

## CAMBIOS EN RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE CORDEROS F1 (PELIBUEY X KATAHDIN Y PELIBUEY X DORPER) BAJO ESTRÉS CALÓRICO<sup>1</sup>

*Héctor Cedeño<sup>2</sup>; Yarina Ambulo<sup>3</sup>; Roberto Saavedra<sup>4</sup>; Enrique Sánchez-Galán<sup>4</sup>;  
Fernando Gálvez<sup>5</sup>; Tamara Pimentel<sup>6</sup>; Joseph Grajales-Cedeño<sup>7</sup>*

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el grado de estrés calórico de los corderos F1 Pelibuey x Dorper (PD) y Pelibuey x Katahdin (PK) en condiciones de clima tropical húmedo, específicamente en La Hacienda Nápoles, en San Vicente, provincia de Panamá. Se utilizaron 20 machos, 10 para cada cruce F1. Los animales fueron manejados en sistema estabulado. Las variables climáticas y fisiológicas fueron estudiadas en siete horarios (6:00, 8:00, 10:00 a.m., 12:00, 2:00, 4:00 y 6:00 p.m.) cada siete días por cuatro meses consecutivos de marzo a junio de 2022. De acuerdo con los resultados, el índice de temperatura y humedad (ITH) aumentó  $\geq 79$  unidades durante el mediodía y la tarde. El cruzamiento F1 no influyó ( $P>0,05$ ) sobre la frecuencia respiratoria (FR), frecuencia cardiaca (FC), temperatura rectal (TR) y la temperatura superficial (TS). El horario mostró efecto ( $P<0,05$ ) en las respuestas fisiológicas de ambos cruzamientos F1. Durante el mediodía y tarde los animales presentaron mayor FR con 85,97 (resp/min), FC 97,47 (lat/min) y TR 39,78° C en comparación a los horarios de la mañana. La TS presentó promedio de 36,94° C en corderos PD y 34,97° C en corderos PK. La semana y el mes no mostraron influencias ( $P>0,05$ ) sobre las variables FR, FC, TR y TS. En conclusión, los corderos F1 PD y PK, independientemente de la semana y mes, son susceptibles al estrés por calor moderado y alto, cuando el ITH es  $\geq 79$  unidades. Se sugiere medir el ITH en los corrales de engorde de corderos y monitorear la FR, FC, TR y TS para determinar el estrés calórico y mejorar el bienestar de los animales.

**Palabras claves:** Bienestar animal, clima tropical, cruzamiento F1, temperatura, termorregulación.

<sup>1</sup>Recepción: 9 de agosto de 2023. Aceptación: 9 de septiembre de 2023. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

<sup>2</sup>Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), Departamento de Zootecnia, Panamá. e-mail: [hector.cedenov@up.ac.pa](mailto:hector.cedenov@up.ac.pa); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8400-4276>

<sup>3</sup>Universidad de Panamá, FCA, Escuela de Ciencias Pecuarias, Panamá.

e-mail: [yarina.ambulo-p@up.ac.pa](mailto:yarina.ambulo-p@up.ac.pa); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2351-9553>

<sup>4</sup>Universidad de Panamá, FCA, Departamento de Desarrollo Agropecuario, Panamá. e-mail: [roberto-r.saavedra-f@up.ac.pa](mailto:roberto-r.saavedra-f@up.ac.pa); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4531-6434>;

e-mail: [enrique.sanchezg@up.ac.pa](mailto:enrique.sanchezg@up.ac.pa); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9452-8177>

<sup>5</sup>Universidad de Panamá, FCA, Departamento de Fitotecnia, Panamá. e-mail: [fernando.galvez@up.ac.pa](mailto:fernando.galvez@up.ac.pa); ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0000-5138-1753>

<sup>6</sup>Independiente, Panamá. e-mail: [tamaraan26@gmail.com](mailto:tamaraan26@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5861-2910>

<sup>7</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil. e-mail: [joseph.grajales@up.ac.pa](mailto:joseph.grajales@up.ac.pa); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1021-3945>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## CHANGES IN PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF LAMBS F1 (PELIBUEY X KATAHDIN AND PELIBUEY X DORPER) UNDER HEAT STRESS

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the degree of heat stress of F1 Pelibuey x Dorper (PD) and Pelibuey x Katahdin (PK) lambs under humid tropical climate conditions, specifically in La Hacienda Nápoles, San Vicente, Panamá provincial. Twenty males were used, 10 for each F1 cross. The animals were managed under confinement conditions. The climatic and physiological variables were studied at seven times (6:00, 8:00, 10:00 a.m., 12:00, 2:00, 4:00 and 6:00 p.m.) every seven days for four consecutive months from March to June of 2022. According to the results, the temperature and humidity index (ITH) increased  $\geq 79$  units during noon and afternoon. The F1 cross did not affect ( $P>0.05$ ) respiratory rate (RR), heart rate (HR), rectal temperature TR and surface temperature ST. The time of day showed an effect ( $P<0.05$ ) on the physiological responses in both F1 crosses. During noon and afternoon the animals presented higher RF with 85.97 (resp/min), FC 97.47 (beats/min) and TR 39.78° C compared to morning hours. The TS presented an average of 36.94° C in the PD lambs and 34.97° C in the PK lambs. The week and the month did not show effects ( $P>0.05$ ) on the variables FR, FC, TR and TS. In conclusion, F1 PD and PK lambs, regardless of week and month, are susceptible to moderate and high heat stress when the ITH is  $\geq 79$  units. It is suggested to measure the ITH in lamb feedlots and monitor FR, FC, TR and TS to determine heat stress and improve animal welfare.

**Keywords:** Animal welfare, crossbreeding F1, temperature, thermoregulation, tropical climate.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los acontecimientos relacionados con el cambio climático se han convertido en una amenaza para la sostenibilidad de los sistemas de producción animal a nivel mundial (Garzón, 2011). Las zonas tropicales suelen experimentar condiciones ambientales extremas, como altas temperaturas, intensa radiación solar directa o indirecta y elevada humedad del ambiente, lo que ocasiona estrés por calor en los animales. Esta situación conlleva a una reducción en la ingesta de alimentos y un consecuente descenso en el rendimiento productivo de los animales (Asmare et al., 2012; Ribeiro et al., 2018).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Algunas variables utilizadas para cuantificar la gravedad del estrés calórico en animales incluyen indicadores fisiológicos como la frecuencia respiratoria y cardíaca, temperatura rectal y superficial del cuerpo de los animales, entre otras (Silanikove, 2000; Collier et al., 2017). Además, de las variables básicas de morfología y productividad, para obtener criterios más amplios para la selección de los corderos mejor adaptados y más resistentes en ambientes tropicales (Façanha et al., 2013).

En Panamá, uno de los principales problemas que afectan a los productores de ovinos de carne es la poca disponibilidad de reproductores con alto potencial genético (Marquínez-Batista et al., 2022). Entre los ovinos más usados para producción de carne se encuentran principalmente la raza Pelibuey y Black Belly, ambas razas presentan buena adaptación al ambiente tropical del país, sin embargo, su desempeño productivo es limitado (Saldaña-Ríos et al., 2016). Lo antes descrito se puede atribuir al inapropiado manejo reproductivo, por ejemplo, la práctica de apareamientos entre parientes, lo cual ha traído como consecuencia la consanguinidad en las progenies.

Para mejorar la genética de la población ovina, se han importado razas como la Katahdin y Dorper (Saldaña-Ríos et al., 2016). Este criterio técnico se debe a la adaptación de ambas razas en ambiente tropicales, además de su funcionalidad y rendimiento productivo (Gómez-Hernández et al., 2022). Sin embargo, existen pocos estudios, con relación a la adaptación de estas razas y sus cruces ante el estrés calórico en corderos estabulados bajo las condiciones climáticas de Panamá. Por lo que, en el presente estudio, se planteó la hipótesis de que los corderos F1 (Pelibuey x Dorper) y F1 (Pelibuey x Katahdin) en la fase de engorde, manejados en un sistema estabulado, manifiestan diferencias en las respuestas fisiológicas. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la adaptación de los corderos F1, mediante el monitoreo de los parámetros ambientales y fisiológicos en condiciones del clima tropical húmedo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El estudio experimental se realizó en una empresa del sector privado, La Hacienda Ilnápoles, en San Vicente, provincia de Panamá. Su ubicación geográfica corresponde a los (9°07'17" latitud Norte y 79°35'26" longitud Oeste).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Manejo de animales

Se utilizaron 20 animales machos con edad entre 85 y 90 días, 10 animales para cada cruzamiento F1 (Pelibuey x Dorper) y F1 (Pelibuey x Katahdin). Los animales fueron identificados de forma individual para el control del experimento, se mantuvieron con las madres hasta el destete (85-90 días), posteriormente fueron trasladados a los corrales de ceba con medidas de 2,80 x 2,25 m, con piso de plástico suspendido a una altura de 1,5 m y con techo de zinc a una altura de 3,0 m, aproximadamente.

El periodo total del estudio fue de cuatro meses, en la cual se consideró un tiempo de adaptación a los corrales de ceba, durante los primeros 15 días y un periodo total de 105 días; se desarrolló a principios del mes de marzo hasta finalizar junio de 2022.

Los corderos de ambos cruzamientos F1, recibieron el mismo manejo, ofreciendo una dieta de concentrado comercial al 18% de proteína cruda y 2,80 Mcal EM/kg MS. También, se brindó heno de Swazi (*Digitaria swazilandensis*), pasto Tanner (*Urochloa arrecta*) y sal mineralizada. Los alimentos se ofrecieron a voluntad hasta completar el periodo experimental de 120 días.

Además, se realizaron medidas profilácticas sobre el corte y limpieza de las pezuñas cada 30 días, y una vez durante la ceba se realizó control de parásitos gastrointestinales con albendazol 10,0% (1,0 ml/50 kg) y aplicaciones de vitaminas (AD<sub>3</sub>E, y complejo B: B1, B2, B6 y B12), para garantizar que ambos cruces F1 presentaran buena salud durante el experimento.

## Índice de temperatura y humedad

Las variables evaluadas fueron: temperatura ambiental (TA) en (°C), la humedad relativa (HR) en porcentaje (%) y el índice de temperatura y humedad (ITH) unidades. Para medir la TA y la HR, se colocó un termo higrómetro digital (modelo KFC-0789) dentro de los corrales de ceba, a una altura de 2,0 m y se registró una vez a la semana en siete diferentes horarios durante el día (6:00, 8:00, 10:00 a.m., 12:00, 2:00, 4:00 y 6:00 p.m.), durante cuatro meses consecutivo (marzo, abril, mayo y junio de 2022). A partir de los registros de la TA y HR, se calculó el ITH para determinar las condiciones del sistema de



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

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 propuestos por Andrade et al. (2007), que indican dos niveles: (1) ITH menor de 78 unidades: los animales no presentan estrés por calor, (2) ITH mayor de 78 unidades: los animales pueden presentar estrés por calor.

### **Evaluación fisiológica**

Las variables fisiológicas: frecuencia respiratoria, frecuencia cardiaca, temperatura rectal y la temperatura superficial del cuerpo de los animales se midieron una vez a la semana en siete horarios diferentes durante el día (6:00, 8:00, 10:00 a.m., 12:00, 2:00, 4:00 y 6:00 p.m.) por un periodo de cuatro meses consecutivos de marzo a junio de 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, multiplicado 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 (Modelo Littmann 2160), posteriormente el resultado se multiplicó por tres para obtener la cantidad total de latidos por minutos (Gomes et al., 2008).

La temperatura rectal (TR): se determinó a través de un termómetro clínico digital (Modelo TS0-A), este termómetro fue introducido entre dos a tres cm en el recto de los animales por un tiempo de aproximadamente 60 segundos (Medeiros et al., 2007).

La temperatura superficial del cuerpo (TS): se obtuvo a través de un termómetro infrarrojo (Modelo FT3010), este equipo se colocó a una distancia entre 10 y 15 cm de la superficie del cuerpo de los animales y se tomaron cinco muestras en diferentes partes del



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

cuerpo: 1) región de la cabeza y cuello, 2) cruz, 3) grupa, 4) miembro anterior y 5) miembro posterior. Esta medición se realizó con el fin de obtener un valor promedio representativo del cuerpo de los animales (Cedeño et al., 2023).

### Diseño y análisis estadístico

La variable ambiental índice de temperatura y humedad (ITH) fue analizada a través del diseño Lineal mixto de medidas repetidas con factorial 7x12x4 (7 horarios, 12 semanas y 4 meses), con el siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + a_{k(i)} + e_{ijk} \quad [1]$$

Donde:

$y_{ijk}$  = es la medición de ITH del  $i$ -ésimo mes, del  $j$ -ésimo horario y la  $k$ -ésima semana,  $\mu$  = media general,  $\alpha_i$  = es el efecto del  $i$ -ésimo mes,  $\beta_j$  = es el efecto del  $j$ -ésimo horario,  $(\alpha\beta)_{ij}$  = es el efecto de la interacción del  $i$ -ésimo mes y la  $k$ -ésima semana,  $a_{k(i)}$  = es el efecto aleatorio de la  $k$ -ésima semana dentro del  $i$ -ésimo mes y  $e_{ijk}$  = es el error aleatorio.

Las variables de frecuencia respiratoria y cardíaca, temperatura rectal y superficial fueron analizadas a través de un modelo lineal mixto con efectos fijos factorial 2 x 7 x 12 x 4 (2 genotipos F1, 7 horarios, 12 semanas y 4 meses,) aleatorio y anidados de semanas en meses y animales en raza. El modelo lineal mixto empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \gamma_k + (\alpha\tau)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\tau\gamma)_{jk} + a_i + b_{l(i)} + c_j + d_{m(j)} + e_{ijklm} \quad [2]$$

Donde:

$Y_{ijklm}$  = representa las variables (FR, FC TR y TS),  $\mu$  media general,  $\alpha_i$  = efecto fijo de la  $i$ -ésima raza,  $\tau_j$  = efecto fijo del  $j$ -ésimo mes,  $\gamma_k$  = efecto fijo del  $k$ -ésimo horario,  $(\alpha\tau)_{ij}$  = Interacción entre la  $i$ -ésima raza y el  $j$ -ésimo mes,  $(\alpha\gamma)_{ik}$  = Interacción entre la  $i$ -ésima raza y el  $k$ -ésimo horario,  $(\tau\gamma)_{jk}$  = efecto fijo de la interacción entre el  $j$ -ésimo mes y el  $k$ -ésimo horario,  $a_i$  = efecto aleatorio del intercepto de la  $i$ -ésima raza,  $b_{l(i)}$  = efecto aleatorio del  $l$ -ésimo animal dentro de la  $i$ -ésima raza,  $c_j$  = efecto aleatorio del intercepto del  $j$ -ésimo mes,  $d_{m(j)}$  = efecto aleatorio de la  $m$ -ésima semana dentro del  $j$ -ésimo mes,  $e_{ijklm}$  = error aleatorio.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Se realizó una prueba de normalidad de Shapiro y Wilk (1965) para verificar la normalidad de las variables, y la prueba de Levene (1960) para verificar la homocedasticidad en todas las variables en estudio. Los componentes de varianza de los efectos fijos y aleatorios descritos en las ecuaciones [1] y [2] se estimaron mediante el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) (Patterson y Thompson, 1971) y el vector de soluciones del conjunto de ecuaciones fue resuelto mediante el método de Henderson (1975). Posteriormente, se ejecutó un análisis de varianza (ANOVA) con el ajuste de los grados de libertad del denominador de Kenward y Roger (1997) para los efectos fijos en cada variable de respuesta. Como medida de bondad de ajuste, se tomó el  $R^2$  condicional, que considera la variación de los efectos aleatorios dentro del modelo ajustado.

Para investigar el efecto de posibles asociaciones entre variables fisiológicas y ambientales (ITH), se realizó un análisis de componentes principales (PCA). Para esto, 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). Los análisis estadísticos se realizaron en el lenguaje de programación software R con el entorno de desarrollo integrado RStudio versión 4.1.3 (R Core Team, 2022). En todas las pruebas estadísticas realizadas se consideraron diferencias significativas cuando  $P \leq 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables climáticas

Se observaron variaciones significativas ( $P < 0,05$ ) de la temperatura ambiental (TA), y humedad relativa (HR) en las diversas horas evaluadas durante el día y mes del estudio. El índice de temperatura y humedad (ITH) no presentó diferencias ( $P = 0,4481$ ) en los meses. Sin embargo, hubo diferencias ( $P = 0,0001$ ) del ITH en los horarios y en la interacción mes por horario ( $P = 0,0001$ ). Los meses de marzo y mayo presentaron 22,45% mayor TA durante el mediodía y tarde 2:00 p.m. Sin embargo, la HR disminuyó durante el mediodía 38,76% y posteriormente aumentó en la tarde 21,06% (Cuadro 1).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Durante los meses de marzo, abril, y mayo el ITH, generalmente aumentó 0,15; 3,54; 5,13 y 5,50%; para las horas 8:00, 10:00 a.m., 12:00 y 2:00 p.m. respectivamente, mientras que en los horarios de 4:00 a 6:00 p.m., el ITH presentó reducción entre 1,26 y 4,67%, respectivamente. El mes de junio presentó un comportamiento diferente a los anteriores, presentando a las 8:00 a.m. una disminución del ITH al 3,19% en comparación al horario de 6:00 a.m., posteriormente el ITH aumentó 4,06 y 4,75% a las 10:00 a.m. y 12:00 p.m., respectivamente. Sin embargo, el horario de las 2:00 p.m. disminuyó un 2,20% el ITH, mientras que en los siguientes horarios 4:00 y 6:00 p.m. aumentaron 1,96 y 1,31%. El horario de las 12:00 p.m. fue caracterizado con el mayor ITH (Cuadro 1). Esta variación del ITH durante el mes de junio se puede deber al periodo de lluvias, en la cual se establece y llueve frecuentemente en diversas horas del día y posiblemente influyó sobre el ITH.

Los horarios 6:00, 8:00 a.m. y 6:00 p.m. se caracterizaron por presentar menores promedios de ITH con 77,21; 77,31 y 78,80 unidades, respectivamente. De acuerdo con Andrade et al. (2007) el ITH con valor menor de 78 unidades los animales no presentan estrés por calor. Sin embargo, los horarios de 10:00 a.m., 12:00, 2:00 y 4:00 p.m., presentaron promedios generales de 80,04; 81,10; 80,75; 80,51 unidades, respectivamente. El ITH en estos horarios se consideran fuera de la zona de confort térmico para los corderos (Andrade et al., 2007).

Existen límites de ITH definidos para varias especies de animales, según Moran (2005), por ejemplo, los bovinos en ambiente tropical húmedo con ITH menor de 72 unidades los animales no presentan estrés por calor, ITH entre 72 y 78 unidades los animales pueden presentar un estrés por calor moderado, ITH entre 78 y 89 unidades los animales presentan estrés por calor severo, ITH entre 89 y 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. Sin embargo, en estudios con ovinos 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 (Andrade et al., 2007).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El ITH promedio observado durante el estudio, independientemente del horario se considera elevado mayor de 76 unidades, ya que se considera ideal menor de 72 para los animales rumiantes (Moran, 2005; Pérez et al., 2020). Otros estudios indican que el ITH de 70,8 unidades fue favorable para un adecuado desarrollo productivo y reproductivo de las ovejas de raza Pelibuey (Macías-Cruz et al., 2015).

De acuerdo con este estudio la caracterización del microclima 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 la semana, los horarios entre 10:00 a.m. y 4:00 p.m. presentaron ITH mayor de  $\geq 79$  unidades, lo cual indicó una condición no favorable para los animales. 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. Las condiciones de microclima con  $\text{ITH} \geq 80$  los animales pueden comprometer la producción de carne y leche, disminuyendo su rendimiento de ganancia diaria de peso; esto debido a la reducción de ingesta de alimentos en los animales estresados por el calor (Yousef, 1985; Silanikove, 1992).

El entorno ambiental y las infraestructuras de corrales de estabulación, donde se encuentran los animales son fundamentales para proporcionar un buen confort térmico, para garantizar bienestar a los animales. Las infraestructuras de techado con diseño de sobre techo en los corrales de los sistemas estabulados sirve como una estrategia de minimizar el efecto de la temperatura ambiental, obteniendo 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 ambiente tropical (Santos et al., 2006; Silva et al., 2008).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**Cuadro 1. Estadística descriptiva de la temperatura ambiental (TA), humedad relativa (HR) y el índice de temperatura y humedad (ITH) del experimento.**

Mes	Horario	TA (° C)			HR (%)			ITH (unidades)
		Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media ± D.E.
Marzo	6:00 a.m.	26,05	26,90	25,10	80,00	81,00	79,00	76,04 ± 1,29 <sup>m</sup>
	8:00 a.m.	26,55	27,00	26,20	73,50	75,00	72,00	77,54 ± 0,69 <sup>ijkl</sup>
	10:00 a.m.	28,90	29,40	28,40	67,00	72,00	62,00	79,27 ± 0,01 <sup>ghi</sup>
	12:00 p.m.	31,90	32,20	31,60	55,00	60,00	50,00	81,65 ± 0,48 <sup>bcd</sup>
	2:00 p.m.	32,70	32,70	32,70	50,00	53,00	47,00	81,84 ± 0,55 <sup>abc</sup>
	4:00 p.m.	31,45	31,50	31,40	53,50	55,00	52,00	80,76 ± 0,20 <sup>cdef</sup>
	6:00 p.m.	28,55	28,60	28,50	63,00	65,00	61,00	78,25 ± 0,22 <sup>ijk</sup>
Abril	6:00 a.m.	26,45	26,90	26,00	82,50	81,00	63,00	77,85 ± 2,16 <sup>ijkl</sup>
	8:00 a.m.	27,48	28,60	24,50	72,50	84,00	81,00	77,59 ± 0,61 <sup>ijkl</sup>
	10:00 a.m.	29,08	30,30	27,30	69,75	80,00	65,00	79,90 ± 0,94 <sup>fg</sup>
	12:00 a.m.	30,60	33,20	27,80	61,50	73,00	49,00	80,71 ± 1,90 <sup>cdef</sup>
	2:00 p.m.	30,40	32,70	26,80	60,50	75,00	55,00	80,29 ± 2,23 <sup>efg</sup>
	4:00 p.m.	28,85	31,00	24,00	66,50	85,00	58,00	78,87 ± 3,05 <sup>hi</sup>
	6:00 p.m.	27,18	28,80	23,90	72,50	87,00	66,00	77,32 ± 2,11 <sup>kl</sup>
Mayo	6:00 a.m.	26,08	28,20	26,40	73,75	76,00	72,00	78,29 ± 1,02 <sup>ij</sup>
	8:00 a.m.	27,58	27,30	25,20	85,25	88,00	82,00	77,41 ± 1,20 <sup>ijkl</sup>
	10:00 a.m.	29,68	30,70	28,50	88,50	78,00	68,00	81,21 ± 0,69 <sup>cde</sup>
	12:00 p.m.	31,73	33,90	29,40	76,50	62,00	52,00	81,73 ± 1,90 <sup>bc</sup>
	2:00 p.m.	32,00	32,90	31,60	61,00	64,00	56,00	82,81 ± 0,35 <sup>a</sup>
	4:00 p.m.	31,68	32,30	30,60	60,75	72,00	51,00	82,27 ± 0,57 <sup>ab</sup>
	6:00 p.m.	27,53	28,60	26,50	76,25	84,00	72,00	78,44 ± 0,90 <sup>ij</sup>
Junio	6:00 a.m.	25,45	28,10	28,00	71,75	76,00	74,00	79,14 ± 0,22 <sup>ghi</sup>
	8:00 a.m.	28,05	26,00	24,90	75,00	89,00	88,00	76,69 ± 0,89 <sup>lm</sup>
	10:00 a.m.	28,25	29,00	27,50	77,00	79,00	75,00	79,80 ± 0,92 <sup>fgh</sup>
	12:00 p.m.	29,10	32,00	26,50	72,50	83,00	62,00	80,33 ± 2,91 <sup>defg</sup>
	2:00 p.m.	29,50	29,20	26,50	74,50	80,00	69,00	78,60 ± 1,36 <sup>hij</sup>
	4:00 p.m.	27,85	30,00	29,00	75,50	69,00	65,00	80,14 ± 0,44 <sup>efg</sup>
	6:00 p.m.	28,65	30,90	30,40	76,00	67,00	59,00	81,19 ± 0,31 <sup>cde</sup>

D.E.: desviación estándar. Letras minúsculas distintas presentan diferencias significativas (P<0,05). Letras minúsculas iguales no difieren entre horarios y meses (P>0,05).

## Respuestas fisiológicas

### Frecuencia respiratoria (FR = resp/min)

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas (P=0,5913) en la FR de los corderos F1 PD y PK. La hora del día influyó significativamente (P=<0,0001) en la FR



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

de ambos cruces F1. El día y mes no mostraron diferencias significativas ( $P=0,5021$ ) en la FR de ambos corderos F1. Hubo interacción significativa de la FR ( $P=<0,0001$ ) entre mes y horario del día. No hubo interacción entre los corderos F1 y mes ( $P=0,1392$ ), y cruce F1 y horario ( $P=0,9721$ ).

Ambos cruzamientos F1 presentaron a las 6:00 a.m. una FR mínima de 40,0 con un promedio general de 62,98 resp/min, lo cual indicó que los animales se encontraban en un buen confort térmico. Sin embargo, el promedio general de ambos animales en estudio aumentó aproximadamente el 15,70; 27,90; 37,77 y 35,29 para las 8:00; 10:00, 12:00 y 2:00 p.m. respectivamente, mientras que se observó una reducción de la FR en los horarios de 4:00 y 6:00 p.m. con 4,08 y 16.73% (Figura 1a).

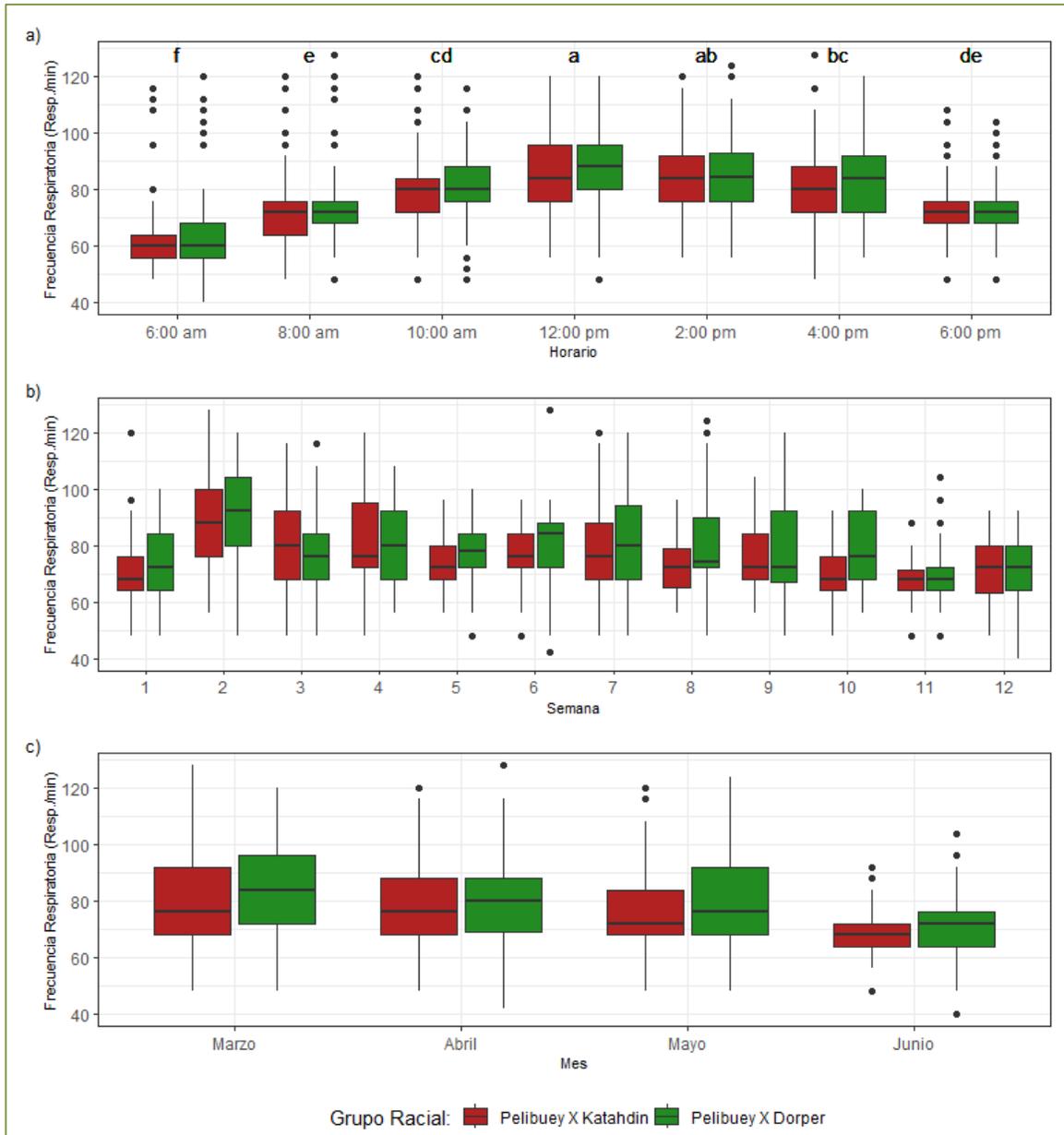
La frecuencia respiratoria entre 40 y 60 resp/min los animales presentan bajo estrés, entre 60 y 80 resp/min estrés medio-alto, entre 80 y 120 resp/min calor alto y más de 200 resp/min estrés por calor severo (Silanikove, 2000). Por tanto, los corderos F1 (PD) y (PK) presentaron estrés moderado entre los horarios de 8:00 a 10:00 a.m. Sin embargo, a las 12:00, 2:00 y 4:00 mostraron signos de un alto estrés y durante el último horario 6:00 p.m. presentaron un estrés moderado. Estos resultados se deben posiblemente a una tensión calórica, debido al incremento del ITH.

Sin embargo, ambos cruces F1 disminuyeron la FR en los últimos dos horarios de la tarde, lo cual indicó una estabilización, debido posiblemente a la eficiencia de termorregulación de ambos corderos F1 y a la disminución del ITH, favoreciendo el confort térmico de los animales.

La tendencia de aumento de la FR en ambos cruces F1 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 el aumento del ritmo de respiración es uno de los mecanismos fisiológicos de termorregulación más importante para eliminar el exceso de calor por los animales rumiantes (Santos et al., 2004).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 1. Frecuencia respiratoria de corderos F1 (Pelibuey x Dorper) y F1 (Pelibuey x Katahdin) de acuerdo con el horario del día (a), semana (b) y mes (c) en sistema estabulado bajo condiciones de clima tropical húmedo. Letras minúsculas distintas indican diferencias entre horarios ( $P < 0,05$ ).**



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

### Frecuencia cardiaca (FC = lat/min)

El análisis de varianza no indicó diferencias significativas ( $P=0,43595$ ) en la FC de los corderos PD y PK. La hora del día influyó significativamente ( $P=<0,0001$ ) en la frecuencia cardiaca de ambos cruces F1. El día y mes no mostraron diferencias significativas ( $P=0,38281$ ) en la FC de los corderos F1. Hubo interacción significativa de la FC ( $P=<0,0001$ ) entre mes y horario del día. No hubo interacción entre los corderos F1 y mes ( $P=0,15212$ ), y cruce F1 y horario ( $P=0,06101$ ).

Ambos cruzamientos F1 presentaron a las 6:00 a.m, una FC mínima de 60,0 con un promedio general de 93,63 lat/min, lo cual indicó que los animales se encontraban en un buen confort térmico. Sin embargo, el promedio general de ambos corderos F1 en estudio aumentó aproximadamente el 4,21; 5,09; 5,88; 2,92 y 2,40% para las 8:00; 10:00 a.m., 12:00, 2:00 y 4:00 p.m. respectivamente, mientras que se observó una reducción de la FC en el horario de la tarde 6:00 p.m. con 8,23%, lo cual indicó un estado transitorio de la termorregulación (Figura 2a).

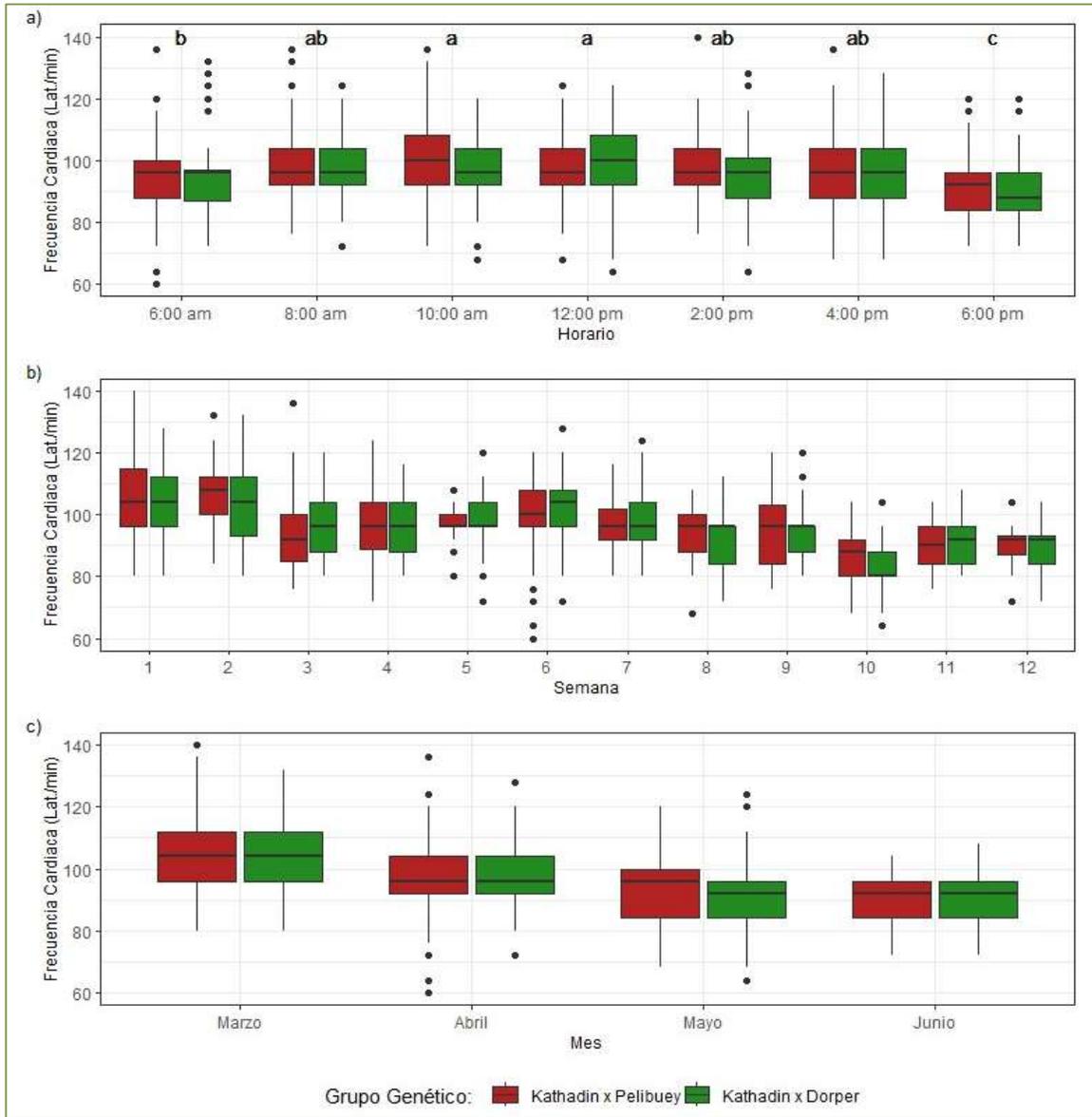
La frecuencia cardiaca (FC) de ambos corderos F1, fueron afectada a partir desde las 8:00 a.m. hasta las 4:00 p.m., el resultado observado se torna preocupante para el sistema de producción animal, ya que se considera que ambos animales fueron susceptibles al ITH, observado para cada horario.

El comportamiento de la FC de ambos cruzamientos F1, coincide con recientes estudios que indican que los ovinos y caprinos expuestos en ambientes con ITH mayor de 75 unidades, los animales aumentan los latidos cardíacos, mostrando un estrés por calor (Cezar et al., 2004; Cedeño et al., 2023). Esto podría asociarse a mecanismos fisiológicos de adaptación de ambos grupos de animales F1 a las condiciones climáticas y manejo presentadas en el estudio.

Es importante medir los latidos cardíacos de los animales, ya que se considera un parámetro fundamental en los estudios de adaptación, para conocer si los animales se encuentran estresados por las condiciones ambientales (Santos et al., 2004; Al-Haidary et al., 2012).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 2.** La frecuencia cardiaca de corderos F1 (Pelibuey x Dorper) y F1 (Pelibuey x Katahdin) de acuerdo con el horario del día (a), semana (b) y mes (c) en sistema estabulado bajo condiciones de clima tropical húmedo. Letras minúsculas distintas indican diferencias entre horarios ( $P < 0.05$ ).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

### Temperatura rectal (TR = ° C)

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas ( $P=0,43595$ ) de la TR entre los cruzamientos F1 PD y PK. La semana y mes no influyeron sobre la TR ( $P=0,38281$ ), sin embargo, el horario indicó diferencias de la TR ( $P=0,0001$ ). Hubo interacción significativa de la TR entre los horarios y el mes ( $P=0,04584$ ). Se encontró diferencias significativas en la interacción de los cruzamientos y el mes del año ( $P=0,0004$ ). No se observó interacción ( $P=0,19605$ ) de los cruzamientos entre los horarios.

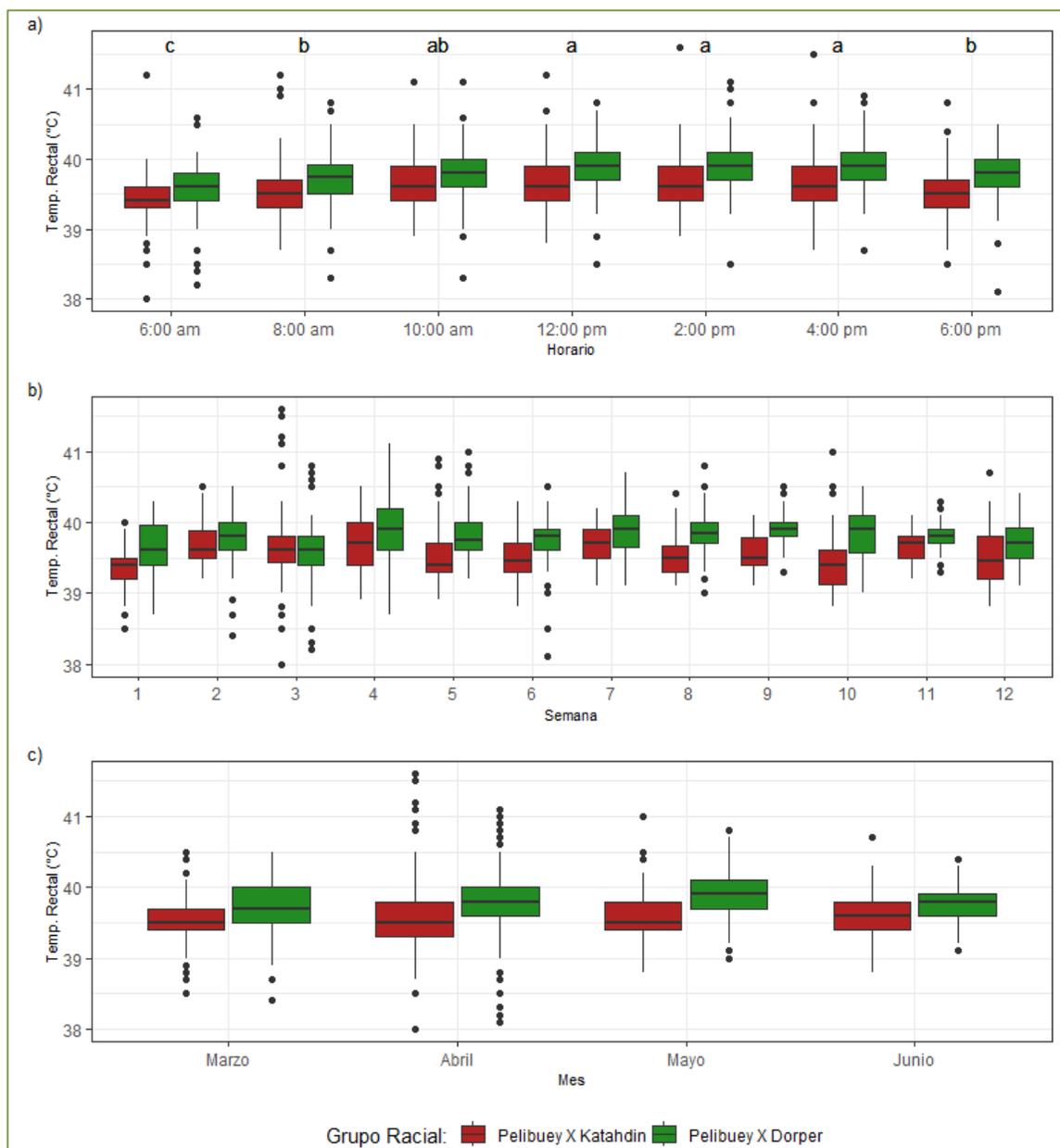
La TR de ambos cruzamientos F1 fue menor a las 6:00 a.m., con valor mínimo de  $38,00 \pm 0,39$  y promedio general de  $39,49^\circ \text{C}$ , lo cual indicó que los animales se encontraban en un buen confort térmico. Posteriormente, el promedio general de ambos corderos F1 fueron aumentando aproximadamente el 0,38; 0,61; 0,73; 0,75 y 0,70% para las 8:00; 10:00 a.m., 12:00, 2:00 y 4:00 p.m. respectivamente, mientras que en el horario de 6:00 p.m. se observó una reducción de la TR con 0,33% (Figura 3a). La tendencia observada de la TR en ambos corderos F1, mostraron aumentos posiblemente al mayor índice de temperatura y humedad (ITH), manifestando un periodo estresante para los animales en los horarios entre 10:00 a.m. y 4:00 p.m. Este período indicó que los animales fueron susceptibles al estrés por calor en la categoría moderado y variando hasta un estrés alto cuando el ITH fue más alto.

Una variable confiable para estimar la tolerancia al calor de los animales rumiantes ante un entorno ambiental tropical e inhóspito es la TR (Bianca y Kunz, 1978). De acuerdo con McDowell et al. (1976) la elevación de  $1,0^\circ \text{C}$  en la temperatura rectal, es suficiente para disminuir el desempeño productivo en la mayoría de los animales domésticos. Los ovinos presentan una temperatura rectal de aproximadamente de  $39,1^\circ \text{C}$  en situación sin estrés por calor (Swenson, 1988). Los animales en estudio mantuvieron promedios de TR entre  $39,49^\circ$  y  $39,78^\circ \text{C}$ , esta diferencia observada puede ser atribuida por el índice de temperatura y humedad ITH en ambiente tropical húmedo, el cual se caracteriza por presentar alta temperatura ambiental y humedad relativa del aire. Este resultado posiblemente se debe al grado de estrés por calor moderado observado en los corderos F1 PD y PK. Además, este resultado denota un grado de eficiencia importante en los mecanismos de termorregulación de los corderos, donde fueron capaces de disipar el calor interno del cuerpo regulando la TR bajo las condiciones del estudio.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

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 y severo (Silanikove, 2002).



**Figura 3. La temperatura rectal de corderos F1 (Pelibuey x Dorper) y F1 (Pelibuey x Katahdin) de acuerdo con el horario del día (a), semana (b) y mes (c) en sistema estabulado bajo condiciones de clima tropical húmedo. Letras minúsculas distintas indican diferencias entre horarios (P<0,05).**



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

### Temperatura superficial del cuerpo (TS = ° C)

Los cruzamientos F1 no difirieron ( $P=0,4949$ ) en la TS. El mes, horario y la interacción mes y horario influyeron significativamente ( $P=<0,0001$ ) la TS de ambos corderos F1. La interacción entre el cruzamiento F1 y mes no mostró diferencias ( $P=0,3219$ ) y la interacción cruzamiento F1 y horario no presentó diferencias ( $P=0,4120$ ).

Ambos corderos F1, a las 6:00 a.m., presentaron un menor promedio general de TS de  $33,62 \pm 0,98^\circ \text{C}$ , lo cual indicó que los animales se encontraban en un buen confort térmico. Sin embargo, el promedio general de ambos animales fue aumentando aproximadamente el 3,27; 6,96; 7,14; 6,97 y 7,02% para las 8:00; 10:00 a.m., 12:00, 2:00 y 4:00 p.m. respectivamente, mientras que a las 6:00 p.m. se observó una reducción de 2,65% (Figura 4a).

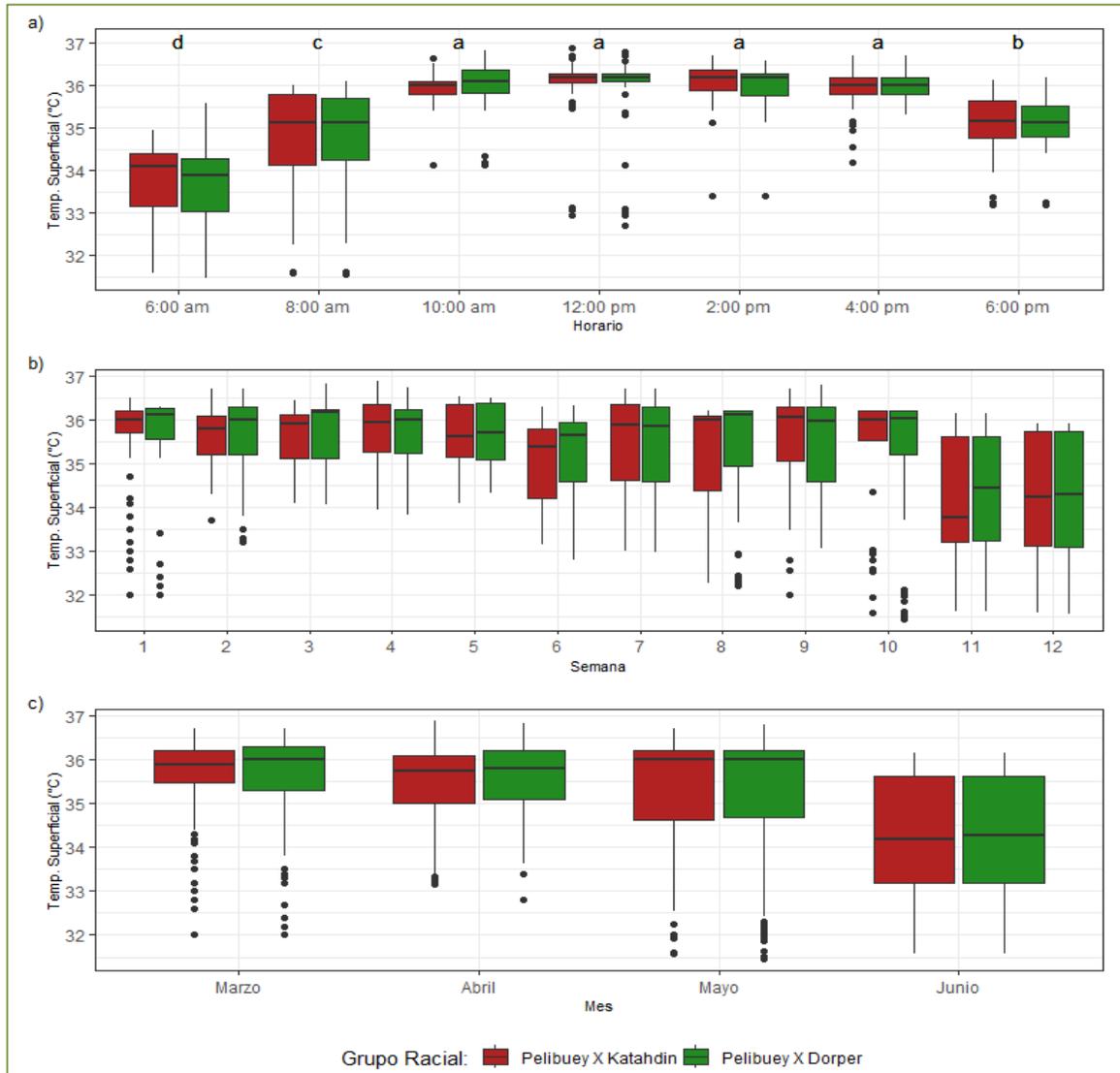
La TS obtenida de los animales es el resultado del equilibrio entre la energía térmica producida y la energía térmica disipada al ambiente (Pinto-Santini et al., 2014). Los resultados del estudio coinciden con lo reportado por Verissimo et al., (2009) quienes informaron que el color del pelaje no interfiere en la tolerancia al calor de animales de color del pelaje oscura y clara. Los corderos F1 (PK) en este estudio, generalmente presentaron color variado debido al efecto del cruzamiento, sin embargo, predominan el color blanco y marrón (claro a oscuro) debido a las razas Katahdin y Pelibuey, respectivamente. Mientras, que los animales F1 (PD), presentaron coloración variada, donde predominan el marrón claro a oscuro perteneciente al genotipo Pelibuey; y el color blanco en el cuerpo con manchas negras en el cuerpo, cuello y cabeza por la raza paterna Dorper.

Los animales con pelaje de colores oscuros como el negro o chocolate absorben más calor en comparación a razas de animales que presentan colores claros o blancos (Días et al., 2007). La discrepancia entre los resultados observados se debe posiblemente a la variación genética de ambos cruzamientos F1, al manejo del sistema de producción utilizado, ya que en este estudio los animales F1, se encontraban en estabulación con techo, es decir los animales no recibieron la radiación solar directa como suele ocurrir en animales en sistema de pastoreo. Por tanto, el color del pelaje puede ser un parámetro importante para la selección de animales con rasgos fenotípicos ideales para el desarrollo de los sistemas de producción animal bajo condiciones de climas tropicales.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Los animales con pelaje oscuro generalmente son más susceptibles al estrés térmico por calor (Silva et al., 2001), 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 en el cuerpo de los animales (Veríssimo et al., 2009).



**Figura 4. La temperatura superficial del cuerpo de corderos F1 (Pelibuey x Dorper) y F1 (Pelibuey x Katahdin) de acuerdo con el horario del día (a), semana (b) y mes (c) en sistema estabulado bajo condiciones de clima tropical húmedo. Letras minúsculas distintas indican diferencias entre horarios (P<0,05).**



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Análisis de componentes principales (PC)

Los componentes principales explicaron 64,47% de la varianza de los datos. El PC 1 explicó 42,14% de la varianza de los datos y caracterizó las variables FR y TS con el ITH, mientras que el PC 2 explicó 22,33% de la varianza de los datos, y fue caracterizado por la FC (Cuadro 2).

El análisis de componentes principales mostró una agrupación similar entre ambos corderos F1 (Pelibuey x Dorper) y (Pelibuey x Katahdin), lo cual indicó un comportamiento fisiológico de termorregulación similar en respuesta a las mismas condiciones ambientales (Figura 5). En relación con las variables de índole climática y fisiológica, cuanto más cerca se encuentran, la relación es mayor; lo cual puede ser explicado por la influencia observada del ITH sobre las FR, FC, TR y TS de ambos corderos F1, en situación de estrés calórico con grado moderado-alto.

El ITH, es un indicador climático fundamental que se debe medir en todos los sistemas de producción animal, ya que permite conocer el impacto de la temperatura ambiental y la humedad relativa en la adaptación o la tolerancia al calor de los animales en un determinado ambiente térmico (Mandal et al., 2021).

Los análisis multivariados permiten asociar los comportamientos fisiológicos y rasgos morfológicos entre los animales de distintas razas para comparar el grado de adaptabilidad (Castanheira et al., 2010). Otros investigadores han utilizado los análisis multivariados para estudiar las posibles diferencias comportamentales y rasgos morfológicos entre diversas razas de animales rumiantes (Dossa et al., 2007; Traoré et al., 2008).

En este estudio la mayor frecuencia respiratoria y cardiaca, así como las temperaturas rectal y superficial del cuerpo de ambos corderos F1 coincidieron con la mayor tensión calórica de acuerdo con el índice de temperatura y humedad (ITH) en los horarios caracterizados como los más críticos durante el día entre 10:00 a.m. y 4:00 p.m. Los animales en este periodo diurno crítico mostraron signos de agotamiento, jadeo y una ligera salivación, lo cual indicó una clara condición de estrés por calor.

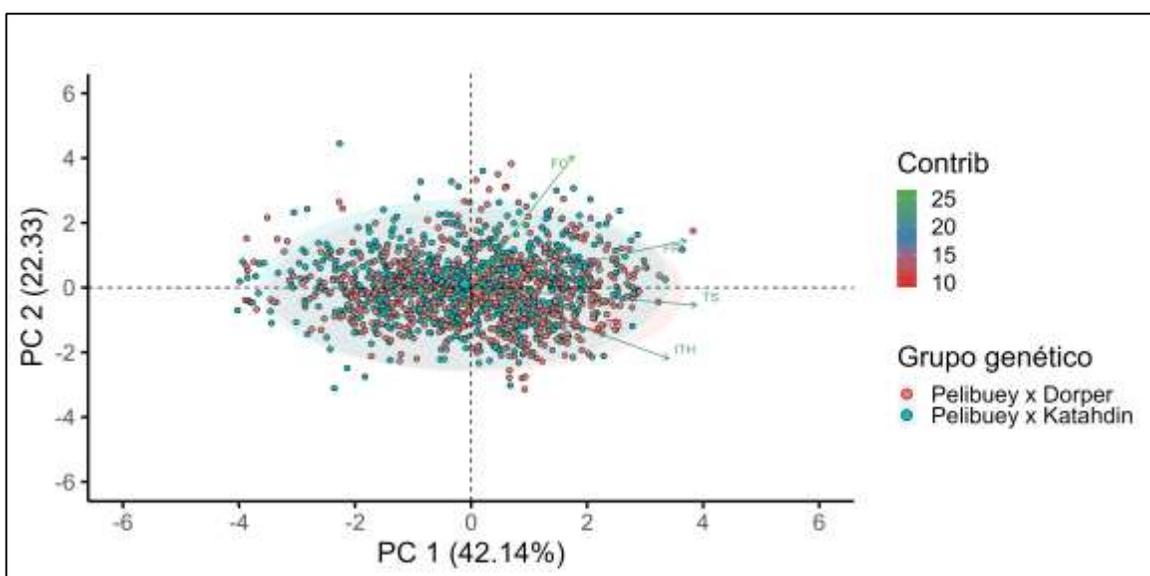


Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**Cuadro 2. Valores de carga, autovalores y varianza de variables climáticas y fisiológicas de corderos F1 (Pelibuey x Dorper) y F1 (Pelibuey x Katahdin) con base en el análisis de componentes principales (n=20).**

Ítems	PC 1	PC 2
ITH	<b>0,71</b>	-0,46
FR	<b>0,77</b>	0,30
FC	0,37	<b>0,85</b>
TR	0,46	-0,29
TS	<b>0,81</b>	-0,11
Autovalores	2,10	1,12
Varianza (%)	42,14	22,33

ITH: índice de temperatura y humedad, FR: frecuencia respiratoria, FC: frecuencia cardiaca, TR: temperatura rectal y TS: temperatura superficial del cuerpo, PC 1: componente principal 1, PC 2: componente principal 2.



**Figura 5. Biplot para el índice de temperatura y humedad (ITH) y las variables frecuencia respiratoria (FR), frecuencia cardiaca (FC), temperatura rectal (TR) y la temperatura superficial del cuerpo (TS) de los corderos F1 (Pelibuey x Dorper) y F1 (Pelibuey x Katahdin), representados en los componentes principales (PC 1 y PC 2). Los círculos menores indican la variación individual, mientras que los círculos mayores representan el centroide para los cruces F1. Las elipses indican la concentración de los datos, las flechas indican los vectores de cada una de las variables con sus contribuciones.**



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## CONCLUSIONES

- La caracterización del microclima de los corrales en base al índice de temperatura y humedad (ITH) determinó que los horarios durante el día (10:00 a.m., 12:00 m.d., 2:00 p.m. y 4:00 p.m.) presentan condiciones estresantes para los corderos en estudio.
- Los corderos F1 (Pelibuey x Dorper) y F1 (Pelibuey x Katahdin), independientemente de la semana y mes, son susceptibles al estrés calórico moderado y alto, cuando el índice de temperatura y humedad (ITH) es  $\geq$  de 79 unidades entre 10:00 a.m. y 4:00 p.m.
- El análisis de componentes principales reveló una respuesta fisiológica similar entre ambos corderos F1. La frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca y la temperatura superficial resultaron ser variables altamente informativas para explicar la varianza de los datos en los corderos sometidos a estrés calórico.

## RECOMENDACIONES

- Medir el índice de temperatura y humedad (ITH) para conocer el confort térmico que presentan los corrales. Además, monitorear la frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, temperatura rectal y la temperatura superficial de los animales para determinar el grado de estrés calórico.
- Implementar el uso de ventiladores con aspersión de agua en los corrales de engorde, para mejorar el confort térmico y disminuir el estrés calórico de los animales especialmente en los horarios entre 10:00 a.m., 12:00, 2:00 y 4:00 p.m.
- Utilizar el análisis multivariado de componentes principales para caracterizar los estudios comparativos de las respuestas fisiológicas de diferentes grupos genéticos de corderos bajo condiciones del clima tropical húmedo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## REFERENCIAS

- Alhidary, I., Shini, S., All Jassim, R., y Gaughan, J. (2012). Physiological responses of Australian Merino wethers exposed to high heat load. *Journal of Animal Science*, 90(1), 212-220. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-3972>
- Al-Haidary, A. A., Aljumaah, R. S., Alshaikh, M. A., Abdoun, K. A., Samara, E. M., Okab, A. B., y 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. [http://www.pvj.com.pk/pdf-files/32\\_4/515-519.pdf](http://www.pvj.com.pk/pdf-files/32_4/515-519.pdf)
- Andrade, I. S., Souza, B. B., Pereira Filho, J. M., y 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. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200039>
- Asmare, A., Puchala, R., Tesfai, K., Detweiler, G. D., Dawson, L. J., Askar, A. R., Sahlou, T., y Goetsch, A. L. (2012). Effects of small ruminant type and level of intake on metabolism. *Small Ruminant Research* 102, 186–190. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.08.003>
- Bianca, W., y Kunz, P. (1978). Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. *Livestock production Science*, 5(1), 57-69. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(78\)90007-6](https://doi.org/10.1016/0301-6226(78)90007-6)
- Castanheira, M., Paiva, S. M., Louvandini, H., Landim, A., Fiorvanti, M. C. S., Dallago, B. S., Correa, P. S., y McManus, C. (2010). Use of heat tolerance traits in discriminating between groups of sheep in central Brazil. *Trop. Anim Health Prod.* 42(8), 1821-1828. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9643-x>
- Cedeño, H., Ríos, K., Pile, E., Saavedra, R., Sánchez-Galán, E., Pimentel, T., Remy, G., y Grajales-Cedeño, J. (2023). Efecto de la raza, época del año, mes y horario en las respuestas fisiológicas y productivas de cabras lecheras en ambiente tropical



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

húmedo. *Revista Semilla del Este*, 4(1), 166-191.  
<https://doi.org/10.48204/semillaeste.v4n1.4446>

Cezar, M. F., Souza, B. B., Souza, W. H., Pimenta Filho, E. C., Tavares, G. P., y 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. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000300018>

Collier, R., Renquist, B., y Xiao, Y. (2017). A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress. *Journal of Dairy Science*, 100, 10367–10380. doi: 10.3168/jds.2017-13676. [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(17\)31033-0/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(17)31033-0/pdf)

Días, L. T., McManus, C., Louvandini, H., Gurgel, R., Sasaki, L. C. B., y 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. <https://livraria.funep.org.br/product/revista-brsileira-de-zootecnia-jaboticabal>

Dossa, L. H., Wollny, C., y Gauly, M. (2007). Smallholders' perceptions of goat farming in southern Benin and opportunities for improvement. *Trop Anim Health Prod* 39, 49–57  
<https://doi.org/10.1007/s11250-006-4440-2>

Façanha, D. A. E., Chaves, D. F., Morais, J. H. G., Vasconcelos, Â. M., Costa, W. P., y Guilhermino, M. M. (2013). Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. *Revista Brasileira de Saude e Producao Animal*, 14, 91–103.  
<https://www.scielo.br/j/rbspa/a/Kdf76XkztcjVvHRnVX8mVBx/?format=pdf&lang=pt>

Garzón, A. J. (2011). Cambio climático: ¿cómo afecta la producción ganadera? REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 12 (8), 1-8.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63621920007>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Gomes, C. A., Furtado, D. A., Medeiros, A. N., Silva, D. S., Pimenta Filho, E. C., y 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. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000200015>
- Gómez-Hernández, L., González-Reyna, A., Zárate-Fortuna†, P., Faustino-Lázaro, B., Hernández-Meléndez, J., y Martínez-González, J. (2022). Comportamiento predestete del cordero, producción y calidad de la leche en ovejas de pelo. *Ciencia Agropecuaria*, (34), 1-22. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/583>
- Henderson, C. R. (1975). Best Linear Unbiased Estimation and Prediction under a Selection Model. *Biometrics*. 31(2), 423-447. <https://doi.org/10.2307/2529430>
- Kenward, M. G., y Roger, J. H. (1997). Small Sample Inference for Fixed Effects from Restricted Maximum Likelihood. *Biometrics*, 53(3), 983-997. <https://doi.org/10.2307/2533558>
- Levene, H. (1960). "Robust Tests for Equality of Variances." Contributions to Probability and Statistics. (Edited by I. Olkin, et al.) Stanford: Stanford University Press, 1960. Chapter 25. pp. 278-292.
- McDowell, R. E., Hooven, N. W., y Camoens, J. K. (1976). Effect of climate on performance of Holstein in first lactation. *Journal of Dairy Science*, 59(5), 966-971. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(76\)84305-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(76)84305-6)
- Mader, T. L., Davis, M. S., y Brown-Brandl, T. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84, 712-719. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1622&context=animalscifacpub>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Macías-Cruz, U., Sánchez, T. J., Gastelum, M. A., Alvendaño, L., Correa, A., Álvarez, F. D., Díaz, R., Meza, C. A., y Mellado, M. (2015). Actividad reproductiva de ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas de México. *Arch Med Vet*, 47, 381-386. <https://www.redalyc.org/pdf/1730/173042665015.pdf>

Mandal, D. K., Bhakat, C., y 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>

Marquínez-Batista, L. M., Saldaña-Ríos, C. I., Moreno, E. E., Rivera, R., Escudero, V., Sandoya, I., y Espinosa, J. (2022). Caracterización de la producción, agroindustrialización y comercialización de ovinos y caprinos en Panamá. *Revista Ciencia Agropecuaria*, (35), 30-52. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/594/474>

Medeiros, L. F., Vieira, D. H., Oliveira, C. A., Fonseca, C. E., Pedrosa, I. A., Guerson, D. F., Pereira, V. V., y 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. Indústr. Anim., N. Odessa*, 64(4), 277-287. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:126468243>

Moran, J. (2005). Tropical Dairy farming: feeding management for small Holder Dairy farmers in the humid tropics. Csiro Publínhing. <https://books.google.com.pa/books>

Neiva, J. N., Teixeira, M., Turco, S. H., Oliveira, S. M., y 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. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000300015>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Oliveira, F. M. M., Dantas, R. T., Furtado, D. A., Nascimento, J. W. B., y 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. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000400029>
- Patterson, H. D., y Thompson, R. (1971). Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika*, 58(3), 545-554. <https://doi.org/10.1093/biomet/58.3.545>
- Pérez, R. V., Cruz, U., Avendaño, L., Correa, A., López, M., y Rivera, A. (2020). Impacto del estrés por calor en la producción de ovinos de pelo. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 205-222. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4923>
- Pinto-Santini, L., Ríos, L., Oliveros, A., Pigliacampo, A., y Chacón, T. (2014). Índices fisiológicos en corderas tipo West African con acceso voluntario a sombra artificial bajo condiciones de emergencia de calor leve. *Livestock Research For Rural Development*, 26(11) 1-9. <http://www.lrrd.org/lrrd26/11/pint26207.html>
- Preacher, K. J., y MacCallum, R. C. (2003). Repairing Tom Swift's electric factor analysis machine. *Underst. Stat.* 2(1), 13-43. <https://psycnet.apa.org/record/2004-12709-002>
- 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/>
- Ribeiro, M., Ribeiro, N., Bozzi, R., y Costa, R. (2018). Physiological and biochemical blood variables of goats subjected to heat stress – a review. *Journal of Applied Animal Research* 46, 1036–1041. <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1456439>
- Saldaña-Ríos, C. I., Ortega-Ríos, H., y Díaz-Granados, D. (2016). Constantes fisiológicas de ovinos Pelibuey, Dorper y Katahdin en ecosistema de bosque húmedo tropical. *Revista Ciencia Agropecuaria*, 25, 118-130.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/101>

Santos, J. R., Souza, B. B., Souza, W. H., Cezar, M. F., y Tavares, G. P. (2006). Respuestas 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. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000500025>

Santos, F. C., Souza, B. B., Alfaro, C. E., Cezar, M. F., Pimenta Filho, E. C., Acosta, A. A., y Santos, J. R. (2004). Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do Nordeste Brasileiro. *Ciência e Agrotecnologia*, 29(1), 142-149. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000100018>

Shapiro, S. S., y Wilk, M. B. (1965). "An analysis of variance test for normality (complete samples)". *Biometrika*, 52(3-4), 591-611. <https://doi.org/10.2307/2333709>

Silanikove, N. (1992). Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. *Livest. Production Science*, 30, 175-194. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(06\)80009-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(06)80009-6)

Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest Prod Sci domestic ruminants. Livestock production Science*, 67, 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)

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., y Franco, A. A. (2008). Conforto térmico para novilhas mestiças em sistema silvipastoril. *EMBRAPA, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 34, 1-25. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/629889/1/bot034.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Silva, R. G., La scala J. R. N., y 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. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000700034>

Swenson, M. J. (1988). *Duke's physiology of domestic animals*. 10. Ed. Rio de Janeiro, Guanabara 799 p.

Traoré, A., Tamboura, H. H., Kaboré, A., Royo, L. J., Fernández, I., Álvarez, I., Sangaré, M., Bouchel, D., Poivey, J. P., Francois, D., Toguyeni, A., Sawadogo, L., y Goyache, F. (2008). Multivariate characterization of morphological traits in Burkina Faso sheep, *Small Ruminant Research*, 80 (1-3), 62-67. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.09.011>

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., y 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. <http://www.rbspa.ufba.br>

Yousef, M. K. (Ed.). (1985). *Stress Physiology in Livestock. Basic Principles*, Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, FL.

### AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Jihad Badr Darybara Issa, por permitir el uso de las instalaciones y los animales para esta investigación. A la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá (FCA-UP) por el apoyo brindado para el desarrollo de este estudio. Al Ing. Christian De León y a los Sres. José Pérez y Álvaro Acosta por la colaboración en el manejo de los animales durante el estudio.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)