

**EFEECTO DE LA RAZA, ÉPOCA DEL AÑO, MES Y HORARIO EN LAS
RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS DE CABRAS LECHERAS EN
AMBIENTE TROPICAL HÚMEDO**

EFFECT OF BREED, SEASON OF THE YEAR, MONTH AND TIME OF DAY ON
THE PHYSIOLOGICAL AND PRODUCTIVE RESPONSES OF DAIRY GOATS IN A
HUMID TROPICAL ENVIRONMENT

Héctor Cedeño

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia. Panamá.

hector.cedenov@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-8400-4276>

Karina Ríos

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ciencias Pecuarias.
Panamá.

karina.rios@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0003-2253-9509>

Edwin Pile

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia. Panamá.

edwin.pilem@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-6226-1500>

Roberto Saavedra

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Desarrollo
Agropecuario. Panamá.

roberto-r.saavedra-f@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-4531-6434>

Enrique Sánchez-Galán

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Desarrollo
Agropecuario. Panamá.

enrique.sanchezg@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-9452-8177>

Tamara Pimentel

Consultor Independiente. Panamá.

tamaraan26@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5861-2910>

Gabriel Remy

Consultor Independiente. Panamá.

gabrielremyserrano@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-0906-5973>

Joseph Grajales-Cedeño

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia. Panamá.

joseph.grajales@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-1021-3945>

*Autor de correspondencia: hector.cedenov@up.ac.pa

Recepción: 19 de julio de 2023

Aprobación: 19 de octubre de 2023

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v4n1.4446>

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de la raza, época del año, mes y horario del día en las respuestas fisiológicas y productivas de cabras lecheras Saanen y Parda Alpina, en clima tropical húmedo. Se usaron 20 animales, diez cabras para cada grupo racial, las cuales fueron manejadas en sistema estabulado y evaluadas desde enero hasta agosto de 2022. Hubo variación observada para el índice de temperatura y de humedad ITH, lo cual indicó que el horario de 12:00 a 1:00 p.m. (mediodía) presentó un mayor ITH con 79,57 durante la época seca y 79,39 la época lluviosa, en comparación a los horarios de 6:00 a 7:00 a.m. y de 4:00 a 5:00 p.m. con ITH 73,62 época seca y 76,13, respectivamente. Mientras que, en la época lluviosa, los horarios de 6:00 a 7:00 y 4:00 a 5:00 p.m. presentaron ITH con 73,96 y 78,48, respectivamente. La frecuencia respiratoria, latidos cardíacos, la temperatura rectal y superficial no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las razas. Sin embargo, hubo comportamiento distinto en los meses y horarios ($p < 0,05$). Las cabras presentaron producción promedio diaria $1,85 \pm 0,05$ kg Saanen y $1,65 \pm 0,05$ kg Parda Alpina y producción acumulada a 250 días, $482,0 \pm 41,26$ kg raza Saanen y $365,00 \pm 39,08$ kg Parda Alpina. Las cabras de razas Saanen y Parda Alpina, independientemente de la época y mes del año, son susceptibles al estrés por calor moderado-alto durante el mediodía cuando el ITH supera las 77 unidades en ambiente tropical húmedo.

Palabras clave: razas, Saanen, Parda Alpina, adaptación, estrés por calor.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the influence of breed, season of the year, month and time of day on the physiological and productive responses of dairy goats in a humid tropical climate in Panama. 20 animals were used, 10 goats for each breed. The animals were managed in a stable system and evaluated from January to August 2022. There were differences ($P < 0.05$) observed for the ITH temperature and humidity index, which indicated that the hours from 12:00 to 1:00 p.m. (noon) presented a higher ITH with 79.57 during the dry season and 79.39 during the rainy season, compared to the hours from 6:00 to 7:00 a.m. and from 4:00 to 5:00 p.m. with ITH 73.62 dry season and 76.13 respectively. While, in the rainy season, from 6:00 to 7:00 and 4:00 to 5:00 p.m. they presented ITH with 73.96 and 78.48 respectively. Respiratory frequency, heartbeat and rectal temperature did not present significant differences ($p > 0.05$) between the races, however, there was a different behavior in the months and hours ($p < 0.05$). The goats presented average daily production of 1.85 ± 0.05 kg Saanen and 1.65 ± 0.05 kg Parda Alpina and accumulated production at 250 days, 482.0 ± 41.26 kg Saanen breed and 365.0 ± 39.08 kg Alpine Brown. The Saanen and Brown Alpine goat breeds, regardless of the season and month of the year, are susceptible to moderate-high heat stress during noon when the ITH exceeds 77 units in a humid tropical environment.

Keywords: breeds, Saanen, Brown Alpine, adaptation, heat stress.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático constituye un factor de riesgo atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, el cual provoca una alteración en la composición de la atmósfera global, causando impactos en los sistemas naturales (Zamora, 2015). El sector agrícola y la ganadería se encuentran causalmente implicados en el cambio climático, por ejemplo, en cuanto a la generación de gases de efecto invernadero, los cuales a su vez causan fenómenos climáticos que afectan a todos los ecosistemas, animales y cultivos agrícolas (Garzón, 2011).

El aumento de la temperatura ambiental es una condición con gran impacto a nivel mundial, lo cual también ha traído diversos efectos a nivel local, observándose, por ejemplo, afectaciones en el sector agropecuario panameño sobre el rendimiento productivo y reproductivo de los animales, provocando pérdidas económicas a las empresas lecheras, lo cual se torna preocupante para la seguridad alimentaria (Neiva et al., 2004; Gamedá, et al., 2014).

En Panamá, la producción caprina (*Capra hircus*) ha ido evolucionando como estrategia, para los sistemas de producción familiar o de subsistencia, apoyando a los pequeños y medianos productores (INEC, 2011; Marquínez-Batista et al., 2022). Esta especie ha sido una alternativa para la producción de leche, debido a que requieren menos cantidad de alimentos y poco espacio, en comparación a otras especies de interés zootécnico.

La actividad caprina con propósito de producción de leche se ha incrementado en los países en desarrollo, aportando productos con alto valor nutritivo por medio de la leche y sus derivados lácteos, como el queso, yogurt, helados, entre otros. Estos productos han tenido una demanda en los mercados nacionales e internacionales (Bidot, 2017).

Para tener sistemas de producción con caprinos de manera eficiente, se deben considerar varios indicadores zootécnicos que pueden mejorar la productividad, tales como el manejo adecuado que incluya una buena nutrición, alimentación, salud, genética animal y la selección de animales adaptados al ambiente tropical húmedo (Cedeño et al., 2022).

Por tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la influencia de la raza y la variación del índice de temperatura y humedad (ITH), según la época, mes y horarios en las respuestas fisiológicas y productivas de las razas Saanen y Parda Alpina, durante el periodo de lactancia en condiciones del clima tropical húmedo de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio experimental se desarrolló en una granja localizada en la comunidad de Gonzalillo, corregimiento de Ernesto Córdoba Campos, distrito de Panamá, Provincia de Panamá. La ubicación geográfica se determina por las siguientes coordenadas: latitud de 9°6'Norte, longitud de 79°31'Oeste.

Manejo de los animales en experimento

Se utilizaron veinte 20 cabras en ordeño, diez de la raza Saanen y diez de la raza Parda Alpina. Las evaluaciones se realizaron por grupo racial de cabras, las cuales estaban debidamente identificadas con un tatuaje en la oreja. Los animales se encontraban en corrales colectivos, suspendidos 1,80m sobre el suelo aproximadamente y con medidas de 2,0 x 2,45m de largo y ancho respectivamente, la altura del techo fue de 2,70m sobre la base del piso. En cada uno de estos corrales había cinco cabras.

Todas las cabras fueron alimentadas con la misma dieta durante los ocho meses del periodo experimental, incluyendo los meses de enero hasta agosto del 2022. La dieta que se ofreció fue de 70% a base de pasto de corte Cuba 22 (*Pennisetum purpureum cv. 22*), en forma picada y mezclado con 20% de Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y 10% de Morera (*Morus alba*). Además, se suministró un concentrado (peletizado) a base de harina de soya, maíz, trigo fino, trigo grueso, pulidura de arroz, alfalfa, melaza, calcita, fósforo, sal, vitaminas A, D3, con 16% proteína cruda, Energía Metabolizable 2,85 Mcal EM/kg MS, fibra cruda 4,25%, calcio 1,40% y fósforo 0,68%. Este suplemento fue dividido en dos porciones durante la mañana (8:00 a.m.) y la tarde (4:00 p.m.). Los animales tuvieron libre acceso al agua y a los minerales.

Evaluación del índice de temperatura y humedad ITH

Las variables evaluadas fueron: temperatura ambiental (TA) en grado Celsius (°C), la humedad relativa (HR) en porcentaje (%) y el índice de temperatura y humedad (ITH) unidades. La TA y la HR se registró una vez a la semana, a través de un termo higrómetro digital modelo (KFC-0789) en tres diferentes horarios del día (6:00 a 7:00 a.m., 12:00 a 1:00 p.m. y de 4:00 a 5:00 p.m.) durante los ocho meses desde enero hasta agosto de 2022. A partir

de los registros de la TA y HR, se calculó el ITH para determinar las condiciones del sistema de producción estabulado donde se encontraban los animales. Se utilizó la ecuación propuesta por (Mader et al., 2006).

$$ITH = (0,8 \times TA) + [(HR/100) \times TA - 14,4] + 46,4$$

Para la clasificación de los resultados del ITH, se utilizaron los criterios establecidos por Andrade et al., (2007), que indican dos niveles:

- ITH menor de 78 unidades: los animales no presentan estrés por calor.
- ITH mayor de 78 unidades: los animales pueden presentar estrés por calor.

Evaluación fisiológica

Las variables fisiológicas se midieron una vez a la semana en tres horarios diferentes durante el día (6:00 a 7:00 a.m., 12:00 a 1:00 p.m. y 4:00 a 5:00 p.m.) por un periodo de ocho meses, desde enero hasta agosto 2022.

La frecuencia respiratoria (FR): se midió por medio de la observación visual del flanco de los animales, contando los movimientos respiratorios durante 20 segundos, multiplicándose posteriormente el valor obtenido por tres para obtener el total de movimientos respiratorio por minutos (Alhidary, et al., 2012).

La frecuencia cardiaca (FC): se obtuvo a partir del conteo de latidos cardíacos durante 20 segundos, con el uso de un estetoscopio clínico, posteriormente el resultado se multiplicó por tres para obtener la cantidad total de latidos por minutos (Alhidary et al., 2015).

La temperatura rectal (TR): se determinó a través de un termómetro clínico digital introducida suavemente entre 2 a 3cm en el recto por un tiempo de 60 segundos (Medeiros et al., 2007).

La temperatura superficial (TS): se obtuvo a través un termómetro infrarrojo, el termómetro se colocó a una distancia de 10 a 15cm de la superficie del cuerpo del animal. Esta variable se midió en cinco partes del cuerpo de las cabras: en la región de la cabeza, cruz, grupa, miembros anterior y posterior para obtener un valor medio representativo del animal.

Desempeño productivo

Para determinar el rendimiento productivo de las cabras se implementó un registro, indicando la identificación de cada animal, la raza, tiempo de ordeño y las fechas de coletas, con el objetivo de registrar la producción de leche (PL) de manera individual diariamente en dos ordeños (mañana 7:00 a.m. y tarde 4:00 p.m.). Para el pesaje de leche se utilizó una balanza digital (modelo EK6015) con la capacidad de pesar 5,0kg de leche.

Diseños y análisis estadístico

El estudio de las variables de respuestas fisiológicas se evaluó a través del diseño de medidas repetidas. Para este diseño se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \tau_k + (\alpha\gamma)_{ij} + (\alpha\tau)_{ik} + (\gamma\tau)_{jk} + \delta_{l(k)} + (\alpha\delta)_{il(k)} + (\gamma\delta)_{jl(k)} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde: y_{ijkl} representa las variables de respuesta, como la frecuencia respiratoria (FR), frecuencia cardiaca (FC), temperatura rectal (TR) y temperatura superficial (TS), μ es la media de cada variable, α_i es el efecto del i-ésimo mes (época), γ_j es el efecto del j-ésimo horario (ITH), τ_k es el efecto del k-ésima raza, $(\alpha\gamma)_{ij}$ es el efecto de la interacción entre el i-ésimo mes y el j-ésimo horario, $(\alpha\tau)_{ik}$ es el efecto de la interacción entre el i-ésimo mes y la k-ésimo raza, $(\gamma\tau)_{jk}$ es el efecto de la interacción entre el j-ésimo horario (ITH) y la k-ésimo raza, $\delta_{l(k)}$ es el efecto de la l-ésima réplica dentro de la k-ésima raza, $(\alpha\delta)_{il(k)}$ es el efecto de la interacción entre el i-ésimo mes y la l-ésima réplica anidada en la k-ésima raza, $(\gamma\delta)_{jl(k)}$ es el efecto de la interacción entre el j-ésimo horario (ITH) y la l-ésima réplica anidada en la k-ésima raza, ε_{ijkl} es el error aleatorio.

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para investigar el efecto de posibles asociaciones entre variables fisiológicas y ambientales (ITH). Se consideraron asociaciones significativas cuando el valor de carga fue $\geq 0,50$ o $\leq -0,50$. El número óptimo de componentes principales a ser retenidos se determinó a través del análisis paralelo de Horn (Preacher y MacCallum, 2003).

Se utilizaron modelos lineales mixtos, con el paquete “lme4” (Bates et al., 2022) para analizar los efectos de las razas (Parda Alpina y Saanen) época (lluviosa y seca), horarios (mañana, mediodía y tarde), así como la interacción entre estos efectos y el animal como

efecto aleatorio para las variables fisiológicas y productivas. La normalidad de los errores residuales en los modelos adoptados se probó utilizando la prueba de Shapiro-Wilks (1965), Anderson-Darling (1954) y el gráfico de cuantil-cuantil normal ('qqnorm{stats}') y el histograma ('hist{stats}'). El mejor ajuste de los modelos adoptados para el análisis se realizó con el procedimiento 'step-up' utilizando el Criterio de Información de Akaike (AIC) y el Criterio de Información Bayesiano.

En el caso de la producción diaria de leche, se realizaron múltiples comparaciones en el post-test de los modelos mediante la prueba de Tukey. Como los residuos de las variables fisiológicas, así como la producción de leche acumulado a los 240 días (PLA240d) no cumplieron con los supuestos estadísticos antes mencionados, fueron analizadas utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (KW). Los resultados significativos en la prueba de Kruskal Wallis se evaluaron con la prueba de Dunn para comparaciones múltiples ajustadas con la prueba de Bonferroni. Los datos se expresan a través de medias, medianas mínimos y máximos. Para representar los resultados se realizaron gráficos de cajas, violín y columnas con la librería ggplot2 (Wickham, 2016).

El desempeño productivo se analizó a través del Diseño completamente al Azar (DCA). Para este diseño se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_{j(i)} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde y_{ijk} representa las variables de respuesta productiva, como la producción de leche diaria y producción de leche total (kg) a los 240 días de lactancia, μ es la media de cada variable, τ_i es el efecto de la i -ésima raza, $\beta_{j(i)}$ es el efecto del j -ésimo animal dentro de la i -ésima raza y ε_{ijk} es el error aleatorio.

Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software R con el entorno de desarrollo integrado RStudio (R versión 4.1.3 (2022-03-10), RStudio, Inc.). En todas las pruebas estadísticas realizadas se consideró diferencias significativas cuando $p \leq 0,05$ y tenencia cuando los valores de p estaban entre 0,05 y 0,10.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variable ambiental

La temperatura ambiental (TA), la humedad relativa (HR) y el índice de temperatura y humedad (ITH) mostraron variaciones en época, mes y horario. Durante la época seca la TA, generalmente aumentó 27,70% durante el mediodía y disminuyó el 17,23% en la tarde, mientras que la HR disminuyó durante el mediodía 38,76% y posteriormente aumentó en la tarde 21,06%. En cuanto a la época lluviosa, la TA, generalmente aumentó 20,43% durante el mediodía y disminuyó el 3,21% en la tarde, no obstante, la HR disminuyó 17,89% durante el mediodía y aumentó un 4,00% en la tarde (Tabla 1).

El ITH independientemente de la época y mes del año, el horario de las 12:00 a 1:00 p.m. presentó un promedio mayor de unidades, la cual hace susceptible a los animales ante el estrés por calor leve a moderado. El horario de la mañana (7:00 a 8:00 a.m.) presentó menor ITH en comparación al mediodía y tarde. En los meses de febrero y julio se observaron mayores ITH y el mes de agosto presentó menor ITH. Souza et al. (2002), existen límites de ITH definidos para varias especies de animales, por ejemplo, como los bovinos en ambiente tropical húmedo con ITH menor de 72 unidades los animales no presentan estrés por calor, ITH entre 72 a 78 unidades los animales pueden presentar un estrés por calor moderado, ITH entre 78 a 89 unidades los animales presentan estrés por calor severo, ITH entre 89 a 98 unidades los animales pueden presentar estrés por calor muy severo y por último ITH mayor de 98 unidades los animales presentan peligro de muerte por un estrés por calor muy severo (Moran, 2005). Sin embargo, en estudios con ovinos y caprinos en condiciones de ambiente tropical, los valores de ITH menor de 78 unidades los animales no presentan estrés por calor, y cuando son superiores a 78 unidades se consideran fuera de la zona de confort térmico para los animales (Santos et al., 2006; Andrade et al., 2007).

Es importante destacar una mayor habilidad fisiológica de termorregulación de los ovinos y caprinos en comparación a los bovinos. La explicación de este proceso fisiológico se debe posiblemente al tamaño morfológico de ambas especies. Los animales de menor tamaño reciben menos radiación directa al cuerpo, por tanto, producen menos calor en los

procesos metabólicos ya que tienen órganos más pequeños, permitiendo así animales más eficientes para disipar el calor interno del cuerpo y mantener su temperatura normal. De acuerdo con este estudio la caracterización ambiental en los sistemas de producción se torna fundamental para corregir o adecuar las infraestructuras donde se encuentran los animales, ya que considerando el ITH, independientemente del mes y época del año, el horario del mediodía presentó ITH mayor de 78 unidades, lo cual indica una condición no favorable para los animales en estudio. Resultados similares fueron observados por Neiva et al. (2004), donde la temperatura ambiental fue mayor a la hora del mediodía, y la misma fue considerada con ITH fuera de la zona de confort térmico para los animales. $ITH \geq 80$ los animales pueden comprometer la producción de leche, disminuyendo su rendimiento de leche diaria; esto debido a la reducción de ingesta de alimentos en los animales estresados por el calor (Yousef, 1985; Silanikove, 1992).

Las infraestructuras donde se encuentran los animales tienen mucha importancia, especialmente porque pueden reducir el ITH del ambiente, por ejemplo, el sobre techo en los corrales de los sistemas estabulados mejora la circulación del aire y sirve como una estrategia de minimizar el efecto de la temperatura ambiental, obteniéndose mejor confort y bienestar en los animales (Oliveira et al., 2005).

También, el efecto de sombra de árbol cerca del perímetro de los corrales disminuye la temperatura ambiental y, por consiguiente, baja las unidades de ITH, favoreciendo el confort y desempeño de los animales en condiciones de ambientes tropicales (Santos et al., 2006; Silva et al., 2008).

Tabla 1.

Estadística descriptiva de la temperatura ambiental (TA), humedad relativa (HR) y el índice de temperatura y humedad (ITH) en tres horarios distintos en sistema de producción estabulado con cabras lecheras en ambiente tropical húmedo.

Época del año	Mes	Horario	Variables		
			TA (°C) Media ± DE	HR (%) Media ± DE	ITH (Unidades) Media
Época seca	Enero	6:00 -7:00 a.m.	25,00 ± 0,50	69,0 ± 0,50	73,78
		12:00 -1:00 p.m.	33,70 ± 5,37	52,0 ± 1,0	79,48
		4:00 - 5:00 p.m.	25,80 ± 0,10	69,16 ± 0,76	74,97
	Febrero	6:00 -7:00 a.m.	24,70 ± 0,30	76,0 ± 1,0	74,06
		12:00 -1:00 p.m.	31,0 ± 0,70	49,0 ± 1,0	79,38
		4:00 - 5:00 p.m.	26,46 ± 0,58	66,0 ± 1,0	75,59
	Marzo	6:00 -7:00 a.m.	24,43 ± 0,50	77,0 ± 1,0	73,74
		12:00 -1:00 p.m.	29,93 ± 0,15	57,0 ± 1,0	79,20
		4:00 - 5:00 p.m.	26,68 ± 1,13	70,0 ± 1,0	76,41
	Abril	6:00 -7:00 a.m.	24,50 ± 0,62	68,0 ± 1,0	72,93
		12:00 -1:00 p.m.	31,34 ± 0,41	51,33 ± 1,52	80,22
		4:00 - 5:00 p.m.	28,51 ± 1,27	59,6 ± 0,57	77,58
Época lluviosa	Mayo	6:00 -7:00 a.m.	23,71 ± 0,50	81,66 ± 1,52	75,59
		12:00 -1:00 p.m.	28,46 ± 0,72	73,3 ± 0,57	79,49
		4:00 - 5:00 p.m.	27,22 ± 0,65	78,0 ± 1,0	78,25
	Junio	6:00 -7:00 a.m.	23,50 ± 0,50	83,6 ± 1,52	72,90
		12:00 -1:00 p.m.	28,63 ± 0,20	73,6 ± 0,57	79,86
		4:00 - 5:00 p.m.	27,76 ± 0,50	72,0 ± 1,0	78,30
Julio	6:00 -7:00 a.m.	24,28 ± 0,25	83,6 ± 1,52	74,16	
	12:00 -1:00 p.m.	30,40 ± 0,34	65,0 ± 1,0	81,18	
	4:00 - 5:00 p.m.	27,92 ± 0,78	74,3 ± 0,57	78,85	
Agosto	6:00 -7:00 a.m.	23,50 ± 0,20	87,0 ± 1,0	73,20	
	12:00 -1:00 p.m.	26,86 ± 0,32	73,0 ± 1,0	77,04	
	4:00 - 5:00 p.m.	27,93 ± 0,51	72,0 ± 1,0	78,55	

Respuestas fisiológicas

Frecuencia respiratoria (Resp/min)

La raza no presentó influencia en la frecuencia respiratoria ($p>0,05$). Lo cual indicó que tanto las cabras Saanen y Parda Alpina presentaron comportamientos similares. La época, el mes y el horario afectaron de forma significativa esta variable ($p=0,01$; $p<0,001$, $p<0,001$, respectivamente). Hubo diferencias en las comparaciones de medias múltiples entre la raza y mes ($p<0.001$). Siendo que la comparación de media mostró que ambas razas presentaron respuestas similares a lo largo de los meses ($p>0,05$, Figura 1-a).

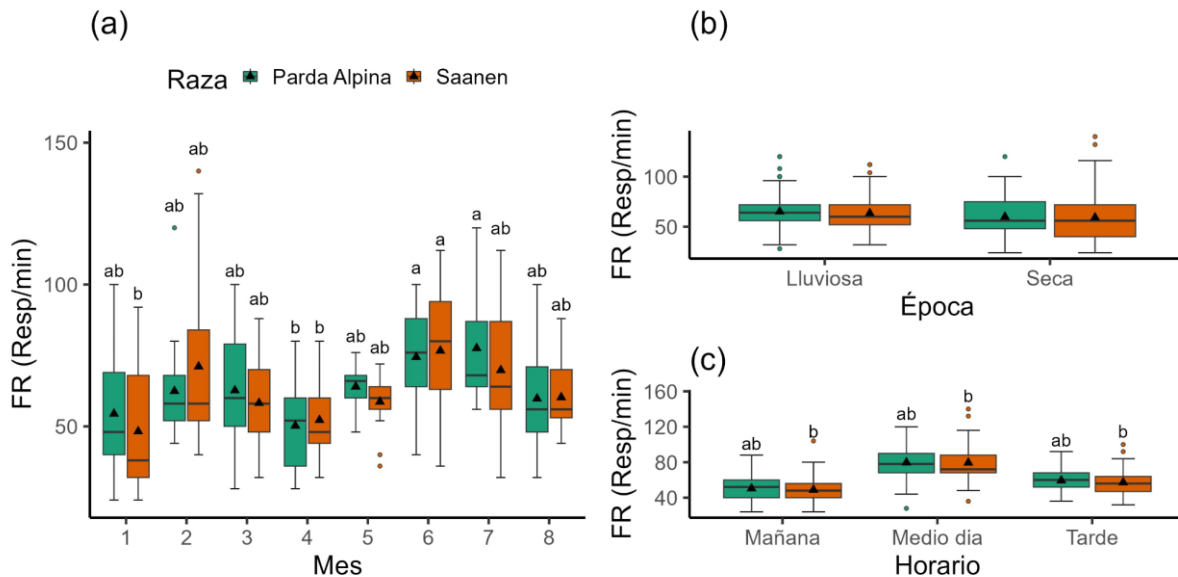
Hubo una tendencia en la interacción raza y época del año en la frecuencia cardíaca ($p=0,05$; Figura 1-B). La interacción raza y horario fue estadísticamente diferente ($p<0,001$).

Durante el horario del mediodía ambas razas aumentaron aproximadamente el 58,36% en la FR con respecto a la FR de la mañana, lo cual se observó un momento de estrés por calor ante una situación de un mal confort térmico, debido al incremento del ITH. Sin embargo, ambas razas disminuyeron el 47,56% de la FR en el siguiente horario de la tarde, lo cual indicó una estabilización de la frecuencia respiratoria, debido posiblemente a la eficiencia de termorregulación de ambas razas en estudio y a la disminución del ITH en el horario de la tarde. De acuerdo con la clasificación de la frecuencia respiratoria para pequeños rumiantes estudiada por Silanikove (2000) en la cual indica que una FR con rango entre 60 a 80 (resp/min), los animales pueden estar en una situación de estrés por calor moderado hasta un alto estrés. Por tanto, ambas razas en estudio presentaron estrés por calor dentro del rango moderado y alto; este resultado indica que las cabras fueron susceptibles al aumento del ITH durante el mediodía.

El comportamiento de la frecuencia respiratoria en ambas razas coincide con recientes estudios donde se indica que los animales expuestos en ambientes con alto (ITH), los animales aumentan la frecuencia respiratoria (Gomes et al., 2008) Por tanto, es importante destacar que la evaporación respiratoria es uno de los mecanismos fisiológicos de termorregulación más importante para eliminar el exceso de calor por los animales rumiantes (Santos et al., 2004).

Figura 1.

Comportamiento de la frecuencia respiratoria (RR, Resp/min) de cabras Saanen y Parda alpina de acuerdo con el mes (a) época del año (b) y horario (c). Letras diferentes (a,b,c) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).



Frecuencia cardíaca (LC/min)

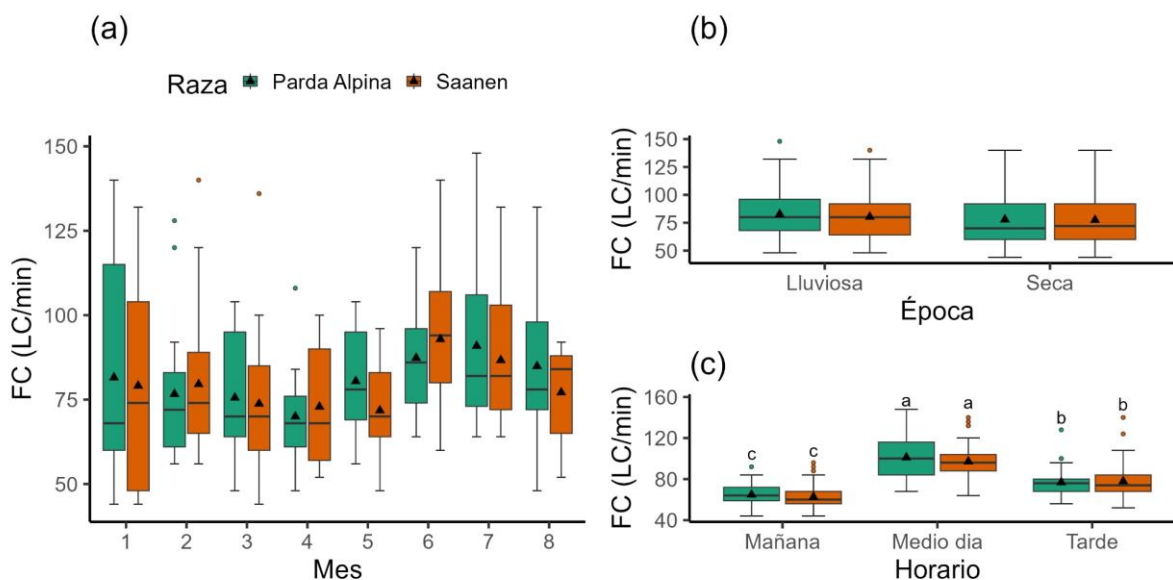
La frecuencia cardíaca no mostró diferencias entre las razas ($p > 0,05$), pero sí entre época ($p < 0,05$), horario ($p < 0,001$) y mes ($p < 0,001$). El análisis de varianza mostró que hubo diferencias significativas en la interacción raza y mes en la frecuencia cardíaca ($p < 0,001$). Sin embargo, ambas razas mostraron frecuencias cardíacas similares en los diferentes meses ($p > 0,05$, Figura 2-a).

No hubo diferencias en la interacción raza y época ($p > 0,05$; Figura 2-b). La interacción raza por horario mostró diferencias significativas ($p < 0,001$), sin embargo, las razas no difieren entre sí al compararlas en cada horario ($p > 0,05$; Figura 2-c). Durante el horario del mediodía ambas razas aumentaron aproximadamente el 60,71% la FR, lo cual se observó un momento de estrés por calor ante una situación de mal confort térmico, debido a un mayor ITH ambiental, sin embargo, ambas razas disminuyeron el 50,10% de la FR en el siguiente horario, lo cual indica un ajuste fisiológico de termorregulación estabilizada y favorecida por la bajada de las unidades de ITH en el horario de la tarde.

El comportamiento de la frecuencia cardíaca en ambas razas coincide con recientes estudios que indican que los animales expuestos en ambientes con ITH mayor de 75 unidades, los animales aumentan los latidos cardíacos, mostrando un estrés por calor (Cezar et al., 2004) Es importante medir los latidos cardíacos de los animales, ya que se considera un indicador importante en estudios de adaptación, para conocer si los animales se encuentran estresados por las condiciones ambientales (Santos et al., 2004; Al-Haidary et al., 2012).

Figura 2.

Comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC, LC/min) de cabras Saanen y Parda alpina de acuerdo con el mes (a) época del año (b) y Horario (c). Letras diferentes ^(a,b,c) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).



Temperatura rectal (°C)

El análisis de varianza indicó diferencias significativas en la interacción raza y mes en la temperatura rectal ($p < 0,001$). Sin embargo, ambas razas mostraron temperaturas rectales de forma equivalente en los diferentes meses ($p > 0,05$, Figura 3-a). No hubo diferencias en la interacción raza por época ($p > 0,05$; Figura 3-b). Hubo una tendencia para esta variable en la interacción raza por horario ($p = 0,05$; Figura 3-c). La tendencia observada de la TR en ambas razas en estudio indicó que en los meses (marzo y abril) aumentaron, posiblemente al aumentar la temperatura del ambiente, manifestándose un periodo estresante

para los animales y haciéndolos susceptibles al estrés por calor moderado-alto, durante el horario del mediodía.

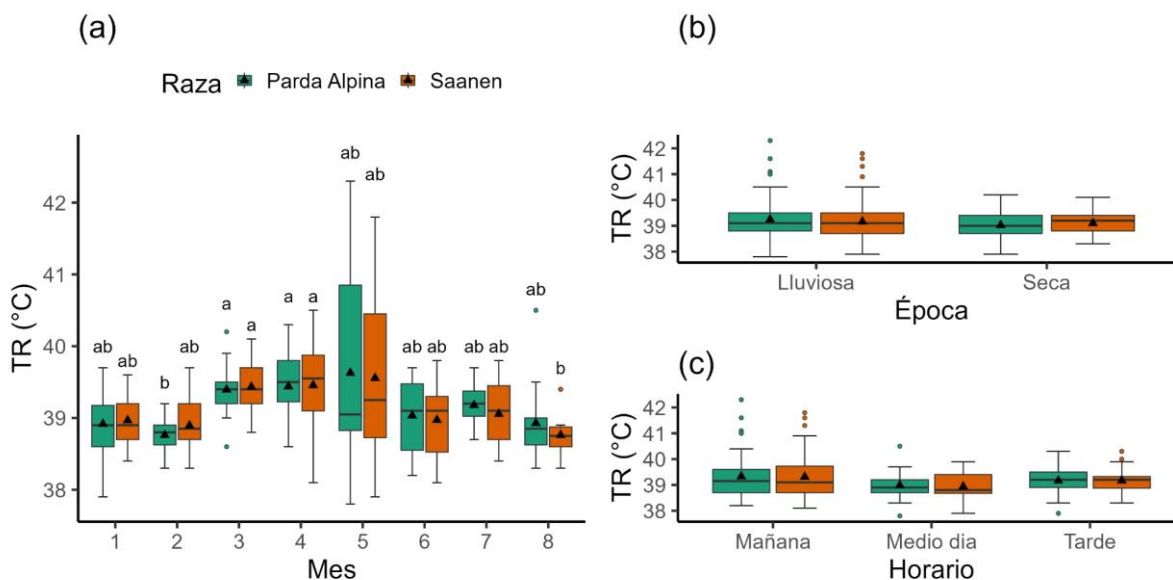
De acuerdo con Bianca & Kunz (1978) la temperatura rectal es considerada una de las variables más confiables para estimar la tolerancia al calor en estudios de adaptación de los animales ante un entorno ambiental adverso. La elevación de 1,0°C en la temperatura rectal, es suficiente para disminuir el desempeño productivo en la mayoría de los animales domésticos (McDowell et al., 1976).

Tomando como referencia la media de la temperatura rectal de los ovinos de aproximadamente de 39,1°C en situación sin estrés por calor (Swenson, 1988). Los animales en este estudio mantuvieron promedios de TR normales entre 38 a 39°C, este resultado posiblemente se debe al grado de estrés por calor moderado observado, la cual no fue capaz de alterar la TR de las razas evaluadas, además este resultado denota un grado de eficiencia en los mecanismos de termorregulación de las cabras donde fueron capaces de disipar el calor interno del cuerpo manteniendo la TR con variaciones normales.

Otros estudios han encontrado alteración de esta variable TR, por ejemplo, con elevación > 40 °C cuando los animales se encontraban en situaciones de estrés por calor clasificado como alto a severo (Bianca y Kunz,1978; Silanikove, 2002).

Figura 3.

Comportamiento de la temperatura rectal (TR°C) cabras Saanen y Parda alpina en función del mes (a) época (b) y Horario (c). Letras diferentes ^(a,b,c) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).



Temperatura superficial (°C)

Hubo diferencias significativas en la interacción raza y mes en la temperatura superficial ($p < 0,001$). Sin embargo, ambas razas mostraron temperaturas superficiales similares en los diferentes meses ($p > 0,05$, Figura 4-a). Hubo diferencias en la interacción raza por época ($p = 0,01$; Figura 4-b). Sin embargo, cuando se realizaron las comparaciones múltiples por la prueba de media las razas no difirieron entre sí ($p > 0,05$).

De forma general hubo diferencias significativas en la interacción raza por horario ($p = 0,003$; Figura 4-c), pero no en las comparaciones múltiples entre razas en cada horario ($p > 0,05$). La TS de la raza Parda Alpina y Saanen tuvieron comportamiento similar tanto en los meses de la época seca y lluviosa. Sin embargo, se observó ligeramente un aumento de 6,30% en el horario del mediodía, posteriormente la raza Parda Alpina mantuvo 6,0% y la raza Saanen presentó una menor tendencia, logrando reducir aproximadamente un 3,30% la TS (Figura 4-C).

El resultado de este estudio coincide con los obtenidos por Veríssimo et al., (2009) donde indicó que el color del pelaje no interfiere en la tolerancia al calor de animales de color oscura y clara. Por otra parte, Días et al. (2007) y Medeiros et al. (2007) señalan que los

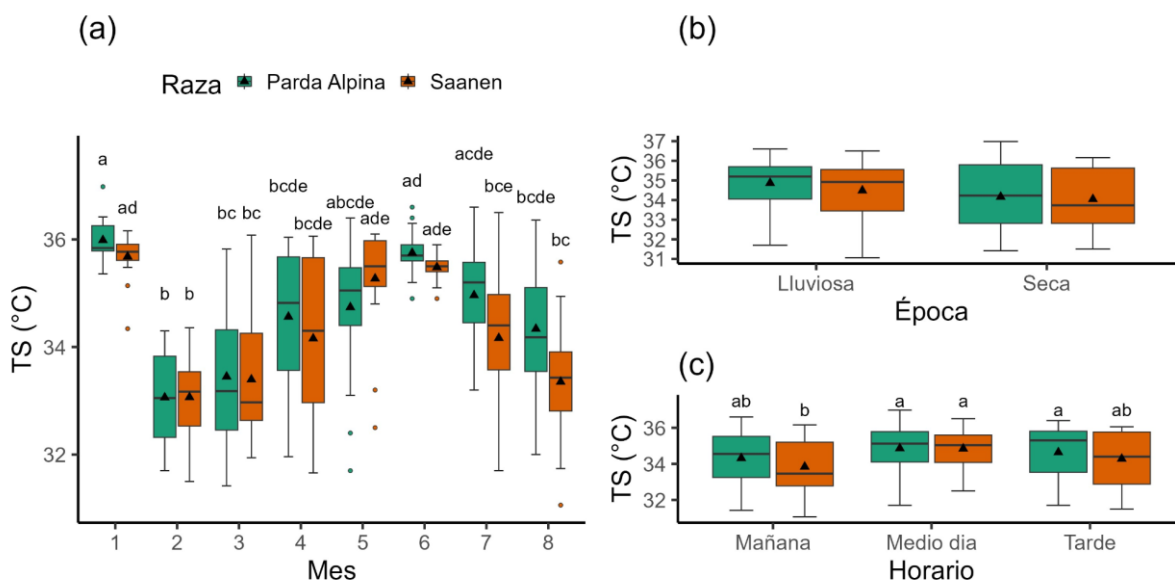
animales con pelaje de colores oscuros, por ejemplo, negro o chocolate absorben más calor en comparación a razas de animales que presentan colores claros.

Por tanto, el color del pelaje puede ser un parámetro importante para la selección de animales con características fenotípicas ideales en los sistemas de producción animal bajo condiciones de climas tropicales.

Silva et al. (2001) informaron que los animales con pelaje oscuro generalmente son más susceptibles al estrés térmico por calor, porque absorben mayor carga térmica radiante, en comparación a los animales de colores claros. Para que esta reflexión sea efectiva, se requiere que el pelaje presente pelos cortos y bien distribuidos (Veríssimo et al., 2009).

Figura 4.

Comportamiento de la temperatura superficial cabras Saanen y Parda Alpina de acuerdo con el mes (a) época (b) y Horario (c). Letras diferentes ^(a,b,c) indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).



Análisis de componentes principales (PCA)

Los componentes principales explicaron el 71,37% de la varianza de los datos. El PC1 explicó 49,72% de la varianza de los datos y caracterizó la frecuencia respiratoria, cardíaca y el ITH. Mientras que el PC2 explicó 21,65% de la varianza de los datos, caracterizando la temperatura rectal y superficial (Tabla 2). Los resultados muestran que cuanto más cerca se

encuentran las variables de tipo ambiental y las fisiológicas la relación es más fuerte, la cual puede ser explicada por la influencia observada del ITH sobre las FR y FC en ambas cabras lecheras Saanen y Parda Alpina en situación de estrés por calor moderado-alto (Figura 5).

El ITH, es un indicador ambiental muy importante ya que permite conocer el grado de adaptación o la tolerancia al calor de los animales en un determinado ambiente térmico (Mandal, Bhakat & Duta, 2021).

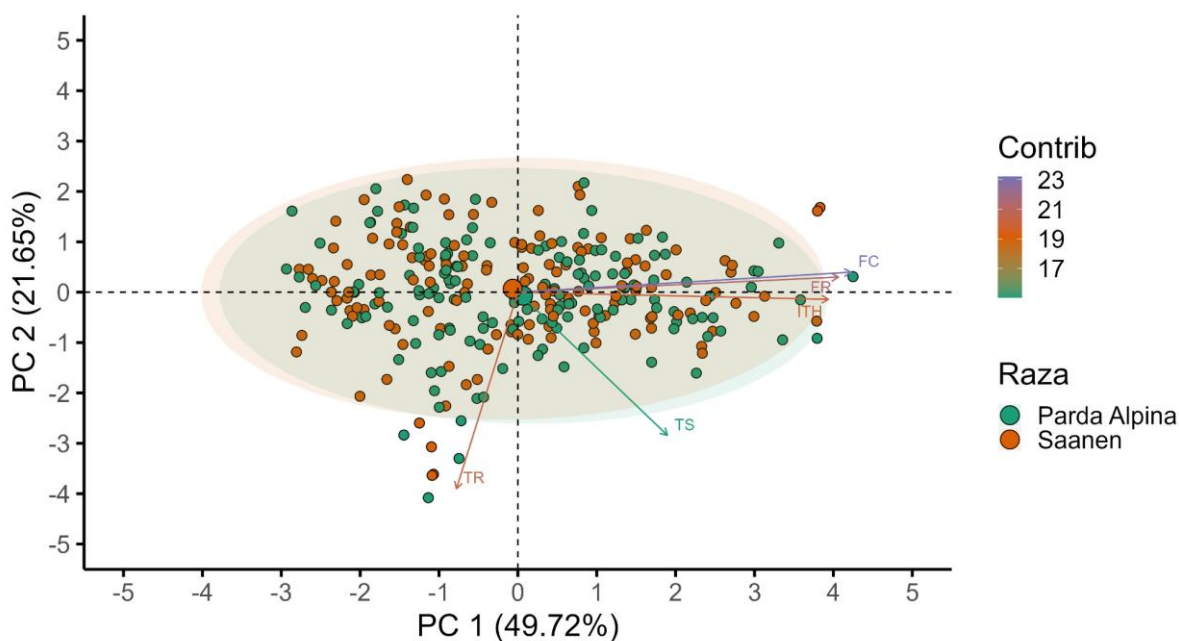
Tabla 2.

Valores de carga, autovalores y varianza de variables fisiológicas en cabras lecheras y el índice de temperatura y humedad ITH con base en el análisis de componentes principales (n=20).

Ítem	PC 1	PC 2
Frecuencia respiratoria	0,87	-0,06
Frecuencia cardiaca	0,91	-0,09
Temperatura rectal	-0,17	0,84
Temperatura superficial	0,41	0,61
ITH	0,84	0,03
Autovalores	2,48	1,08
Varianza %	49,72	21,65

Figura 5.

Gráfico Biplot de variables fisiológicas e ITH para los componentes principales (PC1 y PC2). Los círculos menores indican variación individual. Círculos mayores representan el centroide para las cabras Saanen y Parda Alpina. Las elipses indican la concentración de los datos, las flechas indican los vectores de cada una de las variables con sus contribuciones.



Respuesta productiva

Producción de leche diaria PLD (kg) y producción total a 240 días PA240D (kg)

La raza presentó efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la producción de leche diaria y acumulada a 240 días. Hubo un efecto significativo de la interacción entre razas y los meses evaluados sobre la producción diaria de leche ($p < 0,001$). Durante el estudio, las cabras Saanen y Parda Alpina presentaron una producción de $1,85 \pm 0,05$ y $1,65 \pm 0,05$ kg/día, respectivamente, con una gran variación individual para ambas razas (Figura 6-a).

Las cabras Saanen mostraron mayor producción diaria de leche los primeros cuatro meses de lactación evaluados, con excepción del quinto mes, en comparación con las cabras Parda Alpina ($p < 0,05$; Figura 6-b). Sin embargo, a partir del sexto mes en adelante las cabras

Parda Alpina tuvieron una mayor producción diaria de leche en comparación con las Saanen ($p < 0,05$; Figura 6-b).

La producción de leche varió para ambas razas a lo largo de la lactación (Figura 6-b). Cabras de raza Parda Alpina tuvieron mayor producción de leche al quinto y sexto mes en comparación a los demás meses de evaluación ($p < 0,05$; Figura 6-b). Entre tanto, en las Saanen la producción diaria se mantuvo sin oscilaciones a partir del segundo hasta el quinto mes de evaluación (Figura 6-b).

En cuanto a la producción acumulada a 240 días, hubo diferencias entre razas ($KW=19.17$; $p < 0.001$), siendo que la raza Saanen produjo a lo largo de la lactación en mediana 482 kg, mientras que la raza Parda Alpina 365kg de leche (Figura 6-b). Los resultados indican un aumento favorable en la raza Saanen de aproximadamente 12,12 y 32,05% más productividad en la PLD y PA240D, respectivamente.

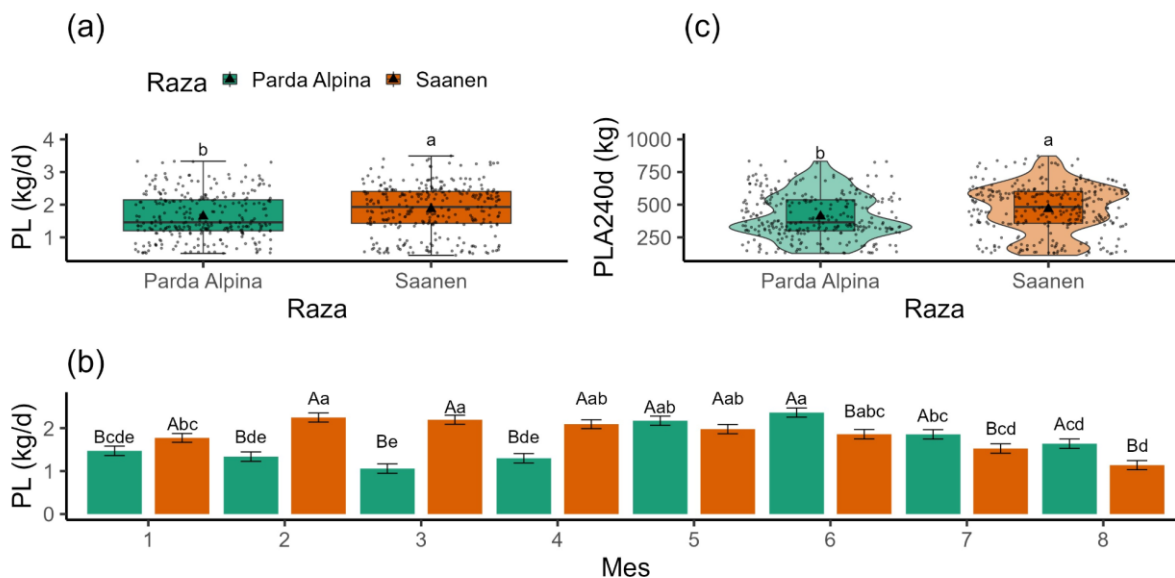
Esta respuesta productiva está asociada a la genética, alimentación y edad de los animales, ya que se espera que una cabra tenga mayor cantidad de número de lactancia a medida que aumente su edad. Este comportamiento fisiológico explica el hecho que las cabras Saanen presentan mayor capacidad para producir leche debido a la genética de la raza, el desarrollo óptimo de las glándulas mamarias, manejo adecuado de la nutrición y al buen estado de salud de los animales (Martínez et al., 2018; Cedeño et al., 2022).

Frau et al. (2010) reportaron producción promedio en cabras Saanen de aproximadamente $1,27 \pm 0,27$ kg/cabra/día manejadas en sistema extensivo. Mientras que Ribas & Gutiérrez (2001) presentaron producción diaria en rango de 1,13 a 1,43 kg/cabra/día en cabras Alpinas manejadas en sistema semi-estabulados. Esta diferencia de producción probablemente se debe al mejoramiento genético, manejo y al sistema de producción utilizado para los animales, lo cual se considera importante para tomar decisiones en la selección de animales adaptados y con buena producción durante el periodo de lactancia bajo las condiciones del clima tropical húmedo. Las cabras multíparas presentan mayor producción de leche en comparación a las cabras primerizas, lo cual coincide con lo reportado por otros estudios, donde encontraron que las cabras primerizas sólo alcanzan entre el 70,0 a 80,0 % de la producción de leche de las cabras multíparas (Martínez et al., 2018; Cedeño et

al., 2022). Por otra parte, Finley et al. (1984) informaron que las cabras lecheras, dependiendo del genotipo y número de lactancia, pueden aumentar las respuestas productivas.

Figura 6.

Efecto de la raza y mes lactancia en la producción diaria de leche (PL), (a), producción diaria de leche por raza a lo largo de los meses de lactación (b) y producción de leche acumulada a 240 días (PLA240d) de lactancia (c) en cabras lecheras Saanen y Parda Alpina.



Nota: Las líneas de caja superior e inferior representan el rango intercuartílico (25 a 75%); La línea negra indica la mediana y el triángulo negro la media; ° indican variación individual y el ancho del violín representa la distribución de datos (las secciones más anchas representan una mayor cantidad de datos). Las letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre razas en un mismo momento. Las letras minúsculas muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los meses para cada raza (Figura 6).

El desempeño productivo es un indicador zootécnico fundamental para evaluar, de una forma más compleja, la adaptabilidad de las cabras lecheras en condiciones de ambiente tropical húmedo, ya que se han informado reducciones productivas y reproductivas en animales bajo situaciones con estrés por calor. Esto debido a que los animales dejan de consumir alimentos y agua (Azevêdo, 2008; Lima et al., 2014). Por tanto, en los programas de selección se debe tomar en cuenta los criterios de adaptación de animales que demuestran superioridad en las respuestas fisiológicas y eficiencia en la termorregulación, así como buenos rendimiento en la producción de leche. Estas son características importantes que se

desean transmitir a las progenies, para obtener mejores animales adaptados y con buena productividad en las empresas caprinas dedicadas a la producción de leche.

CONCLUSIONES

Las cabras Saanen y Parda Alpina, independientemente de la época y mes del año, son susceptibles al estrés por calor moderado-alto durante el mediodía cuando el índice de temperatura y humedad ITH supera las 77 unidades en ambiente tropical húmedo.

A pesar de la situación de estrés calórico, la temperatura rectal de ambas razas caprinas no fue alterada, lo cual muestra que los mecanismos de disipación fueron eficientes.

Ambas razas en estudio presentan desempeños productivos aceptables, sobresaliendo la raza Saanen con mayor producción de leche diaria y acumulada a 240 días de lactancia.

El análisis de componentes principales (PCA) relaciona una alta influencia del índice de temperatura y humedad ITH sobre la frecuencia respiratoria y cardíaca de los animales en estudio.

AGRADECIMIENTOS

A los productores Gabriel J. Remy R. y Norma E. Serrano M., propietarios de La Granja del Tío Remy, por permitir el uso de las instalaciones y los animales en el presente estudio.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias FCA, Universidad de Panamá, por el apoyo brindado a este proyecto de investigación en cabras lecheras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alhidary, I., Shini, S., All Jassim, R., & Gaughan, J. (2012). Physiological responses of Australian Merino wethers exposed to high heat load. *Journal of Animal Science*, 90(1), 212-220. doi:10.2527/jas.2011-397
- Al-Haidary, A. A., Aljumaah, R. S., Alshaikh, M. A., Abdoun, K. A., Samara, E. M., Okab, A. B., Alfuraiji, M. M. (2012). Thermoregulatory and Physiological Responses of

- Najdi Sheep Exposed to Environmental Heat Load Prevailing in Saudi Arabia. *Pakistan Veterinary Journal*, 32, 515-519.
- Anderson, T.W., and Darling, D. A. (1954). A Test of Goodness of Fit. *Journal of the American Statistical Association*, 49(268), 765-769.
- Andrade, I. S., Souza, B. B., Pereira Filho, J. M., Silva, A. M. (2007). Parâmetros fisiológicos e desempenho de ovinos Santa Inês submetidos a diferentes tipos de sombreamento e à suplementação em pastejo. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(2), 540-547.
- Azevêdo, D. M., Alves, A. A., Feitosa, F. S., Magalhães, J. A., Malhado, C. H. (2008) Adaptabilidade de bovinos da raça pé-duro às condições climáticas do semi-árido do estado do Piauí. *Archivos de Zootecnia* 57, 513-523.
- Bates, D., Maechler, B. B. M., Bolker, B., Walker, S., (2022). lme4: Linear Mixed - Effects Models Using 'Eigen' and S4. <https://cran.r-project.org/web/packages/lme4/lme4.pdf>
- Bianca, W., Kunz, P. (1978). Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. *Livestock production Science*, 5(1), 57-69.
- Bidot, A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: Revisión bibliográfica. *Revista de Producción Animal*, 29(2), 32-41.
- Cedeño, H. Rivas, B. Montes, K. Espinosa, M. Pimentel, T. Saavedra, R. Arjona, M. Guerra, R. Remy, G. (2022). Influencia de la raza y el número de lactancia sobre el desempeño productivo y la composición nutricional de leche en cabras (*Capra hircus*) bajo condiciones tropicales. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 5(1), 74-84.
- Cezar, M. F., Souza, B. B., Souza, W. H., Pimenta Filho, E. C., Tavares, G. P., Medeiros, G. X. (2004). Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos Dorper, Santa Inês e seus mestiços perante condições climáticas do trópico semi-árido Nordeste. *Revista Ciênc. Agrotec*, 28(3), 614-620.
- Dias, L.T., McManus, C., Louvandini, H., Gurgel, R., Sasaki, L.C.B.; Teixeira, R. A. (2007). Identificação da adaptação ao calor de ovinos de diferentes biótipos por meio de parâmetros fisiológicos. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 44 p.
- Finley, C.M., Thompson, J.R. and Bradford, G.E. (1984). Age Parity-Season Adjustment Factors for Milk and Fat Yields of Dairy Goats. *Journal of Dairy Science*. 67(8). 1868-1872.
- Frau, S., Togo, J., Pece, M., Paz, R., Font, G. (2010). Estudio comparativo de la producción y composición de leche de cabra de dos razas diferentes en la provincia de Santiago del Estero. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 109(1) 9-15.

- Gameda, S., Loboguerrero, A. M., Boa, M., Martínez, D., Martiz, G., Sierra, Y., Vanegas, L. (2014). Estado del Arte en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria en Panamá. September 2014. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
<https://hdl.handle.net/10568/49626>
- Garzón, A. J. (2011). Cambio climático: ¿cómo afecta la producción ganadera? REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 12 (8), 1-8.
- Gomes, C. A., Furtado, D. A., Medeiros, A. N., Silva, D. S., Pimenta Filho, E. C., Lima Júnior, V. (2008). Efeito do ambiente térmico e níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12(2), 213-219.
- INEC, Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2011). Estimación de la producción caprina y ovina en Panamá. Retrived march 27, 2022, Recuperado
<https://www.inec.gob.pa/archivos/p4801Cuadro18.pd>
- Lima, C. B., Costa, T. G. P., Lima, C. B., Costa, T. G. P., Nascimento, T. L., Lima Junior, D. M., Silva, M. J. M. S., Mariz, T. M. A. (2014) Comportamento ingestivo e respostas fisiológicas de ovinos em pastejo no semiárido. *Journal of Animal Behaviour Biometeorology*, 2, 26-34.
- Mader, T. L., M. S. Davis, & T. Brown-Brandl. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84:712–719.
- Mandal, D. K., Bhakat, C. & Dutta, T. K. (2021) Impact of environmental factors on physiological adaptability, thermo-tolerance indices, and productivity in Jersey crossbred cows. *Int J Biometeorol* 65, 1999–2009. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02157-2>
- Martínez, G.M., León-Jurado, J.M., Suarez, V. H., Barba-Capote, C. (2018). Determinación de la curva de lactancia de cabras Saanen del noroeste argentino. *Revista Fave- Sección Ciencias Veterinarias*. 17, 6-11,
<https://doi.org/10.14409/favecv.v17i1.7159>
- Marquín-Batista, L. M. Saldaña-Ríos, C, I. Moreno, E. E. Rivera, R. Escudero, V. Sandoya, I. Espinosa, J. (2022). Caracterización de la producción, agroindustrialización y comercialización de ovinos y caprinos en Panamá. *Revista Ciencia Agropecuaria*, 35(1), 30-52.
- Moran, J. (2005). Tropical Dairy farming: feeding management for small Holder Dairy farmers in the humid tropics. Csiro Publinding.
- Medeiros, L. F., Vieira, D. H., Oliveira, C. A., Fonseca, C. E., Pedrosa, I. A., Guerson, D. F., Pereira, V. V., Madeiro, A. S. (2007). Avaliação de parâmetros fisiológicos de caprinos SPRD (Sem Padrão Racial Definido) Pretos e brancos de diferentes idades,

- à sombra, no Município do Rio de Janeiro, RJ. *B. Industr. Anim., N. Odessa*, 64(4), 277-287.
- Neiva, J. N., Teixeira, M., Turco, S. H., Oliveira, S. M., Moura, A. A. (2004). Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira Zootecnia*, 33(3), 668-678.
- Oliveira, F. M. M., Dantas, R.T., Furtado, D.A., Nascimento, J. W. B., Medeiros, A. N. (2005). Parâmetros de conforto térmico e fisiológicos de ovinos Santa Inês, sob diferentes sistemas de acondicionamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9(4), 631-637.
- Preacher, K. J., MacCallum, R. C. (2003). Repairing Tom Swift's electric factor analysis machine. *Underst. Stat.* 2 (1), 13-43.
https://doi.org/10.1207/s15328031US0201_02.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ribas, M., Guitierrez, M. (2001). Primeros resultados de producción de leche y duración de la lactancia de razas caprinas especializadas en cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 35(2), 105-112.
- Santos, J. R., Souza, B. B., Souza, W. H., Cezar, M. F., Tavares, G. P. (2006) Respostas fisiológicas e gradiente térmico de ovinos das raças Santa Inês, Morada Nova e seus cruzamentos com a raça Doper as condições do semiárido nordestino. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(5), 995-1001.
- Santos, F. C., Souza, B. B., Alfaro, C. E., Cezar, M. F. Pimenta Filho, E. C., Acosta, A. A., Santos, J. R. (2004). Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do Nordeste Brasileiro. *Ciênc. Agrotec, Lavras*, 29(1), 142-149.
- Shapiro, S. S., Wilk, M. B. (1965). "An analysis of variance test for normality (complete samples)". *Biometrika*. 52(3-4), 591-611.
- Silanikove, N. (1992). Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. *Livest. Prod. Sci.* 30, 175-194.
- Silanikove, N. (2002). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 1(67), 1-18.
- Silva, L. L. G. G., Resende, A. S., Dias, P. F., Souto, S. M., Azevedo, B. C., Vieira, S. M., Colombari, A. A., Torres, A. Q. A., Matta, P. M., Perin, T. B., Miranda, C. H. B., Franco, A. A. (2008). Conforto térmico para novilhas mestiças em sistema silvipastoril. EMBRAPA, *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 34:1-25

- Silva, R.G., La scala J. R. N., Pocay, P. L. B. (2001). Transmissão de radiação ultravioleta através do pelame e da epiderme de bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(6), 1939-1947.
- Souza, C. F., Tinôco, I. F., Baêta, F. C., Ferreira, W.P., Silva, R. S. (2002). Avaliação de matérias alternativos para confecção do termômetro de globo. *Ciência e Agrotecnologia*, 26(1), 157-164.
- Swenson, M. J. (1988). Duke's physiology of domestic animals. 10. Ed. Rio de Janeiro, Guanabara 799p.
- Veríssimo, C. J., Titto, C. G., Katiki, L. M., Bueno, M. S., Cunha, E. A., Mourão, G. B., Otsuk, I. P., Pereira, A. M.F., Nogueira Filho, J. C. M., Titto, E. A. L. (2009). Tolerância ao calor em ovelhas Santa Inês de pelagem clara e escura. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, 10(1), 159-167.
- Wickham, H. (2016). Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag Neww York.
- Yousef, M. K. (Ed.). (1985). Stress Physiology in Livestock. Basic Principles, Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Zamora, M. M. C. (2018). Cambio Climático. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales* 6 (31). México, ME:47.
<https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/190>