



Original

Efecto de los sistemas silvopastoriles en la corrección del síndrome de la leche anormal en Ecuador

Effect of silvopastoral systems in the correction of abnormal milk syndrome in Ecuador

Hernán Rigoberto Benavides Rosales *, Ernesto Noval-Artiles **, Juan Ramón García-Díaz **,

*Universidad Politécnica del Carchi. Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales. Tulcán, Carchi, Ecuador.

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Carretera a Camajuaní Km. 5 ½. Santa Clara. CP 54830, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Correspondencia: juanramon@uclv.edu.cu

Recibido: Octubre, 2024; Aceptado: Noviembre, 2024; Publicado: Diciembre, 2024.

RESUMEN

Antecedentes: Los sistemas silvopastoriles (SSP) favorecen la calidad de la leche de vaca. **Objetivo.** Evaluar el efecto de los SSP en calidad composicional de la leche y la corrección del síndrome de la leche anormal (SILA) en las condiciones de producción de la región andina de Ecuador. **Métodos:** Los agroecosistemas (AES) 1 y 2 contenían pastos y árboles; de Aliso y Acacia, respectivamente; el AES 3 contuvo pastos solamente. Se tomaron 35 mezclas de leche de cada AES y se determinó la composición láctea y se diagnosticó el SILA. Se determinó el efecto del año y AES mediante un ANOVA multifactorial con interacción y la prueba de Bonferroni para comparar las medias según el año y la interacción de este con el AES, y la de Duncan según el AES. **Resultados:** En los AES 1 y AES 2 no se diagnosticó el SILA y en el AES 3 en SILA se diagnosticó entre el 33,33 y el 78,57 % de las muestras. El por ciento de grasa, el punto crioscópico y la densidad de la leche fueron superiores ($p < 0,05$) en los AES 1 y AES 2. La proteína y sólidos no grasos fueron superiores en el tercer año y en los AES 1 y AES 2 con interacción AES y año. **Conclusión:** En el AES 3, sin arbóreas, en los tres años de estudio se diagnosticaron más del 30% de las muestras de leche con criterio SILA, mientras que en los AES 1 y AES 2 no se diagnosticó SILA.

Palabras claves: agroecosistemas, leche, Vaca, porcentaje de grasa, densidad, punto crioscópico (Fuente: AGROVOC)

ABSTRACT

Background: Silvopastoral systems (SSP) favor the quality of cow's milk. **Objective.** Evaluate the effect of SSP on compositional quality of milk and the correction of abnormal milk syndrome

Como citar (APA) Efecto de los sistemas silvopastoriles en la corrección del síndrome de la leche anormal en Ecuador. (2024). *Revista De Producción Animal*, 36(3). <https://apm.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e159>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

(AIS) in the production conditions of the Andean region of Ecuador. **Methods:** AES 1 and 2 contained grasses and trees; of Aliso and Acacia, respectively; AES 3 contained grasses only. 35 milk mixtures were taken from each AES and the milk composition was determined and SILA was diagnosed. The effect of year and AES was determined using a multifactorial ANOVA with interaction and the Bonferroni test to compare the means according to the year and its interaction with the AES, and that of Duncan according to the AES. **Results:** In AES 1 and AES 2, SILA was not diagnosed and in AES 3, SILA was diagnosed in between 33.33 and 78.57% of the samples. The percentage of fat, the cryoscopic point and the density of the milk were higher ($p < 0.05$) in AES 1 and AES 2. Protein and non-fat solids were higher in the third year and in AES 1 and AES 2 with AES and year interaction. **Conclusion.** In AES 3, without trees, in the three years of study, more than 30% of the milk samples were diagnosed with SILA criteria, while in AES 1 and AES 2, SILA was not diagnosed.

Keywords: agroecosystems, milk, Cow, fat percentage, density, cryoscopic point (Source: AGROVOC)

INTRODUCCIÓN

El síndrome de la leche anormal (SILA) es un conjunto de alteraciones en las propiedades físico-químicas de la leche, que causan trastornos a los procesos de elaboración de derivados lácteos, en sus rendimientos y en la calidad final de los mismos (Ponce, 2009; Romero, 2012).

El SILA se asocia a trastornos fisiológicos, metabólicos y/o nutricionales, entre ellos, pobre condición corporal, acidosis metabólica y bajo pH ruminal, que afectan los mecanismos de síntesis y secreción láctea a nivel de la glándula mamaria (Hernández y Ponce, 2005; Ponce, 2009). Estos trastornos se diagnosticaron en rebaños lecheros con deficiencias de minerales, proteínas y energía; en Cuba (García-Díaz *et al.*, 2011) y en Ecuador (Balarezo *et al.*, 2020; 2021).

En el municipio de Pupiales departamento de Nariño, Colombia, el 48% de las 25 muestras de leche analizadas presentaron criterio SILA. Las vacas de estos rebaños consumían 1 kg/vaca/día de concentrado Itacol, agua a voluntad, 160 gr de sal mineralizada al 17 %, pero muy baja oferta forrajera (Romero, 2012).

Otro factor que favorece la presentación del SILA es el estrés calórico, que provoca disminución de la eficiencia celular y del flujo sanguíneo a la ubre, con baja disponibilidad de agua para la síntesis de la leche y menor producción y alteración de los sólidos totales de la leche (Ponce, 2009).

Según López *et al.* (2017), para reducir el estrés calórico y a la vez aumentar la oferta de forraje en la alimentación de los animales, los productores que incorporan árboles en sus pastos y fomentan los sistemas silvopastoriles (SSP). Esta práctica reduce la acidosis metabólica y la pérdida de peso de los animales; las vacas mantienen los niveles de producción láctea y la calidad de la leche (Sánchez *et al.*, 2018).

Los SSP tienen un impacto positivo porque el rendimiento animal es mejor debido a la mayor y mejor calidad de alimento, el rendimiento vegetal es alto por la disponibilidad de nutrientes en el suelo por la mejor retención de humedad y la sombra (Murgueitio *et al.*, 2014). También hay mayor cantidad de macro y microfauna en el suelo, capaz de degradar la materia orgánica, mineralizándola y haciéndola disponible para las especies vegetales que interactúan en el sistema (Silverman *et al.*, 2015).

La calidad de la leche y su composición dependen del origen o la forma en que se maneja el alimento a consumir por los animales. En los SSP la leche es de mayor calidad, más rica en contenidos de ácidos grasos esenciales, vitaminas y antioxidantes beneficiosos, al compararlo con animales suplementados y animales estabulados (Murgueitio *et al.*, 2016).

A pesar de las ventajas antes de los SSP aún no se generalizan en la región de Latinoamérica; principalmente debido al bajo conocimiento de las tecnologías y falta de políticas apropiadas que estimulen la implementación de sistemas de producción sostenibles en fincas lecheras (Chará *et al.*, 2017), así como tampoco existe información científica concluyente sobre el efecto de los SSP en la calidad composicional de la leche y la corrección del SILA.

El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de los SSP en la calidad composicional de la leche y la corrección del SILA en las condiciones de producción de la región andina de Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Marco espacio-temporal

El experimento se realizó en rebaños lecheros entre 2020 y 2022 en la parroquia "El Carmelo", cantón Tulcán, provincia del Carchi, Ecuador. Se ubica en el área hidrográfica 230, desde los 0° 39' y 33"N y 77° 36' y 20 "W hasta 0° 38' y 55"N y 77° 36' y 25 "W, con una altitud de 2916 a 3006 m.s.n.m. (INAMHI, 2023).

El escenario de investigación tiene 54,4 ha. El suelo es del orden Andisol, cuya materia orgánica fluctúa entre 10 y 25 %, el pH entre 5,5 y 6,5, la retención de agua entre 20 y 100 % y la profundidad efectiva entre 20 y 70 cm. El relieve tiene pendientes que fluctúan entre 10 y 40 %; el carbono orgánico del suelo entre 15 y 25 %, la capacidad de intercambio catiónico de 15 a 25 meq 100 g⁻¹ de suelo. En el componente edáfico predomina el Ca en el complejo de intercambio y el nitrógeno varía de valores medios a altos (Franco, 2016). La principal limitante de los suelos de la región andina de Ecuador es la acidez (Calva y Espinosa, 2017).

Las precipitaciones fluctuaron entre 892,50 y 1317,50 mm, los promedios de las temperaturas media; máxima y mínima en el periodo de estudio fueron 12,12; 16,49 y 8,06 °C, respectivamente (INAMHI, 2023).

Características de los agroecosistemas (AES)

Se implementaron tres AES en un diseño experimental completamente al azar. Los pastos predominantes en los tres AES fueron: Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* L.), Ray grass (*Lolium perenne* L.), Holco (*Holcus lanatus* L.) y Trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

Los AES 1 y 2 contenían pastos y árboles; de *Alnus acuminata* H.B.K (Aliso), el AES 1 y de *Acacia melanoxylon* R.Br. (Acacia), el AES 2. El AES 3 contuvo pastos solamente y se consideró como testigo. Los árboles en los AES 1 y AES 2 se establecieron en diciembre de 2019, con una densidad de siembra de 1000 árboles ha⁻¹, en filas dobles, con una separación de dos metros, siguiendo las curvas de nivel. Para proteger los árboles jóvenes de los daños causados por las vacas, se establecieron cercas eléctricas dobles, las que sirvieron a su vez para dividir los cuartones.

Se empleó el pastoreo restringido en tiempo durante 18 horas diarias. No se administró concentrado proteico energético, pero si se suplementó sales minerales por vía oral *ad libitum*. El ordeño de las vacas se realizó con ordeño mecanizado dos veces al día, 5:00 – 7:00 am. y 3:00 – 5:00 pm. Se empleó la crianza artificial del ternero a partir del tercer día de nacido.

Diseño experimental

Se utilizaron entre 29 y 34 vacas en producción y se asignaron al azar entre 9 y 12 vacas por cada AES. Los animales cumplieron los siguientes criterios: Vacas Holstein con una edad comprendida entre tres y cuatro años, con condición corporal al parto (CCP) entre 3,0 y 4,0 puntos en la escala de cinco, estuvieron en tercera y cuarta lactancia con una producción láctea promedio de 10 ± 2 L vaca⁻¹ día⁻¹, clínicamente sanas, sin estar recibiendo tratamiento médico.

Mediciones realizadas

Estado de salud

El estado general de salud se determinó al inicio y se le dio seguimiento durante todo el estudio, usando las invariantes funcionales del método clínico (Cuesta *et al.*, 2007). A los animales se les realizaron desparasitaciones y vacunaciones según cronograma del área.

Condición corporal

La condición corporal (CC) se estimó mediante el examen físico de los animales que incluyó la inspección y palpación, clasificándola en la escala de 1-5 puntos y divisiones de 0,25 entre ellos según la metodología propuesta por French *et al.* (2020). Por existir pocos animales en los AES estudiados, la CC se determinó solo al momento del parto (CCP).

Determinación de los parámetros fisicoquímicos de la leche

Se tomaron 105 muestras de mezclas de leche, 35 de cada AES, (9 en el primer año, 14 en el segundo y 12 en el tercero). Se obtuvieron de los tanques colectores refrigerados de cada AES. Se determinó la composición en grasa, proteína cruda, sólidos no grasos, el punto crioscópico y la densidad en el analizador ultrasónico de leche *EKOMILK BOND Ultrasonic Milk Analyzers* (BULTH 2000, Bulgaria), según los procedimientos del fabricante. Este equipo tiene una precisión de $\pm 0,1 \%$, $\pm 0,2 \%$, $\pm 0,2 \%$, $\pm 0,015 ^\circ \text{C}$ y $\pm 0,0005 \text{ g/cm}$ para grasa, sólidos no grasos (SNG), proteína, punto crioscópico y densidad, respectivamente.

Diagnóstico del SILA

El SILA se diagnosticó según los criterios de clasificación de la leche de vaca establecidos por Ponce (2009).

Procesamiento estadístico

En la composición láctea se calcularon los estadígrafos descriptivos (DE) para todas las variables. Se determinó el efecto del año y AES en los componentes de la leche mediante un análisis de varianza (ANOVA) multifactorial con interacción. Las medias de los componentes según el año y la interacción de este con el AES se compararon mediante la prueba de Bonferroni (1936) y según el AES mediante la prueba de Duncan, (1955).

Para el procesamiento estadístico se empleó el paquete estadístico Statgraphics Centurion versión XV. II (Statistical Graphic Corp., USA, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición láctea

En la Tabla 1 se expone la composición láctea en los AES. Según los criterios de clasificación de la leche de vaca establecidos por Ponce (2009) en las condiciones de producción en Cuba. Sin embargo, estos son comunes para la ganadería lechera y el sector lácteo en otros escenarios ya que se basan en criterios de la calidad de la leche y en aspectos sanitarios y de manejo del rebaño (Hernández y Ponce, 2005).

En el AES 3 primer año, el porciento de muestras con criterio SILA según la grasa y la densidad fueron 44,44 y 33,33 %; en el segundo año, 78,57 y 42,86 % y en el tercer año 75 y 33,33 %, por igual orden. Los SNG son compatibles con el SILA en el 21,43 % y en el tercer año en el 33,33 %. En los AES 1 y AES 2 no se detectaron muestras de leche compatibles con SILA.

Tabla 1. Composición láctea ($\bar{x} \pm \text{DE}$) y porcentaje de muestras con criterio SILA en los tres AES y años estudiados.

Indicadores	LCS	AES 1 (n=9)		AES 2(n =9)		AES 3(n =9)	
		$\bar{X}\pm DE$	C SILA,	$\bar{X}\pm DE$	C SILA,	$\bar{X}\pm DE$	C SILA,
Primer año							

Grasa (g%)	3,53	3,85 ±	0,00	4,04 ± 0,07	0,00	3,52 ± 0,14	44,44
PC (g%)	2,90	3,23 ±	0,00	3,27 ± 0,04	0,00	3,28 ± 0,06	0,00
SNG (g%)	8,15	8,45 ±	0,00	8,57 ± 0,17	0,00	8,66 ± 0,16	0,00
Punto crioscópico	540	571,19 ±	0,00	573, 22 ±	0,00	569,39 ±	0,00
Densidad (g cm ³⁻¹)	1,028	1,030 ±	0,00	1,029 ±	11,11	1,028 ±	33,33
Segundo año							
		AES 1 (n=14)		AES 2 (n=14)		AES 3 (n=14)	
Grasa (g%)	3,53	4,06 ±	0,00	4,11 ± 0,20	0,00	3,49 ± 0,15	78,57
PC (g%)	2,90	3,29 ±	0,00	3,27 ± 0,02	0,00	3,19 ± 0,01	0,00
SNG (g%)	8,15	8,65 ±	0,00	8,58 ± 0,07	0,00	8,36 ± 0,18	21,43
Punto crioscópico	540	579,14 ±	0,00	574, 82 ±	0,00	570,39 ±	0,00
Densidad (g cm ³⁻¹)	1,028	1,030 ±	0,00	1,030 ±	0,00	1,028 ±	42,86
Tercer año							
		AES 1 (n=12)		AES 2 (n=12)		AES 3 (n=12)	
Grasa (g%)	3,53	4,04 ±	0,00	4,01 ± 0,15	0,00	3,50 ± 0,07	75,00
PC (g%)	2,90	3,36 ±	0,00	3,31 ± 0,03	0,00	3,22 ± 0,03	0,00
SNG (g%)	8,15	8,88 ±	0,00	8,68 ± 0,10	0,00	8,11 ± 0,34	33,33
Punto crioscópico	540	576,86 ±	0,00	576, 47 ±	0,00	565,37 ±	0,00
Densidad (g cm ³⁻¹)	1,028	1,031 ±	0,00	1,030 ±	0,00	1,028 ±	33,33

Leyenda: LCS: Límite para el criterio SILA (Ponce, 2009). C SILA: Porcentaje de muestras con criterio SILA. PC: Proteína cruda. SNG: Sólidos no grasos. AES: Agroecosistema.

Aunque el SILA se establece por la aparición de alteraciones en la mayoría de los componentes lácteos y no porque esté alterado uno o solo algunos de ellos (Hernández y Ponce, 2005; Ponce, 2009), los resultados de esta investigación indican que hay presencia del SILA en el AES 3, donde existen condiciones objetivas que pueden provocar que el mismo se presente.

En el AES 3 la CCP promedio de las vacas fue inferior a tres; esto limita la energía disponible por el tejido epitelial mamario y afecta la síntesis y secreción de los componentes lácteos, fundamentalmente de caseína, lactosa y los principales macrominerales implicados, básicamente de fósforo y magnesio (Ponce, 2009).

Además, los balances de nutrientes mostraron que en el AES 3 hay balance energético negativo y mayor exceso de PC, en esta situación se incrementa el nitrógeno ureico en sangre (BUN) (Balarezo *et al.*, 2020; 2021). Este conduce al aumento del nitrógeno ureico en leche (MUN) y aumentan los casos de SILA (Ponce, 2009).

Corrección del SILA con los SSP

En la Tabla 2 se expone la comparación de las medias para el por ciento de grasa, el punto crioscópico y la densidad de la leche, según los AES y año. Nótese los tres indicadores fueron superiores ($p < 0,05$) en los AES 1 y AES 2, con respecto al AES 3. No se observaron diferencias ($p < 0,05$) en indicadores de calidad respecto al año de estudio.

Tabla 2. Comparación de medias de grasa, punto crioscópico y densidad de la leche según AES y años.

	n	Grasa (g%)	Punto crioscópico (m °C)	Densidad (g/cm ³)
AES				
		$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$
AES 1	35	3,99 ^a	575,73 ^a	1,03 ^a
AES 2	35	4,05 ^a	574,83 ^a	1,029 ^a
AES 3	35	3,50 ^b	568,38 ^b	1,028 ^b
± EE		0,02	0,19	0,00013
Año				
		$\bar{X} \pm EE$	$\bar{X} \pm EE$	$\bar{X} \pm EE$
1	27	3,80±0,03 ^a	571,27±1,34 ^a	1,02± 0,00 ^a
2	42	3,89±0,02 ^a	574,78±1,07 ^a	1,02± 0,00 ^a
3	36	3,85±0,02 ^a	572,90±1,16 ^a	1,02± 0,00 ^a

^{ab} Letras diferentes en los superíndices de cada variable en la misma columna, dentro de cada fuente de variación indican diferencias significativas * $p < 0,05$; Duncan, (1955). AES: Agroecosistema.

La proteína y SNG (Tabla 3) fueron superiores en el tercer año y en los AES 1 y AES 2 con interacción AES y año, que muestra que los parámetros fueron superiores en estos AES en el segundo y tercer año, cuando los AES 1 y AES 2 estaban más consolidados.

Tabla 3. Comparación de la proteína y los sólidos no grasos ($\bar{X} \pm EE$) de las mezclas de leche de los tres AES y años de estudio.

AES		n	Proteína (g%)	SNG (g%)
			$\bar{X} \pm EE$	$\bar{X} \pm EE$
AES				
AES 1		35	3,30±0,006 ^a	8,66±0,034 ^a
AES 2		35	3,29±0,006 ^a	8,61±0,034 ^a
AES 3		35	3,23±0,006 ^b	8,38±0,034 ^b
Año				
1		27	3,26±0,007 ^b	8,56±0,038 ^a
2		42	3,25±0,005 ^b	8,53±0,030 ^a
3		36	3,30±0,006 ^a	8,56±0,033 ^a
Interacción año x AES				
AES	Año	n	$\bar{X} \pm EE$	$\bar{X} \pm EE$
1	1	9	3,23±0,012 ^{cde}	8,45±0,066 ^{bc}
	2	14	3,29±0,010 ^b	8,65±0,053 ^{ab}
	3	12	3,36±0,011 ^a	8,88±0,057 ^a
2	1	9	3,27±0,012 ^{bcd}	8,57±0,066 ^{bc}
	2	14	3,27±0,010 ^{bcd}	8,58±0,053 ^{bc}
	3	12	3,31±0,011 ^b	8,68±0,057 ^{ab}
3	1	9	3,28±0,012 ^{bc}	8,66±0,066 ^{ab}
	2	14	3,19±0,010 ^e	8,36±0,053 ^{cd}
	3	12	3,22±0,011 ^{de}	8,11±0,057 ^d

^{ab} Letras diferentes en los superíndices de cada variable en la misma columna, dentro de cada fuente de

variación indican diferencias significativas * $p < 0,05$ (Bonferroni, (1936) para el año y la interacción año x AES y Duncan, (1955) para los AES). AES: Agroecosistema.

El SILA puede ser corregido con formulaciones de aditivos capaces de estabilizar y activar la función ruminal y el metabolismo en general; además, con la inclusión de adecuados niveles de fibra en la dieta (Ponce, 2009).

En correspondencia con lo anterior, la implementación de los SSP en los AES 1 y AES 2 permiten a las vacas consumir alimentos fibrosos que eviten los cuadros de acidosis ruminal y metabólica; por lo que constituyen una propuesta para solucionar parcialmente el SILA y un aporte científico de esta investigación para estas condiciones de producción, y abre un nuevo campo de estudio para futuras investigaciones.

Los resultados de este trabajo indican que la producción láctea con vacas en SSP con Acacia y Aliso modificaron los porcentos de grasa y de SNG, y de la densidad de la leche, corroborando lo publicado por otros autores que encontraron un efecto positivo de los sistemas multiasociados de árboles y pastos en la calidad composicional de la leche (Hernández y Ponce, 2005; Ponce, 2009).

Sin embargo, son contrarios a los publicados por Jordan *et al.* (1995), quienes ofertaron *Leucaena leucocephala* con niveles de consumo que sobrepasan el 50 % de la ración, y no observaron modificaciones en el porcentaje de grasa, proteína cruda y sólidos totales de la leche. La diferencia puede estar motivada porque son diferentes las especies arbóreas, el porcentaje de consumo, que en el trabajo consultado se estableció y fijó y en esta investigación los animales consumen a voluntad.

Los valores de grasa, proteína y SNG en la leche en el AES 2 son superiores a los publicados en vacas Holstein en Nariño, Colombia, alimentadas con una ración que contenía el 28,8 % de harina de Acacia; donde los valores de estos indicadores fueron 2,83 g%, 2,75 g%, 7,75 g%, respectivamente (Jaramillo y Jiménez, 2000). La falta de correspondencia puede estar motivada porque en el trabajo consultado los animales consumían harina, que tiene partículas muy finas, lo que puede disminuir la producción de propionato, que disminuye la de ácido láctico y glucosa. Esto estimula la producción de insulina, la cual reduce la liberación de ácidos grasos y consecuentemente se reduce el porcentaje de grasa en leche (Suárez, 2020).

El menor porcentaje de grasa en la leche en el AES 3 puede estar motivado porque en el mismo las vacas consumen menos fibra, esto provoca menor tiempo de rumia y producción de saliva, lo que disminuye el pH del rumen y producción de ácidos grasos volátiles, afectando el porcentaje de grasa de la leche. La disminución del pH del rumen también reduce la proteína cruda de la dieta (Ponce, 2009).

Además, los SSP reducen la temperatura corporal de las vacas entre 3 y 5 °C aproximadamente

por lo que el estrés calórico y los efectos que éste origina pueden atenuarse con los sistemas multiasociados de árboles y pastos (Murgueitio *et al.*, 2016). No obstante, en el escenario de esta investigación por desarrollarse en un clima frío, el estrés calórico no debió ser la causa de las diferencias en los contenidos de grasa, proteínas, sólidos no grasos, punto crioscópico y densidad (Navas, 2010; Murgueitio *et al.*, 2014).

Las diferencias en los componentes lácteos pueden explicarse por los cambios en la dieta que se originan con los SSP, considerando que el factor más importante que influye sobre la calidad composicional de la leche es la nutrición (Bajramaj *et al.*, 2017; Suárez, 2020). Los AES 1 y AES 2 mejoran la calidad y oferta de nutrientes en la dieta, ésta provee de mayores precursores de ácidos grasos de la leche, la proteína y los sólidos totales con respecto al AES 3.

Además, en los SSP los animales pueden aprovechar mejor las mezclas forrajeras e incrementar el consumo de las mismas y así obtener mayor cantidad de nutrientes de mejor calidad (Murgueitio *et al.*, 2016). En algunos trabajos con vacas lecheras que consumieron pastos en SSP se han encontrado cambios en el contenido de nutrientes en la leche, particularmente grasa, proteína, sólidos no grasos y sólidos totales (Hernández y Ponce 2004; Urbano *et al.*, 2006).

Los resultados de esta investigación están en correspondencia con los obtenidos en el piedemonte Amazónico colombiano con SSP intensivo con *Tithonia diversifolia* que incrementó ($p < 0,05$) la producción de leche, SNG y sólidos totales por animal día⁻¹ (Rivera *et al.*, 2015).

Los mayores niveles de proteína cruda en la leche en el AES 1 pueden deberse a que en el mismo existió exceso de PC y déficit energético en la dieta de los rebaños y consecuentemente incrementa el BUN y el MUN en las vacas. En las raciones con estas características se satura la capacidad de los microorganismos del rumen para utilizar el NH₃, que llega al hígado por vía sanguínea y este órgano lo convierte en urea, por lo que los excesos de NH₃ conducen a elevaciones del BUN y el MUN (Correa y Cuéllar, 2004; Butler, 2013).

Aunque el contenido de proteínas de la leche es poco sensible a las variaciones en la calidad de los alimentos dentro de ciertos rangos, el 76 % del nitrógeno en la leche se encuentra en las proteínas de la misma, principalmente en las caseínas, el 18 %, en las proteínas del suero y el 6 % en el nitrógeno no proteico (Hernández y Ponce, 2004). Por lo anterior, cualquier aumento del MUN origina incrementos de las proteínas de la leche; sin embargo, en esta investigación ocurre un efecto contrario, en el AES 3 hay menor contenido de proteína en la leche, aspecto que debería estudiarse con profundidad.

Los niveles de SNG (Tabla 3) son superiores ($p < 0,05$) en los AES 1 y AES 2 con respecto al AES 3, situación similar fue demostrada en vacas Holstein, Siboney de Cuba y Mestizas Holstein x Cebú en las condiciones de producción de Cuba, donde los SNG fueron superiores en los rebaños mantenidos en SSP con *Leucaena leucocephala* en comparación con los que se mantuvieron sobre gramíneas, básicamente pasto estrella (Ponce, 2009).

El SILA puede ser corregido con la inclusión adecuados niveles de fibra en la dieta (Ponce, 2009). En tal sentido, la implementación de los SSP en los AES 1 y AES 2 permitieron a las vacas consumir alimentos fibrosos que evitan la acidosis ruminal y metabólica y aumentar la CCP, y por tal razón, constituyen una propuesta para solucionar parcialmente el SILA y un aporte científico de esta investigación para estas condiciones de producción, y abre un nuevo campo de estudio para futuras investigaciones.

CONCLUSIÓN

Los SSP con árboles de Acacia y Aliso, en las condiciones de producción de la región andina de Ecuador, mejoraron la calidad composición láctea, y en ellos ninguna de las muestras de leche fue compatible con el SILA; mientras que, en el agroecosistemas sin arbóreas, más del 40 % de ellas fueron criterio SILA.

REFERENCIAS

- Bajramaj, D.L., Curtis, R.V., Kim, J.J., Correding, M., Doelman, J., Wright, T.C., & Cant, J. P. (2017). Addition of glycerol to lactating cow diets stimulates dry matter intake and milk protein yield to a greater extent than addition of corn grain. *Journal of dairy science*, 100(8). 6139-6150. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12380>
- Balarezo, L.R., García-Díaz, J.R., & Noval-Artiles. E. (2020). Condición corporal y reinicio de la actividad ovárica posparto en vacas Holstein en Ecuador. *Rev. MVZ Córdoba*, 25(3): e1859. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1859>
- Balarezo-Urresta, L. R, Noval-Artiles E., & García-Díaz, J.R. (2021). Energy-mineral supplementation during the gestation-lactation transition period in Holstein cows. *Cuban J. Agric. Sci.*, 5(2), 1-11. <https://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/1008>
- Bonferroni, C.E. (1936). Teoría estadística de clases y cálculo de probabilidades. Publicaciones del Instituto Superior de Ciencias Económicas y Comerciales de Florencia, 8, 3-62. <https://fastercapital.com/es/palabra-clave/correccion-bonferroni.html>
- Butler, R.W. (2013). Metabolic and reproductive interactions in dry and transition dairy cows. Conference Paper. Cornell University. <https://www.researchgate.net/publication/270881177>
- Calva, Carmen., &Espinosa, J. (2017). Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana. *Siembra*, 4(1), 110-1220. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.505>

- Chará, J., Rivera, J.E., Barahona, R., Murgueitio, E., Deblitz, C., Reyes, E., Mauricio, R., Molina, J., Flores, M., & Zuluaga A. 2017. Intensive silvopastoral systems: economics and contribution to climate change mitigation and public policies. In: *Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty: Springer, Cham*, 12, 395-416. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69371-2_16
- Correa, H.J., & Cuéllar, A.E. (2004). Aspectos clave del ciclo de la urea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 17(1), 29-38. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20043196520>
- Cuesta, M., Montejo, E., & Duvergel, J. (2007). Medicina Interna Veterinaria. Tomos I y II. La Habana: Editorial Félix Varela. Ministerio de Educación Superior. *Tomo I*, 2, 978-959. <https://isbn.cloud/9789590704970/medicina-interna-veterinaria-tomo-i/>
- Duncan, D.B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *International Biometric Society*, 11(1), 1-42. <http://dx.doi.org/10.2307/3001478>
- Franco W. (2016). Suelos Volcánicos y Riesgos y Oportunidades del Desarrollo Agrícola Sostenible en el Cantón Huaca del Carchi, Ecuador. <https://www.researchgate.net/publication/303496805>
- French, J., Wright, T., & Mongeon, M. (2020). Body Condition Scoring of Dairy Cattle. OMAFRA Factsheet. #20-011 AGDEX 414/20, 1-4. https://www.publications.gov.on.ca/store/20170501121/Free_Download_Files/300234.pdf
- García-Díaz, J.R., Cuesta Mazorra, M., Silveira-Prado, E.A., Quiñones-Ramos, R., Hernández-Barreto, M.A., & Mollineda-Trujillo, Á. (2011). Desequilibrios metabólicos con especial referencia a las carencias de minerales asociadas a problemas reproductivos en vacas lecheras de Cuba. *REDVET Rev. electrón. vet.*, 12(12). <https://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121211/1211101.pdf>
- Hernández, R., & Ponce, P. (2005). Efecto de tres tipos de dieta sobre la aparición de trastornos metabólicos y su relación con alteraciones en la composición de la leche en vacas Holstein Friesian. *Zootecnia Tropical*, 23(3), 295-310. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692005000300005
- Hernández, R., & Ponce, P. (2004). Efecto del silvopastoreo como sistema sostenible de explotación bovina sobre la composición de la leche. *Livestock Research for Rural Development*, 16 (6): 15-22. <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd16/6/hern16043.htm>

- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F., & Rojas, J. (2006). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes*, 29(4), 383-419. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269121676004>
- INAMHI, (2023). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrografía. Datos meteorológicos de la estación meteorológica de Chalpatán, Carchi, Ecuador. <https://www.inamhi.gob.ec>.
- Jaramillo, Yolanda M., & Jiménez, Jeny N. (2000). Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño (tesis de pregrado). Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. pp. 102-104. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/21814/73801_64885.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jordan, H., Cino, D.M., & Roque, A. (1995). A note on the behaviour of dairy cows in protein banks of *Leucaena leucocephala* during the dry period. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 29, 19-22. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19961402597>
- López-Vigoa, O., Sánchez-Santana, Tania., Iglesias-Gómez, J. M., Lamela-López, L., Soca-Pérez, Mildrey., Arece-García, J., & Milera-Rodríguez, Milagros de la C. (2017). Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*, 40(2), 83-95. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000200001
- Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., Cuartas, C., & Naranjo, J. (2014). Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 501-507. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93935728001.pdf>
- Murgueitio, E., Uribe, F., Molina, C. H., Molina, E. J., Galindo, W. F., Chará, J., & González, J. G. (2016). Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena*. Cali, Colombia: CIPAV. pp 14-23. <https://cipav.org.co/wp-content/uploads/2020/08/establecimiento-manejo-sistemas-silvopastoriles-intensivos-con-leucaena.pdf>
- Navas, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista de Medicina Veterinaria*, (19), 113-122. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S012293542010000-00010&lng=es&nrm=is&tlng=es
- Ponce, P. (2009). Composición láctea y sus interrelaciones: Expresión genética, nutricional, fisiológica y metabólica de la lactación en las condiciones del trópico. *Revista Salud Animal*, 31(2), 69-76. <http://scielo.sld.cu/pdf/rsa/v31n2/rsa01209.pdf>

- Rivera, J.E., Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tafur, O., Hurtado, E.A., Arenas, F.A., Chará, J., & Murgueitio, E. (2015). Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, 27(10), 1-13. <http://www.lrrd.org/lrrd27/10/rive27189.html>
- Romero Mendoza, M. P. (2012). Análisis de un posible caso de síndrome de leche anormal (Sila) en la zona de Pupiales (Nariño). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Universidad Nacional de Colombia. P 8. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10029>
- Silverman, J.E., Anriquez, A.L., Dominguez Nuñez, J.A., Kunst, C.G., & Albanesi, A.S. (2015). La cobertura arbórea en un sistema silvopastoril del Chaco y su contribución diferencial al suelo. *Ciencia del suelo*, 33(1), 19-29. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/3917>
- StatPoint Technologies. (2010). Statgraphics Centurion. (ser. Centurion), version 16.1 (XV), <https://www.statgraphics.net/wpcontent/uploads/2015/03/CenturionXVIManualPrincipal.pdf>
- Sánchez-Santana, Tania., López-Vigoa, O., Iglesias-Gómez, J. M., Lamela-López, L., & Socaperez, Mildrey. (2018). The potential of silvopastoral systems for cattle production in Cuba. *Elem. Sci. Anth.*, 6(1), 82-90. <https://doi.org/10.1525/elementa.334>
- Suárez, A. (2020). Suplementación con glicerina cruda: efectos sobre la producción, composición y calidad de leche y metabolitos en sangre en vacas GYR X Holstein. Tesis de maestría en Ciencias Pecuarias. Universidad del Tolima, Colombia. <https://repository.ut.edu.co/server/api/core/bitstreams/9e057ff466cc4f8da8ac2b9d31d78fdb/content>
- Urbano, D., Dávila, C., & Moreno, P. (2006). Efecto de las leguminosas arbóreas y la suplementación con concentrado sobre la producción de leche y cambio de peso en vacas de doble propósito. *Zootecnia Tropical*, 24(1), 69-83. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692006000100006

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: HRBR, JRGD, ENA; análisis e interpretación de los datos: JRGD, HRBR, ENA; redacción del artículo: JRGD, HRBR, ENA.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.