de leche fue registrada en cada ordeño (mañana y tarde) durante todo el periodo de evaluación. Se tomaron muestras de leche de la cantina y se llevaron al laboratorio del consejo lácteo, en el cual se determinó la calidad composicional: grasa, proteína, sólidos totales, lactosa, nitrógeno ureico en leche (NUL), acetona, betahidroxitirato (BHB) a través del equipo Lactoscan MCCWS.

Se utilizó un diseño completamente al azar, se aplicó prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el conjunto de datos de las diferentes variables, se utilizó ANOVA y tukey para comparar las medias de variables producción y calidad de forraje, composición botánica, producción y calidad de leche para tres niveles de precipitación. Se realizó análisis de conglomerados con variables climáticas, producción y calidad de forraje y producción de leche para ver relaciones entre épocas de precipitación. El análisis de los datos se realizó mediante el programa Infostat®.

## Resultados y discusión

Durante el estudio se presentaron cambios en el comportamiento de la precipitación, siendo menor la precipitación en los meses de diciembre y enero, mientras que noviembre y junio presentaron la mayor precipitación. El número de eventos al mes también vario entre meses, siendo menor de diciembre a febrero. También se observó diferencias en el comportamiento de las temperaturas mínima y máxima entre meses, la amplitud térmica fue mayor en los meses de enero a marzo (figura 1)



**Figura 1.** Precipitación mensual, temperatura promedio, mínima, máxima mensual y número de días con eventos de precipitación al mes en Alisal (Cundinamarca).

Las condiciones climáticas afectan la producción de forraje razón por la cual es importante caracterizar los patrones estacionales para determinar la disponibilidad de alimento durante el año (Brunetti, *et al.*,2020). Según las condiciones climáticas presentes en el estudio se identificaron tres épocas con diferente precipitación acumulada (mayor, menor e intermedia), lo que afecto la producción de forraje verde y materia seca. El comportamiento de las lluvias también puede explicar el manejo del pastoreo que hacen los productores, incrementando los tiempos de recuperación en las épocas donde se presenta menor precipitación, ya que el crecimiento de los forrajes está directamente relacionado con las condiciones climáticas (Ospina, *et al.*,2020).

Se presentaron diferencias en la producción de FV ( $p = 0,0128$ ) y MS ( $p = 0,0060$ ) entre épocas, siendo mayor cuando se presentó un nivel intermedio de precipitación acumulada (131 mm), mientras que la producción de biomasa disminuyo cuando se presentó menor (26 mm) y mayor (151 mm) precipitación acumulada (tabla 1). No se presentaron diferencias en la composición botánica entre épocas.

**Tabla 1.** Producción de forraje verde - FV (t/ha/corte), materia seca – MS (t/ha/corte) y composición botánica en diferentes épocas (precipitación), en sistema de producción de leche de pequeños productores de Alisal (Cundinamarca).

Época	Periodo de recuperación de la pastura (días)	Producción de FV (t/ha/corte)	Producción de MS (t/ha/corte)	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)
Mayor	60	10,2 <sup>a</sup> ± 0,173	2,1 <sup>a</sup> ± 0,36	99,6 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>
Menor	90	13,4 <sup>a</sup> ± 2,78	4,1 <sup>b</sup> ± 0,88	76,8 <sup>a</sup>	22,9 <sup>a</sup>
Intermedia	60	22,8 <sup>b</sup> ± 3,37	5,5 <sup>b</sup> ± 0,68	89,9 <sup>a</sup>	10,1 <sup>a</sup>
p =		0,0128	0,0060	0,2032	0,2135

Medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Mayor: 151 mm; Menor: 26 mm; Intermedia: 131 mm

Las condiciones presentes en trópico alto favorecen el crecimiento de gramíneas como Rye grass (*L. spp.*), Azul Orchoro (*Dactylis glomerata*), Kikuyo (*C. clandestinum*), Falsa poa (*H. lanatus*), Avena (*Avena sativa*) y leguminosas como los tréboles (*Trifolium spp.*) (Meneses, *et al.*, 2019), algunas de estas especies estuvieron presentes en las fincas evaluadas.

Las condiciones climáticas en algunas épocas pueden generar estrés en los forrajes, afectando la producción y calidad nutricional (Salles, *et al.*, 2003), estudios realizados encontraron similar comportamiento en la producción de FV y MS a la presentada en este estudio, la producción de biomasa disminuyó durante las épocas críticas que correspondieron con la reducción de la precipitación (Velasco, *et al.*, 2005). Praderas donde predominaron especies de *Lolium* presentaron rendimientos de 12,5 t MS/ha, dependiendo de las condiciones climáticas presentes en la época del año (Waweru, *et al.*, 2019), mientras que praderas polifíticas con asociaciones de gramíneas y leguminosas presentaron producciones entre 0,13 y 8,04 t MS/ha en diferentes épocas del año (Fonseca, *et al.*, 2020), las variaciones en la producción de biomasa corresponden a la tendencia encontrada en este estudio.

Aunque no se presentaron diferencias estadísticas en la composición botánica entre épocas, se observó reducción de leguminosas en los potreros en la época de menor precipitación acumulada, mientras que por el contrario aumentaron conforme se incrementó la precipitación, este comportamiento se puede explicar posiblemente por la tasa de crecimiento, la cual es mayor en gramíneas en condiciones de abundante agua, mientras que bajo condiciones de sequía estas especies reducen su crecimiento (Neto, *et al.*, 2015).

La composición botánica de las praderas se afecta con el cambio de régimen de lluvias, la mayor oferta de leguminosas (30,2 %) en el potrero se encontró cuando se presentó una época media de precipitaciones (Gaviria *et al.*, 2015), estos resultados son contrarios a los encontrados en este estudio donde la reducción de la precipitación favoreció el incremento de las leguminosas. Estos comportamientos se pueden explicar porque la composición botánica está determinada por múltiples factores y no solo por la precipitación, existe una sinergia entre las especies cultivadas, altura sobre el nivel del mar, manejo de pradera, prácticas agrícolas, etc (García, *et al.*, 2009; Fonseca, *et al.*, 2020).

La calidad nutricional de las praderas debe determinarse sistémicamente ya que pueden presentar cambios a lo largo del año, la estimación de la composición química del forraje ofrece información para mejorar los planes nutricionales de las vacas (Contreras, *et al.*, 2019). En las épocas de baja precipitación se produce forraje con mayor porcentaje de MS y menor digestibilidad, lo que concuerda con o encontrado en este estudio, debido a que no se produce un desarrollo normal de la planta, bajo estas condiciones se dificulta la degradación eficiente de la fibra en el rumen (Rodríguez, *et al.*, 2021).

El manejo del pastoreo por parte de los productores busca la producción de biomasa disponible en los potreros para los animales, muchas veces sin importar la calidad y la disponibilidad de los nutrientes para los animales, las condiciones climáticas que limitan el crecimiento del pasto hace que los productores incrementen el periodo de recuperación de las praderas, práctica que normalmente reduce la calidad nutricional. La estrategia de pastoreo debe estar diseñada para maximizar la ingesta de pasto de calidad (Schons, *et al.*, 2021), de tal manera que el material

tenga niveles óptimos de fibras y alta digestibilidad, se aumente la producción de forraje, al mismo tiempo la calidad y la vida útil de las praderas (Quispe, *et al.*, 2021).

Se presentaron diferencias en el porcentaje de PC ( $p = 0,0002$ ), siendo mayor en la época de mayor precipitación acumulada, mientras que proteína C contenida en el forraje también presentó diferencias ( $p < 0,0001$ ), fue mayor en la época de menor precipitación acumulada (tabla 2).

**Tabla 2.** Contenidos nutricionales de pasturas en diferentes épocas (precipitación), en sistemas de producción de lechería especializada de pequeños productores de Alisal (Cundinamarca).

Variable	Época			p =
	Mayor	Menor	Intermedia	
Proteína cruda (%)	17,7 <sup>b</sup> ± 1,2	10,7 <sup>a</sup> ± 0,8	14,1 <sup>a</sup> ± 0,9	0,0002
Proteína Soluble (% PC)	38,0 <sup>a</sup> ± 0,5	36,2 <sup>a</sup> ± 1,0	38,6 <sup>a</sup> ± 0,9	0,1323
Proteína B (% PC)	56,2 <sup>a</sup> ± 0,4	55,9 <sup>a</sup> ± 0,1	54,2 <sup>a</sup> ± 0,8	0,4776
Proteína C (% PC)	6,1 <sup>a</sup> ± 0,3	8,5 <sup>b</sup> ± 0,3	6,9 <sup>a</sup> ± 0,2	< 0,0001
Materia seca (%)	21,5 <sup>a</sup> ± 1,5	30,3 <sup>b</sup> ± 1,4	24,7 <sup>a</sup> ± 1,1	0,0004
Digestibilidad (%)	64,1 <sup>b</sup> ± 1,2	57,8 <sup>a</sup> ± 0,7	61,0 <sup>ab</sup> ± 0,9	0,0006
Fibra en detergente neutro (%)	51,9 <sup>a</sup> ± 2,1	58,4 <sup>b</sup> ± 0,8	56,8 <sup>ab</sup> ± 1,4	0,0152
Fibra en detergente ácido (%)	30,2 <sup>a</sup> ± 1,1	32,4 <sup>a</sup> ± 0,9	31,0 <sup>a</sup> ± 0,9	0,2814
Carbohidratos no estructurales (%)	10,1 <sup>a</sup> ± 0,9	10,4 <sup>a</sup> ± 0,6	10,4 <sup>a</sup> ± 0,4	0,9559
Carbohidratos solubles (%)	3,9 <sup>a</sup> ± 0,4	4,1 <sup>a</sup> ± 0,3	4,5 <sup>a</sup> ± 0,2	0,2596
Energía neta de lactancia (Mcal/Kg)	1,32 <sup>b</sup> ± 0,03	1,2 <sup>a</sup> ± 0,02	1,25 <sup>ab</sup> ± 0,02	0,0006
Cenizas (%)	10,8 <sup>b</sup> ± 0,3	9,3 <sup>a</sup> ± 0,2	10,1 <sup>ab</sup> ± 0,3	0,0017
Calcio (%)	0,48 <sup>a</sup> ± 0,04	0,44 <sup>a</sup> ± 0,04	0,42 <sup>a</sup> ± 0,02	0,5278
Fósforo (%)	0,29 <sup>b</sup> ± 0,03	0,21 <sup>a</sup> ± 0,01	0,30 <sup>b</sup> ± 0,01	0,0041
Magnesio (%)	0,26 <sup>a</sup> ± 0,01	0,25 <sup>a</sup> ± 0,02	0,26 <sup>a</sup> ± 0,01	0,6751
Potasio (%)	2,9 <sup>b</sup> ± 0,15	2,1 <sup>a</sup> ± 0,1	2,9 <sup>b</sup> ± 0,13	0,0001

Mayor: 151 mm; Menor: 26 mm; Intermedia: 131 mm. Medias con una letra común en la misma fila no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

La PC contenida en los forrajes tiene gran influencia en la respuesta productiva y reproductiva de los animales (Silva, *et al.*, 2020). Praderas polifíticas de *C. clandestinum*, *Lolium spp* y *Trifolium spp*, presentan contenidos de PC en un rango de 9,9% a 25,6% dependiendo de las condiciones agroclimáticas y de manejo (Vargas, *et al.*, 2018; Meneses, *et al.* 2019), los contenidos se incrementan con el aumento de especies leguminosas en los potreros las cuales tienen mayor contenido de PC (22 a 27 %) (García, *et al.*, 2009).

El porcentaje de PC encontrado en este estudio está dentro del rango reportado por Vargas, *et al.*, 2018 y Meneses, *et al.*, 2019, aunque el valor superior que presentaron las pasturas en épocas de mayor precipitación es inferior al potencial reportado, esto se puede explicar por los bajos niveles de fertilización química que realizan los pequeños productores en la zona de estudio y posiblemente por el bajo porcentaje de leguminosas presentes en las praderas, además por las condiciones climáticas presentes en algunas épocas que reducen el potencial fisiológico de las plantas (Ramírez and Giraldo, 2017).

El forraje producido en la época de menor precipitación presentó mayor porcentaje de proteína C, la cual no es disponible para el animal, sin embargo, no se presentaron diferencias en el porcentaje de proteína soluble y proteína B entre épocas, lo que se ve reflejado en la producción

de leche, especialmente la fracción B que se degrada parcialmente en el rumen, aprovechándose en el intestino por acción enzimática (Gaviria, *et al.*, 2015).

En la época de menor precipitación acumulada el forraje presentó mayor contenido de MS ( $p = 0,0004$ ), menor digestibilidad ( $p = 0,0006$ ) y menor energía neta de lactancia ( $p = 0,0006$ ), mientras que la fibra en detergente ácido fue menor en la pastura producida en la época de mayor precipitación acumulada ( $p = 0,0152$ ). No se presentaron diferencias en la fibra en detergente ácido, carbohidratos no estructurales y carbohidratos solubles en las pasturas producidas en las diferentes épocas (cuadro 2).

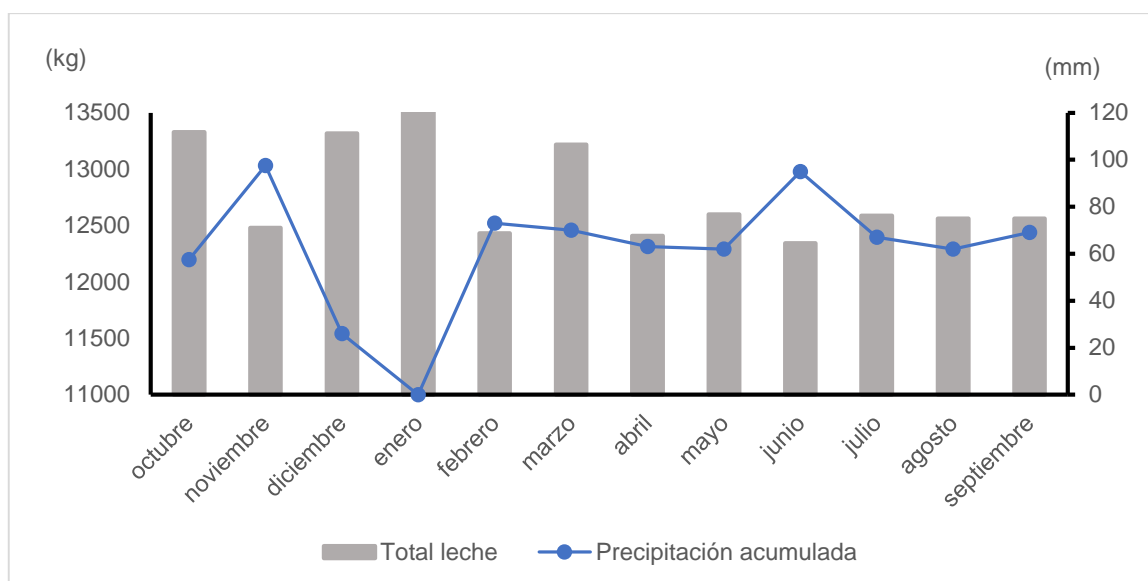
Los contenidos de FDN y FDA en gramíneas de trópico alto se encuentran en rangos de 50 % a 66 % y 23 % a 38 %, respectivamente (Vargas, *et al.*, 2018), se reportan valores de FDN inferiores a 56 % y FDA menores a 26 % son ideales en forrajes (Meneses, *et al.*, 2019). Los resultados encontrados en este estudio en la época de menor precipitación muestran que la FDN y FDA pueden reducir la digestibilidad del material forrajero y el consumo voluntario (Gaviria, *et al.*, 2015).

La precipitación durante el crecimiento de los forrajes también afectó el contenido de ENL, las pasturas producidas en la época de menor precipitación acumulada presentaron el más bajo contenido de ENL lo que afectó negativamente la producción de leche en estas épocas (Ospina, *et al.*, 2020).

La pastura producida durante la época de menor precipitación acumulada presentó menor porcentaje de cenizas ( $p = 0,0017$ ), fósforo ( $p = 0,0041$ ) y potasio ( $p = 0,0001$ ), que el forraje producido en épocas de mayor e intermedia precipitación acumulada (cuadro 2). Los cambios en el régimen de lluvias durante el año afectan los contenidos de cenizas en los forrajes, los cuales cumplen múltiples funciones como mejorar la respuesta inmune y reducir el estrés oxidativo en las vacas durante la lactancia (Warken, *et al.*, 2018), prevenir algunas enfermedades metabólicas, problemas óseos, cojeras, mantener la calidad de la leche, etc (Amaral, *et al.*, 2020).

Los contenidos de cenizas, fósforo y potasio en este estudio se pueden explicar por cambios en la precipitación durante las épocas del año, se observó que en la época de menor precipitación los forrajes presentaron los más bajos contenidos, Petisco *et al.*, (2019) mencionan que las coberturas secas están asociadas a bajos contenidos de cenizas, por el contrario, los forrajes en suelos húmedos presentan óptimos niveles de retención de nutrientes.

Aunque no se presentaron diferencias ( $p = 0,9991$ ) en producción de leche durante el año, el efecto de la precipitación acumulada en la producción y calidad de forraje afectó en parte la producción de leche, se observó una reducción en la producción en algunos meses (promedio  $814 \pm 442$  kg/mes), en febrero la reducción fue de 1169 kg (figura 2), lo que tiene importante repercusión en la rentabilidad de pequeños productores. El forraje consumido por los animales en diciembre y enero es producto del crecimiento de octubre y noviembre, meses que corresponde a la época de mayor precipitación acumulada, mientras que el consumido en febrero y marzo es producto del crecimiento en los meses de diciembre y enero, meses que corresponde a la época de menor precipitación.



**Figura 2.** Producción mensual de leche (kg) de fincas evaluadas de pequeños productores de la zona de Alisal (Cundinamarca) y precipitación acumulada mensual.

Se presentaron diferencias en el porcentaje de lactosa ( $p = 0,0375$ ) y de nitrógeno ureico en leche ( $p = 0,0001$ ) entre épocas, siendo más bajo en la época de menor precipitación acumulada (tabla 3).

**Tabla 3.** Calidad composicional de leche en diferentes épocas (precipitación), en fincas de pequeños productores de la zona de Alisal (Cundinamarca).

Época	Grasa (%)	Proteína (%)	ST (%)	Lactosa (%)	NUL (mg/dl)	BHB (mM)
Mayor	3,8 <sup>a</sup> ± 0,2	3,3 <sup>a</sup> ± 0,1	12,2 <sup>a</sup> ± 0,3	4,5 <sup>ab</sup> ± 0,1	11,5 <sup>b</sup> ± 0,5	0,03 <sup>a</sup> ± 0,01
Menor	3,8 <sup>a</sup> ± 0,1	3,2 <sup>a</sup> ± 0,1	12,2 <sup>a</sup> ± 0,2	4,4 <sup>a</sup> ± 0,05	7,6 <sup>a</sup> ± 0,4	0,03 <sup>a</sup> ± 0,01
Intermedia	3,5 <sup>a</sup> ± 0,2	3,1 <sup>a</sup> ± 0,04	12,1 <sup>a</sup> ± 0,2	4,7 <sup>b</sup> ± 0,1	10,9 <sup>b</sup> ± 0,4	0,02 <sup>a</sup> ± 0,02
p =	0,5279	0,6186	0,9772	0,0375	0,0001	0,7519

ST: sólidos totales; NUL: nitrógeno ureico en leche; BHB: beta hidroxibutirato. Medias con una letra común en la misma columna no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Mayor: 151 mm; Menor: 26 mm; Intermedia: 131 mm

La producción y calidad de la leche está determinada por múltiples factores como la raza, genética, edad, número y etapa de lactancia de la vaca, además de la variabilidad en temperaturas y precipitaciones, y la incidencia de enfermedades (Vega, *et al.*, 2020). Los cambios en la lactosa y NUL pueden ser atribuidos en parte al comportamiento de las variables climáticas durante el año.

Se han reportado contenidos de grasa en leche para vacas Holstein de 3,3 % y 3,4 % (Guajardo, *et al.*, 2020; Silva B., *et al.*, 2020, respectivamente), los cuales están por debajo de lo encontrado en este estudio. La grasa de la leche está determinada en parte por la cantidad y calidad del forraje y el tipo de suplementación (Arrieta, *et al.*, 2020), el uso de fuentes energéticas como suplemento durante las épocas críticas puede incrementar el porcentaje de grasa en la leche (Mendoza and Acosta, 2020). Evaluaciones de la suplementación de vacas en épocas de sequía o de inundaciones lograron aumentar la grasa en leche hasta el 3,8 % (Vega, *et al.*, 2020).

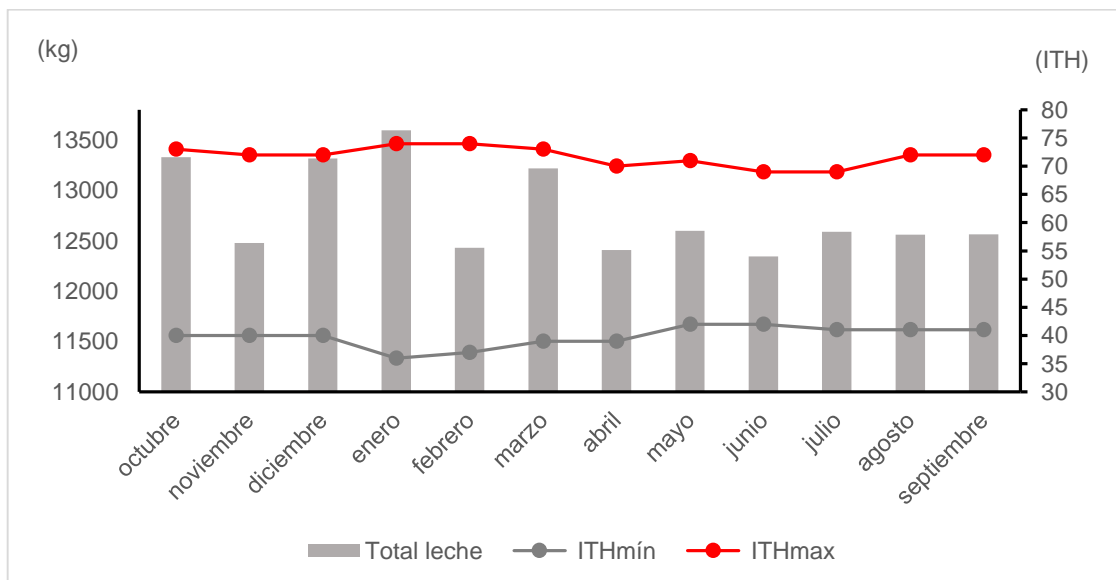
Igualmente se mencionan contenidos en proteína de 2,9 %, 3,3 % y 3,2 % (Guajardo, *et al.*, 2020; Bandeira, *et al.*, 2020; Silva B., *et al.*, 2020, respectivamente), valores similares a los

encontrados en este estudio, aunque Alves, *et al.*, (2019) y Baptista, *et al.*, (2019) reportan valores superiores (3,4 % y 3,5 % respectivamente), y argumentan que el porcentaje de proteína es mucho más difícil de alterar aunque es posible con estrategias nutricionales.

Los sólidos totales encontrados en este estudio son similares a los reportados (11,8 %, 12,5 % y 12,1 %) por Alves, *et al.*, (2019), Baptista, *et al.*, (2019) y Silva B., *et al.*, (2020), respectivamente. La lactosa es comúnmente el mayor componente de los sólidos presentes en la leche de la vaca (Salazar and Elizondo, 2019), los contenidos encontrados en las diferentes épocas evaluadas en este estudio se encuentran por encima del promedio 4,1 % esperado para esta variable (Delgado, *et al.*, 2016). La suplementación de las vacas no afecta de manera importante los contenidos de lactosa en la leche (Patricio, *et al.*, 2017).

Existen varios indicadores que permiten evaluar el estado nutricional de los animales, el nitrógeno ureico en leche (NUL) permite determinar el balance energético y proteico de la dieta, se considera adecuado cuando está en un rango entre 12 mg/dl y 18 mg/dl (Roseler, *et al.*, 1993). Valores superiores o inferiores indican excesos o escasez de proteína en la dieta, deficiencia en la fermentación de carbohidratos fibrosos y/o desequilibrio entre la disponibilidad de energía y nitrógeno en el rumen (Barbosa, *et al.*, 2012). Aunque el NUL se encontró por debajo del límite inferior en las épocas de mayor e intermedia precipitación acumulada, se observó que la relación energía – proteína se vio más afectada en la época de menor precipitación, lo que corresponde con el bajo porcentaje de PC, menor aporte de energía, menor digestibilidad y mayor porcentaje de FDN y FDA que presentaron las pasturas en esta época, lo que afectó la producción de leche.

El estrés calórico en las vacas también pudo afectar la producción de leche, aunque se observó durante todo el año un ITH mínimo y ITH máximo que indica estrés por frío o por calor en algunas horas del día, se puede observar que el estrés calórico fue mayor en los meses de enero, febrero y marzo, lo que corresponde con una reducción de la producción de leche en estos meses (figura 3).



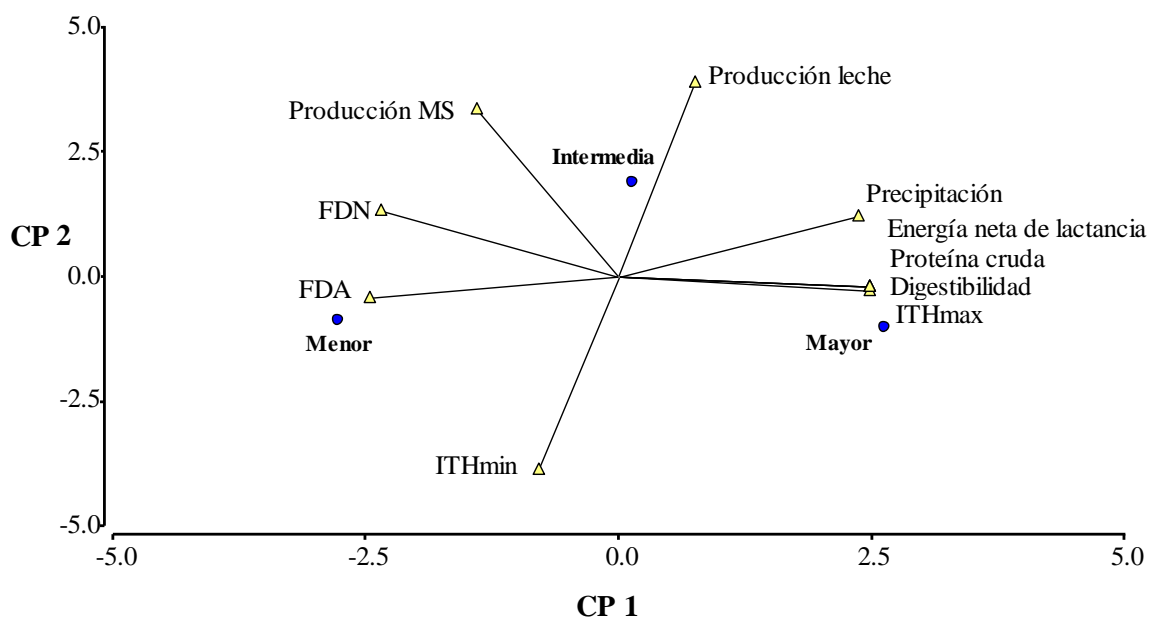
**Figura 3.** Producción mensual de leche (kg) de fincas evaluadas de pequeños productores de la zona de Alisal (Cundinamarca), índice temperatura humedad máximo y mínimo mensual.

El efecto sobre la producción y calidad de leche que tiene el comportamiento de las variables climáticas durante el año no solo afecta el crecimiento y calidad de las praderas (González, *et al.*, 2021), también pueden afectar el desempeño de los animales al generar cambios en la zona de confort térmico y producir estrés calórico, a lo cual los animales responden con cambios conductuales, fisiológicos y metabólicos para mantener el equilibrio térmico (Leyva, *et al.*, 2015)

El índice de temperatura y humedad relativa (ITH) se utiliza a menudo para determinar condiciones de estrés calórico, los efectos negativos inician en las vacas de leche cuando se evidencia un ITH de 68 a 71, incrementado conforme se eleva el índice (Zimbelman y Collier (2011), citado en Roger, 2017; bajo condiciones tropicales se reporta que el estrés por calor inicia con ITH de 65 y el estrés por frío con ITH de 56, ya que a partir de estos valores se inicia la disminución en la productividad de los animales (Morales and WingChing, 2020)

En este estudio los animales presentaron durante todo el año momentos de estrés por calor (horas del medio día) y por frío (horas de la mañana), donde el ITH máximo y el ITH mínimo en algunos momentos del día estuvo por fuera de la zona confort de los animales, esto puede explicar en parte los cambios en la producción de leche que se dieron durante el año como lo muestra el análisis de componentes principales donde el ITH mínimo presentó una relación negativa con la producción de leche, el estrés térmico en las vacas reduce la producción de leche (Leyva, *et al.*, 2015; Morales and WingChing, 2020).

Se realizó un análisis de componentes principales con las variables precipitación, ITH mínimo, ITH máximo, producción de leche, producción y calidad de forraje para las tres épocas de precipitación acumulada (figura 4). La producción de leche presentó una relación negativa con el ITH mínimo, mientras que la mayor calidad nutricional de la pastura (PC, ENL y digestibilidad) se presentó en la época de mayor precipitación acumulada. La calidad y digestibilidad de la pastura presentó una relación negativa con la FDN y FDA.



**Figura 4.** Análisis de componentes principales con variables climáticas, producción y calidad de forraje para la producción de leche en fincas de pequeños productores en Alisal (Cundinamarca).

## Conclusiones

Los cambios en la precipitación, temperatura y humedad relativa que se presentan durante el año afectan el crecimiento y la calidad de los forrajes, lo que reduce los aportes de nutrientes y puede afectar la relación energía-proteína en las vacas de leche. El comportamiento de estas variables meteorológicas puede generar condiciones de estrés térmico en los animales en algunos momentos del día, afectando negativamente la producción y calidad de leche en algunas épocas del año.

## Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Universidad de La Salle y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, y hace parte del proyecto “Evaluación de sistemas de lechería especializada en zonas ambientalmente estratégicas de trópico alto”.

## Referencias

- Ariza Nieto, C., Mayorga, O., Mojica, B., Parra, D., & Afanador, G. (2018). Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 26(1), 44-52. doi:DOI: 10.1177/0967033517746900
- Abril, S., Melo, F., & Parra, D. (2016). Impactos de los fenómenos climáticos sobre el precio de los alimentos en Colombia. Impactos de las anomalías climáticas en los precios de los alimentos en Colombia. *Ensayos sobre Política Económica*, 34(80), 146-158. doi:https://doi.org/10.1016/j.espe.2016.03.003
- Alves, D., Rocha, V., Mendes, J., Santana, P., Alcântara, L., Albuquerque, L., . . . Duarte, D. (2019). Chemical and fatty acid composition of milk from crossbred cows subjected to feed restriction. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54. doi:https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00051
- Amaral, A., Narval, M., Herbstrith, R., Ferreira, C., Schmitt, E., Rohrig, V., . . . Nunes, M. (2020). Cojera preparto en la lactancia posterior en vacas lecheras Holstein. *Ciência Rural*, 50(5).
- Arrieta, G., Gomez, L., Albi, D., Calderón, A., & Rodríguez, V. (2020). Calidad de la leche cruda para consumo humano en dos localidades de Sucre (Colombia). *Revista MVZ Córdoba*, 24(3). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-02682019000307355&lang=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682019000307355&lang=en)
- Bandeira, J., Fioresi, J., Velho, J., Hammes, F., Moro, D., André, M., . . . Haygert, I. (2020). Produção e composição do leite de vacas Holandês e Jersey de duas propriedades rurais no Noroeste do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-99402020000100807&lang=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-99402020000100807&lang=en)
- Baptista, J., Junior, I., Gimenes, F., Macedo, L., Santos, M., Aparecida, A., & Silva, G. d. (2019). Producción de leche y comportamiento ingestivo de vacas que pastan en pastos Marandu y Mulato II bajo repoblación rotacional. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48.
- Barbosa, R., Fischer, V., Ribeiro, M., Zanela, M., Stumpf, M., Kolling, G., . . . Barros, L. (2012). Caracterización electroforética de proteínas y estabilidad de la leche en vacas sometidas a restricción alimentaria. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47, 621-628. doi:https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000400019

- Britt, J., Cushman, R., Dechow, C., Dobson, H., Humblot, P., Hutjens, M., . . . Stevenson, J. (2018). Invited review: Learning from the future—A vision for dairy farms and cows in 2067. *Journal of Dairy Science*, 3722-3741. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2017-14025>
- Brunetti, H., Cavalcanti, P., Días, C., Pezzopane, J., & Santos, P. (2020). Riesgo climático y producción de forraje estacional de Marandu palisadegrass en Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(3). [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-37652020000501003&lang=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652020000501003&lang=en)
- Chang, J., Harrison, M., Rawnsley, R., Smith, A., & Meinke, H. (2017). El impacto de los eventos climáticos extremos en los sistemas lácteos basados en pasturas: una revisión. *Crop and Pasture Science*, 1158-1169.
- Contreras, J., Pariona, J., Cordero, A., Jurado, M., & Huamán, R. (2019). Degradabilidad ruminal de forrajes y alimentos concentrados y estimación del consumo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4). doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17189>
- DANE. (2016). *Encuesta Nacional Agropecuaria - Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Bogotá D.c.: Documentación DANE.
- DANE. (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) - Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Boletín Técnico: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2019/boletin\\_ena\\_2019.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2019/boletin_ena_2019.pdf)
- Delgado, Parisaca, Quispe, Delgado, & Aduviri. (2016). Evaluación de la calidad de la leche cruda bovina (*Bos taurus*) en la Comunidad Mazo Cruz del Departamento de La Paz-Bolivia. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. doi:[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62834-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62834-0)
- Fan, C.-y., H, R.-t., Ran, L., Yang, Y., Su, Y.-j., & Cheng, J.-b. (2019). Milk production and composition and metabolic alterations in the mammary gland of heat-stressed lactating dairy cows. *Journal of Integrative Agriculture*, Vol 18, Pag 2844-2853.
- Fonseca, D., Bohórquez, I., Rodríguez, C., & Vivas, N. (2020). Effect of the recovery period on the production and nutritional quality of some forage species. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(2), 135-144. doi:[https://doi.org/10.18684/bsaa\(18\)135-144](https://doi.org/10.18684/bsaa(18)135-144)
- García, D., Wencomo, H. B., Medina, M. G., Moratinos, P., & Cova, L. (2009). Caracterización de la calidad nutritiva de 53 accesiones del género *Leucaena* en condiciones tropicales. *Pastos y Forrajes*, 32(1). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942009000100006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000100006)
- Gaviria, X., Rivera, J., & Barahona, R. (2015). Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo. *Pastos y Forrajes*, 38(2). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942015000200007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000200007)
- González, R., Kristensen, T., Sánchez, S., Bolívar, M., Chirinda, N., Arango, J., . . . Knudsen, M. (2021). Carbon footprint, non-renewable energy and land use of dual-purpose cattle systems in Colombia using a life cycle assessment approach. *Livestock Science*, 773. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145573>
- Guajardo, C., Velasco, V., Astudillo, R., Cáceres, C., Cea, C., Campos, J., . . . Seminario, L. (2020). CALIDAD DE LA LECHE Y DESARROLLO DE PRODUCTOS LÁCTEOS DE UN GANADO DE VACAS NORMANDE EN LA REGIÓN DE ÑUBLE, CHILE. *Revista chilena de ciencias agrícolas y animales*, 36(3). [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0719-38902020005000503&lang=en#t1](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902020005000503&lang=en#t1)

- Hahn, G. L. (1999). Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science*, 77(2), 10-20. doi:doi: 10.2527/1997.77suppl\_210x
- Hultquist, K., & Casper, D. (2016). Evaluación de la palatabilidad del carbonato de potasio encapsulado en ácidos grasos libres como ingrediente alimentario para vacas lecheras lactantes alimentadas con una ración mixta total. *The Professional Animal Scientist*, 32(3), 328-332. doi:https://doi.org/10.15232/pas.2015-01485
- Kaufman, J., Bailey, H., Kennedy, A., Löffler, F., & Ríus, A. (2020). Cooling and dietary crude protein affected milk production on heat-stressed dairy cows. *Livestock Science*, 240. doi:https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104111
- Leyva, J., Armenta, C., Zamorano, A., Thomas, M., Rincon, G., Medrano, J., . . . Luna N. (2015). Variables climáticas asociadas a la producción de leche en vacas Holstein criadas bajo condiciones de estrés por calor del Valle del Yaqui, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 1-11. https://www.produccion-animal.com.ar/clima\_y\_ambientacion/106-variables-climaticas-asociadas.pdf
- Marshall, C., Beck, M., Garrett, K., Barrell, G., Al-Marashdeh, O., & Gregorini, P. (2020). Grazing dairy cows with low milk urea nitrogen breeding values excrete less urinary urea nitrogen. *Science of The Total Environment*, 739. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139994
- Meisser, M., Vitra, A., Deléglise, C., Dubois, S., Probo, M., Mosimann, E., . . . Mariotte, P. (2019). Las limitaciones de nutrientes inducidas por la sequía afectan el forraje N y P de manera diferente en dos pastizales permanentes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol 280, pag 85-94.
- Mendoza, A., & Acosta, Y. (2020). Suplementación de vacas a pastoreo con ensilado de grano húmedo de maíz o concentrado comercial. *Veterinaria (Montevideo)*, 56(214). http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S1688-48092020000201301&lang=en
- Meneses, D., Morales, S., Cadena, M., & Castro, E. (2019). Evaluation and selection of forage grass and legume species in Nariño, Colombia. *Pastos y Forrajes*, 42(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0864-03942019000200093
- Morales, F., & Ortiz, S. (2018). Productividad y eficiencia de ganaderías lecheras especializadas en el Valle del Cauca (Colombia). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 63(3), 252-268. doi:https://doi.org/10.15446/rfmvz.v65n3.76463
- Morales, M., & WingChing, J. (2020). Condiciones climáticas y la producción láctea del ganado jersey en dos pisos altitudinales. *Agronomía Mesoamericana*, 157-176. doi:10.15517/am.v31i1.34739
- Neto, J., Severiano, E., Pinho, K. d., Guimarães, W., Gomes, W., & Andrade, R. (2015). Descompactação biológica do solo por capins do gênero *Brachiaria* em Integração Agricultura-Pecuária. *Acta Scientiarum. Agronomía*, 37(3), 375-383. doi:https://doi.org/10.4025/actasciagron.v37i3.19392.
- Ortega, A., Tellerías, L., Ferrís, J., Boldo, E., Campillo, F., Hazel, P. d., . . . Jai, C. (2019). Threats, challenges and opportunities for paediatric environmental health in Europe, Latin America and the Caribbean. *Anales de Pediatría*, 90(2), 124.e1-124.e11. doi:https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2018.11.015
- Ospina, O., Anzola, H., Ayala, O., Martínez, A., Arévalo, J., Arciniegas, I., . . . Galvis, G. (2020). Produção real de leite vs produção de leite calculada a partir de energia líquida de lactação estimada pelo algoritmo para análise de imagens vermelho-verde-azul de gramíneas. *Ciência Rural*, 51(1). doi:https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200551
- Ouellet, L., Cabrera, E., Fadul, L., & Charbonneau, É. (2019). The relationship between the number of consecutive days with heat stress and milk production of Holstein dairy cows

- raised in a humid continental climate. *Journal of Dairy Science*, 8537-8545. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2018-16060>
- Patricio, N., Ismael, A., Antonio, R., Efraín, L., & Enrique, K. (2017). Comportamiento productivo y calidad de la leche en bovinos (*Bos taurus*) utilizando un probiótico natural. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(2). [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2311-25812017000200005](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812017000200005)
- Petisco, H., Borghetti, A., & Elia, D. (2019). Ensayos de infiltración en modelos experimentales de cubiertas secas utilizando cenizas de carbón de la central térmica de Pecém. *Materia (Rio de Janeiro)*.
- Quispe, C., Ñaupari, J., Distel, R. A., & Flores, E. (2021). Feeding selection of sheep and alpaca on puna tussock rangelands grazed previously by cattle. *Small Ruminant Research*, 197. doi:<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106349>
- Ramírez, I., & Giraldo, L. (2017). Evaluation of dietary supplements containing castor cake on in situ degradation, diets with Kikuyu grass and dairy production in Holstein cows. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12(2), 103-122. doi:<https://doi.org/10.21615/cesmvz.12.2.3>
- Rodríguez, A., Rodríguez, C., & Borrás, L. (2021). Evaluación de parámetros zootécnicos en terneros suplementados con un alimento fermentado en estado sólido. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(1), 153-166. doi:[https://doi.org/10.18684/bsaa\(19\)153-166](https://doi.org/10.18684/bsaa(19)153-166)
- Roger, M. (2017). El estrés calorico afecta el comportamiento reproductivo y el desarrollo embrionario temprano en bovinos. *Nutrición animal Trópica*, 11(1), 1-15. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/nat.v11i1.28280>
- Roseler, D., Ferguson, J., Sniffen, C., & Herrema, J. (1993). Efectos de la degradabilidad de las proteínas de la dieta sobre el nitrógeno ureico en plasma y la leche y el nitrógeno no proteico de la leche en vacas Holstein. *Journal of Dairy Science*, 76, 525-534. doi:[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77372-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77372-5)
- Salazar, E., & Elizondo, A. (2019). El tratamiento térmico del calostro aumenta la absorción de inmunoglobulinas G en terneras Holstein. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1). doi:<https://doi.org/10.15517/am.v30i1.32356>
- Salles, W., Anção, P., Corsi, M., Ocheuze, P., & Mui, S. (2003). Disponibilidade hídrica relacionada ao conteúdo de nitrogênio e à produtividade da alfafa (*Medicago sativa* L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6), 1275-1286. doi:<https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000600001>
- Schons, R., Laca, E., Savian, J., J.C.Mezzalira, E.A.N.Schneider, L.A.M.Caetano, . . . P.C.de.F.Carvalho. (2021). 'Rotatinuous' stocking: An innovation in grazing management to foster both herbage and animal production. *Livestock Science*, 245. doi:<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104406>
- Silva, B. d., Paes, S., Silva, E. d., Santoro, K., Vieira, Â., & Vargas, R. (2020). Análisis de conglomerados y componentes principales para evaluar la producción de leche y las características de calidad. *Revista de Ciencias Agronómicas*, 51(3). [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-66902020000300417&lang=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902020000300417&lang=en)
- Silva, J., Kaique, J., Guimarães, D., Silva, C., Solar, J. D., Mendes, J., . . . Momo, H. (2020). Composición bromatológica y producción de materia seca de forrajes hidropónicos de maíz. *PASTOS Y FORRAJES - Acta Scientiarum. Ciencias animales*, 43.
- Spießab, J., Granahan, A., Geaumont, B., Sedive, K., Lakey, M., Bertie, M., . . . Limb, R. (2020). Patch-Burning Buffers Forage Resources and Livestock Performance to

- Mitigate Drought in the Northern Great Plains. *Rangeland Ecology & Management*, 73(1), 473-481. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.03.003>
- Vargas, J., A. S., Mancipe, E., & Avellaneda, Y. (2018). El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 137-156. doi:<https://doi.org/10.21615/cesmvz.13.2.4>.
- Vega, J., López, F., Estrada, J., Flores, G., Prospero, F., & Arriaga, C. (2020). Black oat (*Avena strigosa* Schreb.) grazing or silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. Part I. Crop and dairy cow performance. *Chilean journal of agricultural research*, 80(4). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392020000400515>
- Velasco, I., Ochoa, L., & Gutiérrez, C. (2005). Sequía, un problema de perspectiva y gestión. *Región y sociedad*, 17(34). <http://www.scielo.org.mx/pdf/regsoc/v17n34/v17n34a2.pdf>
- Warken, A., Lopes, L., Bottari, N., Lombowsky, P., Galli, G., Morsch, V., . . . Silva, A. D. (2018). La suplementación con minerales estimula el sistema inmunológico y las respuestas antioxidantes de las vacas lecheras y reduce el recuento de células somáticas en la leche. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2).
- Waweru, S., Maass, B., Njenga, D., & Notenbaert, A. (2019). Perennial ryegrass and novel festulolium forage grasses in the tropical highlands of Central Kenya: Preliminary assessment. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 7(3), 234-243. doi:[https://doi.org/10.17138/tgft\(7\)234-243](https://doi.org/10.17138/tgft(7)234-243).