

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



T E S I S

**Evaluación de las características fenotípicas del pelaje en la homeostasis de
vacunos *Bos tauros* y *Bos indicus* en Oxapampa – Pasco**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Zootecnista

Autores:

Bach. Deysi Magali BOTTGER MICHÍ

Bach. Sissy Mercedes OSORIO CORONEL

Asesor:

Ph.D. Aníbal Raúl RODRIGUEZ VARGAS

Oxapampa – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



T E S I S

**Evaluación de las características fenotípicas del pelaje en la homeostasis de
vacunos *Bos tauros* y *Bos indicus* en Oxapampa – Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Alfredo Rubén BERNAL MARCELO
PRESIDENTE

MSc. Gilmar Hugo LOPEZ ALEGRE
MIEMBRO

Mg. Esteban Luis NAVARRO ESPINOZA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 009-2026/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
BOTTGER MICHI, Deysi Magali
OSORIO CORONEL, Sissy Mercedes

Escuela de Formación Profesional
Zootecnia – Oxapampa

Tipo de trabajo
Tesis
Evaluación de las características fenotípicas del pelaje en la homeostasis de vacunos *Bos tauros* y *Bos indicus* en Oxapampa – Pasco

Asesor
Mg. RODRIGUEZ VARGAS, Aníbal Raúl

Índice de similitud
5 %

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 08 de abril de 2026



Firmado digitalmente por HUANES
TOVAR Luis Antonio FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.04.2026 12:10:19 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

DEDICATORIA

A mi amado padre, Juan Bottger, cuyo amor incondicional, valores y apoyo constante han sido mi mayor inspiración a lo largo de esta travesía.

A mi esposo, Paul Antazu, por su amor, paciencia y aliento inquebrantable, que han sido un pilar fundamental en este logro.

A mis hijos, Ian y Helam, mis mayores tesoros, quienes me llenan de alegría y motivación para seguir adelante.

Deysi Magali BOTTGER MICHI

A Dios, mi guía y fuente inagotable de inspiración, agradeciéndole profundamente por su gracia y bendiciones, que han sido mi fortaleza en este camino académico. Este logro es una humilde muestra de gratitud por su amor infinito e incondicional.

A mi amado hijo, Neizan, quien da sentido a cada uno de mis esfuerzos diarios. Eres mi mayor inspiración y la fuerza que me impulsa a seguir adelante cada día.

Sissy Mercedes OSORIO CORONEL

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a los docentes de la Escuela Profesional de Zootecnia Oxapampa, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por los conocimientos, la formación académica y los valores profesionales impartidos durante nuestra formación, los cuales constituyeron la base para el desarrollo de la presente investigación.

Expresamos un especial reconocimiento al Ph.D. Aníbal Raúl Rodríguez Vargas, por su asesoramiento, orientación científica, permanente apoyo y valiosos aportes durante la planificación, ejecución y culminación de esta investigación. Su experiencia y compromiso fueron fundamentales para el cumplimiento de los objetivos planteados y la culminación satisfactoria de esta tesis.

Asimismo, agradecemos al Instituto de Investigación Especializada en Ganadería Oxapampa (INIGOX) de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por facilitar las instalaciones del Centro de Investigación y Estudios de Transferencia Tecnológica (CIETT) Peñaflor, donde se desarrolló la fase experimental de este estudio, así como por el apoyo institucional brindado durante su ejecución.

Finalmente, expresamos nuestro agradecimiento a todas las personas e instituciones que, con su apoyo, colaboración y confianza, contribuyeron de manera directa o indirecta al desarrollo y culminación de la presente investigación.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la raza y del horario de medición (mañana, tarde y noche) sobre las características fenotípicas del pelaje y los indicadores fisiológicos de homeostasis en vacunos *Bos taurus* y *Bos indicus* criados en Oxapampa, Pasco. Se evaluaron siete razas bovinas (Holstein, Brown Swiss, Jersey, Senepol, Gyr Lechero, Brahmán Gris y Brahmán Rojo) mediante un diseño de bloques completamente al azar con 14 animales. Se determinaron la densidad, diámetro, longitud y peso del pelo, así como la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura rectal y temperatura superficial de la piel. Los datos se analizaron mediante ANOVA y la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los resultados mostraron diferencias significativas entre razas y horarios de evaluación. Las razas *Bos taurus*, especialmente Jersey y Holstein, presentaron mayor densidad, diámetro, longitud y peso del pelaje, mientras que las razas cebuinas registraron valores inferiores, asociados con una mayor capacidad de disipación del calor. Asimismo, las razas lecheras exhibieron mayores frecuencias cardíaca y respiratoria, además de temperaturas rectales y superficiales más elevadas que las razas *Bos indicus*. El horario de evaluación también influyó significativamente sobre los indicadores fisiológicos. Se concluye que las características fenotípicas del pelaje desempeñan un papel importante en la homeostasis y la termorregulación de los bovinos, proporcionando información útil para la selección y el manejo de razas adaptadas a las condiciones ambientales del trópico alto peruano.

Palabras clave: *Bos taurus*, *Bos indicus*, adaptación fisiológica, homeostasis, pelaje bovino, termorregulación.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of breed and sampling time (morning, afternoon, and evening) on hair coat characteristics and physiological indicators of homeostasis in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle raised in Oxapampa, Pasco, Peru. Seven cattle breeds (Holstein, Brown Swiss, Jersey, Senepol, Dairy Gyr, Gray Brahman, and Red Brahman) were evaluated using a randomized complete block design with 14 animals. Hair coat density, fiber diameter, hair length, and hair weight were measured, together with heart rate, respiratory rate, rectal temperature, and skin surface temperature. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), and mean comparisons were performed using Tukey's test at $p < 0.05$. The results revealed significant differences among breeds and sampling times for most of the evaluated traits. *Bos taurus* breeds, particularly Jersey and Holstein, exhibited greater hair coat density, fiber diameter, hair length, and hair weight, whereas the zebu breeds showed lower values for these traits, consistent with enhanced heat dissipation capacity. In addition, the dairy breeds displayed higher heart and respiratory rates, as well as higher rectal and skin surface temperatures than the *Bos indicus* breeds. Sampling time also significantly affected the physiological indicators of homeostasis. It is concluded that hair coat phenotypic characteristics play an important role in bovine homeostasis and thermoregulation, providing valuable information for breed selection and management strategies aimed at improving adaptation to the environmental conditions of the Peruvian high tropics.

Keywords: *Bos taurus*; *Bos indicus*; physiological adaptation; homeostasis; bovine hair coat; thermoregulation.

INTRODUCCIÓN

La capacidad de los bovinos para mantener la homeostasis frente a las variaciones del ambiente constituye uno de los principales factores que determinan su bienestar, desempeño productivo y eficiencia reproductiva. Entre los mecanismos de adaptación al estrés térmico, las características fenotípicas del pelaje desempeñan un papel fundamental al regular el intercambio de calor entre el animal y el medio ambiente. Variables como la densidad, el diámetro, la longitud y el peso del pelo influyen directamente sobre el aislamiento térmico, la absorción de la radiación solar y la disipación del calor, condicionando la respuesta fisiológica de los animales frente a diferentes condiciones climáticas.

Las diferencias en la estructura y composición del pelaje entre bovinos *Bos taurus* y *Bos indicus* responden a procesos de adaptación genética desarrollados bajo distintos ambientes de selección. En términos generales, las razas *Bos taurus* presentan un pelaje de mayor densidad y longitud, características asociadas con una mayor capacidad de aislamiento térmico, mientras que las razas *Bos indicus* poseen un pelaje más corto y menos denso, lo que favorece la pérdida de calor y mejora su tolerancia a ambientes cálidos. Estas diferencias fenotípicas se reflejan en la respuesta fisiológica de los animales, expresada mediante cambios en la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la temperatura rectal y la temperatura superficial, indicadores ampliamente utilizados para evaluar el estado de homeostasis y la capacidad de adaptación al ambiente.

En el Perú, particularmente en la provincia de Oxapampa (Pasco), la producción bovina se desarrolla bajo condiciones ambientales propias del trópico alto, caracterizadas por fluctuaciones diarias de temperatura, elevada humedad relativa y variaciones estacionales que pueden afectar el equilibrio térmico de los animales. Estas condiciones representan un desafío para los sistemas de producción, especialmente considerando la coexistencia de razas europeas (*Bos taurus*) y cebuinas (*Bos indicus*), las cuales presentan diferentes niveles de adaptación

fisiológica. Sin embargo, la información científica sobre la relación entre las características fenotípicas del pelaje y los mecanismos de homeostasis en estas razas bajo las condiciones ambientales de Oxapampa aún es limitada.

Comprender la interacción entre las características del pelaje y la respuesta fisiológica permitirá identificar atributos asociados con una mayor adaptación al ambiente, proporcionando criterios objetivos para la selección de razas y el diseño de estrategias de manejo orientadas a mejorar el bienestar animal, la eficiencia productiva y la sostenibilidad de los sistemas bovinos en escenarios de variabilidad y cambio climático.

En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la raza y del horario de medición (mañana, tarde y noche) sobre las características fenotípicas del pelaje y los indicadores fisiológicos de homeostasis en vacunos *Bos taurus* y *Bos indicus* criados en Oxapampa, Pasco, con el propósito de generar evidencia científica que contribuya a optimizar la selección, el manejo y la adaptación de los bovinos a las condiciones ambientales del trópico alto peruano.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

INDICE DE TABLA

INDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	4
1.2.1.	Delimitación espacial.....	4
1.2.2.	Delimitación temporal	4
1.3.	Formulación del problema	4
1.3.1.	Problema general	4
1.3.2.	Problemas específicos	4
1.4.	Formulación de objetivos.....	5
1.4.1.	Objetivo general.....	5
1.4.2.	Objetivos específicos	5
1.5.	Justificación de la investigación	5
1.5.1.	Justificación teórica	5
1.5.2.	Justificación práctica:.....	5

1.5.3.	Justificación metodológica.....	6
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	6

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	8
2.2.	Bases teóricas - científicas	11
2.2.1.	Aspectos climáticos y producción animal.....	11
2.2.2.	Termorregulación y respuestas fisiológicas a los efectos de temperatura y humedad.....	14
2.2.3.	Características del pelaje de vacas lecheras y el mantenimiento de la homeostasis	16
2.2.4.	Temperatura corporal.....	17
2.2.5.	Frecuencia respiratoria.....	18
2.2.6.	Frecuencia cardíaca y pulso	19
2.3.	Definición de términos básicos	19
2.4.	Formulación de hipótesis	21
2.4.1.	Hipótesis general.....	21
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	21
2.5.	Identificación de variables	21
2.5.1.	Variable Independiente	21
2.5.2.	Variable Dependiente.....	21
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	22
2.6.1.	Sistema de variables e indicadores	22
2.6.2.	Esquema del sistema de variables e indicadores.....	22

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	24
3.2.	Nivel de investigación.....	24
3.2.1.	Lugar y fecha de estudio	25
3.3.	Método de investigación	25
3.3.1.	Selección de animales	25
3.3.2.	Horario de medición	25
3.3.3.	Datos ambientales de la Investigación.....	25
3.3.4.	Medición de las variables dependientes.....	26
3.3.5.	Recolección de datos.....	27
3.3.6.	Análisis de datos	27
3.3.7.	Control ético.....	27
3.4.	Diseño de investigación	28
3.5.	Población y muestra.....	29
3.5.1.	Población.....	29
3.5.2.	Muestra	29
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	30
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	30
3.9.	Tratamiento estadístico	30
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	31

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	33
4.1.1.	Para la característica del pelaje	33
4.1.2.	Homeostasis del animal	34
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	34
4.2.1.	Para la característica de pelaje	34
4.2.2.	Para la homeostasis del vacuno.....	39
4.3.	Prueba de hipótesis	44
4.3.1.	Para la característica del pelaje	44
4.3.2.	Para la homeostasis del vacuno.....	49
4.4.	Discusión de resultados.....	55
4.4.1.	Para la característica del pelaje	55
4.4.2.	Para la homeostasis del vacuno.....	57

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Operacionalización de variables	23
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de la investigación.....	30
Tabla 3. Croquis del experimento	31
Tabla 4. Prueba de Tukey para densidad de pelo (pelo/cm ²) según las razas de vacunos.	44
Tabla 5. Prueba de Tukey para densidad de pelo (pelo/cm ²) según el horario de medición. ..	45
Tabla 6. Prueba de Tukey para diámetro de pelo (μm) según las razas de vacunos.....	45
Tabla 7. Prueba de Tukey para diámetro de pelo (μm) según el horario de medición.	46
Tabla 8. Prueba de Tukey para peso de pelo (mg/cm ²) según las razas de vacunos.....	47
Tabla 9. Prueba de Tukey para peso de pelo (mg/cm ²) según el horario de medición.	47
Tabla 10. Prueba de Tukey para longitud de pelo (mm) según las razas de vacunos.....	48
Tabla 11. Prueba de Tukey para longitud de pelo (mm) según el horario de medición.	49
Tabla 12. Prueba de Tukey para frecuencia cardiaca (lpm) según las razas de vacunos.....	49
Tabla 13. Prueba de Tukey para frecuencia cardiaca (lpm) según el horario de medición.	50
Tabla 14. Prueba de Tukey para frecuencia respiratoria (rpm) según las razas de vacunos....	51
Tabla 15. Prueba de Tukey para frecuencia respiratoria (rpm) según el horario de medición.	52
Tabla 16. Prueba de Tukey para temperatura rectal (°C) según las razas de vacunos.....	52
Tabla 17. Prueba de Tukey para temperatura rectal (°C) según el horario de medición.	53
Tabla 18. Prueba de Tukey para temperatura de la piel (°C) según las razas de vacunos.	54
Tabla 19. Prueba de Tukey para temperatura de la piel (°C) según el horario de medición. ..	54

INDICE DE GRÁFICOS

	Página.
Gráfico 1. Densidad de pelo (Pelo/cm ²) por raza de vacunos.....	34
Gráfico 2. Densidad de pelo (Pelo/cm ²) por horario de medida.	35
Gráfico 3. Diámetro de pelo (μm) por raza de vacunos.....	36
Gráfico 4. Diámetro de pelo (μm) por horario de medida.	36
Gráfico 5. Peso de pelo (mg/cm ²) por raza de vacunos.	37
Gráfico 6 Peso de pelo (mg/cm ²) por horario de medida.....	37
Gráfico 7. Longitud de pelo (mm) por raza de vacunos.	38
Gráfico 8. Longitud de pelo (mm) por horario de medida.....	39
Gráfico 9. Frecuencia cardiaca (lpm) por raza de vacuno.	39
Gráfico 10. Frecuencia cardiaca (lpm) por horario de medida.	40
Gráfico 11. Frecuencia respiratoria (rpm) por raza de vacuno.	40
Gráfico 12. Frecuencia respiratoria (rpm) por horario de medida.	41
Gráfico 13. Temperatura rectal (°C) por raza de vacuno.....	42
Gráfico 14. Temperatura rectal (°C) por horario de medida.....	42
Gráfico 15. Temperatura de la piel (°C) por raza de vacuno.	43
Gráfico 16. Temperatura de la piel (°C) por horario de medida.	43

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En América Latina tropical, la ganadería constituye una de las principales actividades agropecuarias y representa el uso predominante de la tierra, aportando significativamente al producto interno bruto del sector agropecuario. Dentro de este contexto, la ganadería de doble propósito concentra aproximadamente el 78 % del inventario bovino y genera alrededor del 42 % de la producción regional de leche (Argel, 2006). No obstante, en la mayoría de las unidades de producción esta actividad continúa desarrollándose bajo sistemas extensivos con escasa incorporación de tecnologías, situación que limita la eficiencia biológica, productiva y económica de los sistemas ganaderos (Pérez *et al.*, 2006).

Uno de los principales factores que afectan la productividad bovina en las regiones tropicales es el estrés calórico, definido como la incapacidad del animal para mantener la homeostasis térmica cuando la carga de calor ambiental supera su capacidad de disipación (Broom y Molento, 2004). Esta condición desencadena una

respuesta biológica que se activa cuando el organismo percibe un incremento de la temperatura corporal por encima de sus rangos fisiológicos normales (Moberg, 2000).

La magnitud del estrés térmico depende de la interacción entre diversos factores ambientales, entre los que destacan la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del viento y la radiación solar, considerados los principales determinantes del balance térmico en los animales (Collier y Zimbelman, 2007; Arias *et al.*, 2008). La combinación de estos factores puede comprometer la capacidad de los bovinos para mantener una adecuada regulación de la temperatura corporal, especialmente en animales con menor adaptación al ambiente.

Como respuesta al estrés calórico, los bovinos experimentan modificaciones fisiológicas y metabólicas encaminadas a conservar la homeostasis. Entre las respuestas más frecuentes se encuentran el incremento de la temperatura corporal, la frecuencia respiratoria y la frecuencia cardíaca, además del aumento de la sudoración, la vasodilatación periférica y alteraciones en el equilibrio ácido-base (West, 2003; Arias *et al.*, 2008; Nardone *et al.*, 2010). Aunque estos mecanismos permiten disipar el exceso de calor, también pueden ocasionar efectos negativos sobre el estado fisiológico, el bienestar animal y la eficiencia productiva (West, 2003).

Cuando los mecanismos sensibles de disipación de calor resultan insuficientes, el organismo activa respuestas compensatorias adicionales. Entre ellas, el incremento de la frecuencia respiratoria constituye uno de los mecanismos más eficientes para favorecer la pérdida de calor mediante evaporación (Ferreira *et al.*, 2006; Robertshaw, 2006; Arias *et al.*, 2008). Sin embargo, la hiperventilación prolongada favorece una excesiva eliminación de dióxido de carbono (CO_2), disminuyendo la concentración de ácido carbónico (H_2CO_3) y aumentando la de bicarbonato (HCO_3^-), lo que inicialmente conduce a una alcalosis respiratoria. Posteriormente, la sobreexcreción renal de

bicarbonato puede desencadenar una acidosis metabólica, acompañada de una disminución del aporte de bicarbonato salival al rumen, favoreciendo la aparición de acidosis ruminal (West, 2003; Nardone *et al.*, 2010).

Diversas estrategias de manejo han sido propuestas para mitigar los efectos del estrés calórico. Entre las más efectivas se encuentran el suministro de sombra, la ventilación mecánica y otros sistemas de enfriamiento, los cuales han demostrado reducir la carga térmica y mejorar la respuesta fisiológica de los bovinos bajo condiciones de altas temperaturas (Armstrong, 1994; Brown-Brandl *et al.*, 2005; Schutz *et al.*, 2008; Tucker *et al.*, 2008).

No obstante, además de los factores ambientales y de manejo, la capacidad de adaptación al estrés térmico también está influenciada por características propias del animal, entre las que destacan las características fenotípicas del pelaje. Variables como la densidad, el diámetro, la longitud y el peso del pelo modifican el intercambio de calor entre el organismo y el ambiente, influyendo directamente sobre los mecanismos de termorregulación y homeostasis. Estas características presentan variaciones importantes entre bovinos *Bos taurus* y *Bos indicus*, reflejando procesos de adaptación evolutiva a diferentes condiciones climáticas.

En la provincia de Oxapampa, región Pasco, donde coexisten razas europeas y cebuinas bajo condiciones ambientales propias del trópico alto, existe escasa información científica sobre la relación entre las características fenotípicas del pelaje y la respuesta homeostática de los bovinos frente a las variaciones ambientales diarias. Esta limitación dificulta la selección de animales con mayor capacidad de adaptación y restringe el desarrollo de estrategias de manejo orientadas a mejorar el bienestar animal y la eficiencia de los sistemas de producción bovina.

En este contexto, resulta necesario generar evidencia científica que permita comprender cómo las características fenotípicas del pelaje influyen en los mecanismos fisiológicos de homeostasis de bovinos *Bos taurus* y *Bos indicus* criados en Oxapampa, contribuyendo al diseño de programas de selección y manejo adaptados a las condiciones ambientales del trópico alto peruano.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

El estudio se desarrolló en el Centro de Investigación y estudios de transferencia tecnológica – CIETT, Peñaflor de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Ubicada a 12 km, carretera Oxapampa – La Merced, perteneciente al Distrito y Provincia de Oxapampa.

1.2.2. Delimitación temporal

El estudio se desarrolló en los meses de agosto a octubre (fase de campo) y su respectiva sustentación en el mes de diciembre.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la raza y el horario de medición en las características del pelo y homeostasis de vacunos *Bos tauros* y *Bos indicus* en Oxapampa – Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

PE1 ¿Cómo influye la raza y el horario de medición en las características del pelo de vacunos *Bos tauros* y *Bos indicus* en Oxapampa – Pasco?

PE2 ¿Cómo la raza y el horario de medición tienen efecto en las homeostasis de vacunos *Bos tauros* y *Bos indicus* en Oxapampa – Pasco?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la raza y el horario de en las características del pelaje y los indicadores de homeostasis en vacunos *Bos taurus* y *Bos indicus* en Oxapampa, Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

OE1 Determinar la influencia de la raza y el horario de medición en las características del pelo de vacunos *Bos tauros* y *Bos indicus* en Oxapampa – Pasco.

OE2 Determinar el efecto de la raza y el horario de medición en las homeostasis de vacunos *Bos tauros* y *Bos indicus* en Oxapampa – Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

El estudio de las características del pelo y los parámetros de homeostasis en vacunos *Bos taurus* y *Bos indicus* es relevante porque estas especies presentan diferencias fisiológicas adaptativas relacionadas con su capacidad para responder a condiciones climáticas. La densidad, diámetro, peso y longitud del pelo influyen directamente en la regulación térmica de los animales, mientras que parámetros como la temperatura rectal, la frecuencia cardíaca y la respiratoria son indicadores de su homeostasis frente al estrés ambiental.

Comprender cómo la raza y el horario de afectan estas variables permite profundizar en el conocimiento sobre la termorregulación y la fisiología adaptativa de estas especies, contribuyendo al avance en áreas como la zootecnia, la biología animal y la fisiología comparativa.

1.5.2. Justificación práctica

En Oxapampa – Pasco, las variaciones climáticas y las prácticas ganaderas influyen directamente en el bienestar y productividad de los vacunos. Identificar

diferencias entre razas y horarios del día en las características del pelo y parámetros fisiológicos permitirá optimizar estrategias de manejo, como el horario de pastoreo y suplementación. Esto beneficiará a los productores al mejorar la salud y eficiencia productiva de los animales.

Adicionalmente, este conocimiento puede ser aplicado en la selección de razas más adaptadas a las condiciones locales, lo que es crucial para la sostenibilidad de los sistemas ganaderos de la región.

1.5.3. Justificación metodológica

El enfoque metodológico de esta investigación se basa en la medición precisa de variables fisiológicas y estructurales en diferentes razas y horarios del día, lo cual permite establecer relaciones causales entre estos factores y las respuestas observadas.

La selección de *Bos taurus* y *Bos indicus* como objeto de estudio responde a sus diferencias genéticas y adaptativas, mientras que la comparación entre horarios del día permite identificar patrones circadianos relevantes. Los resultados de este análisis contribuirán al diseño de futuros estudios más específicos en fisiología y genética aplicada al mejoramiento animal.

1.6. Limitaciones de la investigación

Se presentaron algunas limitaciones en la realización del presente trabajo de investigación como:

Condiciones previas de manejo, las diferencias en alimentación, acceso a sombra, hidratación y manejo previo de los animales generaron cierta variabilidad no controlada en los parámetros medidos.

Factores genéticos y de edad, las diferencias genéticas dentro de cada raza y la edad de los animales influyeron en las características evaluadas, dificultando la comparación directa entre razas si no se controlan adecuadamente.

Estrés por manipulación: Durante las mediciones, la manipulación de los vacunos generó cierto nivel de estrés que pudo alterar, en pequeña escala, parámetros fisiológicos clave como la frecuencia cardíaca y respiratoria, afectando parcialmente la validez de los registros. Para mitigar este efecto, se recomienda implementar estrategias de manejo orientadas a reducir el estrés animal, como la habituación previa, la manipulación cuidadosa y el uso de técnicas de contención menos invasivas.

Costos operativos, las limitaciones presupuestarias fueron limitantes en la cantidad de animales evaluados y la frecuencia de las mediciones.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Cruz *et al.* (2016), condujeron un estudio con la finalidad de evaluar parámetros fisiológicos, la características morfológicas del pelaje y las gradientes de temperatura en vacas cruzadas Holstein-Gyr, en Minas Gerais, Brasil, llegando a la conclusión que las vacas con más del 50% de Holstein mostraron una mayor tasa respiratoria y longitud de pelo en comparación con vacas con más de 50% de Zebú, mientras que con respecto a las características climáticas de la localidad examinada determinaron que estuvo dentro de la zona termo neutral y por lo tanto no imponen condiciones de estrés térmico.

Gebremedhin, (2012), indica que la capa de pelo de los animales juega un papel fundamental en el calor y la transferencia de humedad desde la superficie de la piel para el control de temperatura ambiente y el cuerpo circundante. Los endotermos interactúan con el ambiente térmico que afecta a su crecimiento, producción y reproducción potencial en la interface de la capa de pelo de piel.

El pelaje atrapa el aire para proporcionar aislamiento de frío, pero se convierte en un obstáculo para el enfriamiento evaporativo mediante la reducción de los

gradientes de velocidad y la humedad a través de la capa de la piel en condiciones calientes y húmedas, por tanto, la capa de pelo es uno de los factores más importantes que afecta la tasa de dispersión de calor del cuerpo con el medio ambiente (Gebremedhin *et al.*, 2008).

En Brasil, durante 2002 se realizó un trabajo a fin de evaluar la influencia de algunos recursos de climatización en la producción de leche y la termorregulación de vacas Holstein. Fueron utilizadas 10 primíparas y 17 multíparas distribuidas en ambientes con instalación controlada (ICO), instalación con nebulizador asociados a ventiladores (ICL) e instalación con tela de sombreamiento (IT), se realizaron mediciones de la producción de leche y el consumo individual diariamente, asimismo se registró la temperatura rectal (tres veces al día en tres animales de cada instalación), la temperatura de la superficie de la piel y la frecuencia respiratoria, llegando a la conclusión que las multíparas de las instalaciones climatizadas presentan frecuencia respiratoria y temperatura de la piel significativamente en relación a las multíparas de las demás instalaciones, mientras que las primíparas presentan frecuencias respiratorias y temperaturas rectales más alta que las multíparas (Martello *et al.*, 2004).

Da Silva *et al.*, (2003) midieron las características de pelaje de cinco razas de vacunos, Holstein, Nelore, Canchim, Fleckvieh y Brangus, tomando muestras de pelaje de la zona central del costillar a 20 cm debajo de la columna vertebral, en animales adultos, encontrando que animales de la raza Nelore y Holstein Roja tienen pelos con mayor profundidad y que son dos veces más gruesos comparadas con las otras razas; asimismo determinaron que las Brangus, Simental Blanco y Cranchim tienen pelos más largos (entre 17 a 20 mm), mientras que con respecto a la densidad y el diámetro de pelo, vacas Nelore tienen mayor densidad ($2,083 \text{ pelos/cm}^2$) y el diámetro más grueso

(54 μm). Ellos finalmente concluyeron que las diferencias de las propiedades del pelaje en función a profundidad, longitud y densidad eran grandes, pero que las diferencias en diámetro no fueron significativamente grandes.

Se ha estudiado el efecto del tipo de pelaje sobre la temperatura rectal, temperatura de la piel, tasa de respiración y consumo de alimento en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein y $\frac{1}{4}$ Senepol criado en confinamiento, durante el verano del 2000 en dos lugares de Florida (USA), comparando dos tipos de pelaje, el “slick” caracterizado por el pelo corto, liso y brillante y el “normal”; habiéndose encontrado que la temperatura rectal de los animales clasificados como “slick” fue de 0.34°C más bajo que los animales con pelaje normal, mientras que la tasa de respiración también fue de 12.4 respiraciones por minuto, resultando ser más bajo en vacas “slick” que en animales con pelaje normal (Olson *et al.*, 2002).

En un estudio sobre el efecto de color de pelaje sobre la termorregulación, realizado en el 2001, investigadores reportaron que cuando vacas Holstein fueron expuestas a la luz solar en forma directa, la temperatura de la superficie se incrementó en 4.8°C en Holstein negras y en 0.7°C en Holstein blancas, y también reportaron que la temperatura rectal se incrementó a una tasa de 0.7°C/h y 0.3°C/h para vacas negras y blancas respectivamente. Asimismo, al realizar mediciones de la tasa de sudoración encontraron que las vacas negras tenían una pérdida de calor por evaporación mayor que su contraparte las vacas blancas, concluyendo en dicho estudio que la provisión de cobertizos con sombra es crucial en vacas expuestas a radiación solar directa (Hillman *et al.*, 2001).

Silanikove (2000), en una revisión sobre los efectos del stress por calor, concluye que las temperaturas ambientales altas, radiación solar directa o indirecta y la humedad son factores ambientales estresantes que afectan a los animales. También

indica que el efecto más reconocido como depresión adaptativa de las tasas metabólicas es el incremento de la temperatura corporal con reducción del apetito.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Aspectos climáticos y producción animal

Las condiciones del tiempo y el clima en general influyen tanto en la producción animal y agronómica, sin embargo, hay muchas diferencias (algunas obvias y otras sutiles), en la forma como los animales y las plantas responden directa o indirectamente a ambientes determinados. Los problemas de la producción animal asociados con el clima van más allá del entendimiento de estos procesos y las variaciones de la capa atmosférica, de la cobertura del suelo y de la topografía, pues también se requiere el conocimiento de cómo los estresores ambientales potenciales (temperatura ambiental, humedad, radiación térmica y velocidad del viento) pueden directa y adversamente afectar la performance animal, la salud y el bienestar cuando las capacidades de los animales para mantener la homeostasis es excedida (Da Silva *et al.*, 2010).

Los elementos climáticos, tales como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, entre otros, interfieren significativamente en la productividad. Esa influencia es más intensa en animales genéticamente mejorados, y por tanto una producción óptima dependerá en gran parte de construcciones y del manejo adecuado que controlen los efectos provocados por el medio ambiente. Existen varios indicativos para caracterizar el ambiente en términos de confort y bienestar animal, entre los cuales están los índices de confort térmico, determinados en base a las variaciones de los valores de las variables climáticas (Nascimento *et al.*, 2013).

Los animales para tener una máxima productividad, dependen de un rango de temperatura adecuada llamada zona de confort térmico en la que no hay gasto de energía o actividad metabólica para abrigar o enfriar su cuerpo. Desde el punto de vista de

producción, este aspecto reviste de mucha importancia, por el hecho que, dentro de esos límites, los nutrientes ingeridos por los animales serán utilizados principalmente para su crecimiento y desarrollo. Los bovinos dependiendo de la raza y el nivel de producción poseen una zona que se considera óptima para su desempeño. Para las razas lecheras, una zona de confort representa una variación de temperatura ambiental entre 10 a 20°C en la cual la temperatura del cuerpo se mantiene constante con un mínimo de esfuerzo del sistema termorregulador. En una amplitud mayor de temperatura ambiental (5 a 25°C) conocida como zona termo neutral, los animales mantienen una homeotermia por medio de cambios de calor con el ambiente, utilizando mecanismos fisiológicos, metabólicos y de comportamiento (Nascimento *et al.*, 2013).

El estrés calórico es un importante factor que afecta negativamente sobre el rendimiento del ganado lechero y caracteres productivos, especialmente en climas cálidos o en periodos de veranos en diversas áreas del mundo (Pejman y Habib, 2012). Los efectos del estrés calórico son más pronunciados en animales con altas tasas metabólicas, incluyendo vacas lecheras en lactación Martello, (2006), en aquellos cuya genética deriva de zonas templadas. Estos animales son sensibles a las variaciones de la temperatura Cruz *et al.*, (2016), conllevando a cambios fisiológicos y de comportamiento que causa reducción de la producción de leche; por lo tanto, es importante proveer un confort térmico a las vacas lecheras a fin de asegurar su bienestar y óptimo rendimiento de producción (Igono *et al.*, 1992).

De otro lado, cuando la temperatura disminuye en invierno, particularmente a temperaturas cercanas a 0°C, es necesario pensar acerca del efecto que esto puede tener sobre la productividad y eficiencia de las vacas, pues como todos los mamíferos, las vacas son animales de sangre caliente y necesitan mantener una temperatura constante a nivel corporal, la cual se encuentra alrededor de 38°C. Sin embargo, las vacas, igual

que los humanos, realmente experimentan una “temperatura efectiva” en la cual se encuentran involucrados la temperatura del aire y el flujo del viento, pues cuando el viento frío pasa sobre la superficie caliente del animal, el calor se disipa más rápidamente. Sin embargo, a fin de contrarrestar mejor estos efectos el ganado vacuno responde de diferentes maneras, tales como el desarrollo de un pelaje más grueso (debiendo mantenerse dicha estructura limpio y seco para proveer máxima protección a la vaca), la formación de una grasa de cobertura y el incremento de la tasa metabólica que permita la producción de calor para así mantener la temperatura corporal, para lo cual usualmente se incrementa el apetito y las vacas comen más Tarr y Gain, (2009). Martello *et al* (2004), considera una franja de 4 a 24 °C como confortable para vacas en lactación, sin embargo, otros autores citan que esta franja puede restringirse a los límites de 7 a 21 °C, en razón a la humedad relativa y a la radiación solar. Más recientemente (Nascimento et al., (2013) han determinado que, para razas lecheras, la zona de confort representa una variación de temperatura ambiente de 10 a 20 °C, en la cual la temperatura del cuerpo es constante y la homeotermia es mantenida por intercambios térmicos. En ambientes donde las condiciones climáticas son adversas a las ideales, los animales accionan su sistema termorregulador para mantener su temperatura corporal, buscando disipar o adquirir calor, pero para que esto ocurra, habrá un gran gasto de energía, y ésta que antes era convertida en producción acaba siendo perdida por un proceso de “defensa” del organismo. El proceso de termorregulación es muchas veces iniciado, por el hecho de realizarse un manejo incorrecto de los animales de forma que sus necesidades térmicas básicas no son atendidas.

De otro lado la radiación solar afecta todos los aspectos del medioambiente de la tierra tanto directa como indirectamente. La radiación producida por el sol produce un amplio rango de longitudes de onda que alcanza a la tierra cuando son absorbidas o

reflejadas desde las superficies animadas e inanimadas. Longitudes de onda visual, ultravioleta e infrarroja y la intensidad solar son las principales variables medidas para evaluar sus efectos sobre el comportamiento, termorregulación y respuestas celulares de los organismos.

Cuando vacas, cabras y ovinos son expuestas al sol, ello experimenta cargas de calor más grandes que cuando ellos están en ambientes cerrados o cobertizos. Para algunas especies como el ganado vacuno, una alta radiación solar durante el verano produce una reducción en el crecimiento y las tasas reproductivas, causando una disminución en toda la productividad animal. Las vacas lecheras experimentan una disminución en la fertilidad cuando se encuentran bajo un estrés de calor, observándose más en verano que en invierno (Norris y Kunz, 2012).

2.2.2. Termorregulación y respuestas fisiológicas a los efectos de temperatura y humedad

Como ya se indicó anteriormente, los componentes climáticos tienen efecto sobre la producción animal y la reacción inmediata es observable en algunas constantes fisiológicas. Cambios en la tasa respiratoria y temperatura rectal están relacionados a la respuesta fisiológica al estrés Da Silva et al. (2010), y por tanto, éstos parámetros podrían ser usados en evaluar el confort termal y otras características de la cubierta externa del animal, específicamente aquellas propiedades relacionadas al grosor, estructura y aislamiento térmico termal y otras características de la cubierta externa del animal, específicamente aquellas propiedades relacionadas al grosor, estructura y aislamiento térmico.

Tradicionalmente, las comparaciones dentro de la misma raza de ganado vacuno a través de muchos países y medioambientes han mostrado grandes diferencias en el performance productivo y fisiológico; sin embargo el incremento de la producción de

leche, dando como resultado una mayor producción de calor, observado a partir de la última mitad del siglo anterior, junto con el mejoramiento genético de los rebaños en los países tropicales, indican la necesidad de una reevaluación de la relación entre el rendimiento de leche y la sensibilidad al estrés calórico (Da Silva *et al*, 2010).

El comportamiento fisiológico del animal durante la exposición a factores estresantes climáticos, han sido medidos por las variaciones en la temperatura corporal, frecuencia respiratoria y cardíaca. La sudoración también ha sido usada para evaluar la respuesta al estrés por calor en algunas especies como vacuno, ovino y caballos. Gebremedhin, *et.al* (2008) realizó mediciones de la tasa de sudoración en diferentes razas de vacas y terneras expuestas a ambientes calientes secos y húmedos, mediante un calorímetro portable, un evaporímetro bovino y adicionalmente con un evaporímetro, llegando a la conclusión que existen diferencias en la tasa de sudoración entre razas de vacunos, entre vacunos con capas de color negro y blanco, siendo afectado por cambios en la radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento, variando la tasa de sudoración entre 189 ± 84.6 y 522 ± 127.7 g/m²-h. También encontraron que existe una relación inversa entre la humedad relativa y la tasa de evaporación desde la superficie de la piel, pues cuando la humedad relativa es alta, la capa de la piel cercana a la superficie tiene más alta concentración de humedad (porque la velocidad del aire es baja) que capa de pelaje que se encuentra más lejos de la superficie de la piel donde la velocidad del aire es más alta, reduciéndose de este modo la gradiente de humedad entre la superficie de la piel y la capa del pelaje y consecuentemente reduciéndose la eficacia de enfriamiento evaporativo; considerando por lo tanto que el pelaje actúa como una barrera obstructiva para la tasa de evaporación desde la superficie de la piel.

2.2.3. Características del pelaje de vacas lecheras y el mantenimiento de la homeostasis

Las propiedades del pelaje determinan el ingreso de calor y los modelos de transferencia de masa, por lo tanto, es imperativo que las propiedades ópticas y físicas del pelaje sean adecuadamente caracterizadas. Asimismo, las propiedades del pelaje pueden proveer información de las razas de animales que son más fácilmente adaptables a un particular medioambiente.

Se ha encontrado que vacas con pelo corto, liso y brillante poseen una buena tolerancia al calor y son capaces de mantener una temperatura rectal de 0.5°C más bajo que aquellos animales no adaptados Olson *et al.*, (2002). También se ha demostrado que el pelo corto del ganado Senepol, designado como “slick”, está controlado por un gen mayor dominante, y que el ganado criollo y otras razas influenciadas por el criollo de América Central y América del Sur, incluyendo la Reyna de Nicaragua, el Criollo Limonero, el Carora de Venezuela, el chino.

Muchos investigadores han realizado mediciones de las propiedades físicas del pelaje de diferentes razas de vacas en varias circunstancias Da Silva et al., (2003). Ellos se enfocaron en la longitud, diámetro, profundidad, densidad y peso del pelaje, y aunque muchos usaron técnicas similares para la colección matricial de muestras, otros analizaron muestras de diferentes ubicaciones a lo largo de los animales (Jinsoo, 2013).

Hutchinson y Brown (1969), midieron las características físicas del pelaje de vacas Holstein Friesian de diferentes colores, considerando también la densidad y la forma de alineamiento del pelo en la piel. Ellos reportaron que vacas con color de pelaje marrón mostraron una mayor profundidad, peso y densidad que aquellas de color negro o blanco. Asimismo, indicaron que éstas tienen la capa de piel dos veces más gruesas que las blancas y siete veces más gruesas que las negras.

Asimismo, Da Silva *et al.*, (2003). Estudiaron las propiedades físicas del pelaje bajo varias circunstancias en 973 vacas Holstein y considerando factores como mes de muestreo, edad, origen y color de pelaje de la vaca, concluyendo que no existían variaciones significativas entre las observaciones hechas en diferentes meses, que la longitud del pelo fue más larga en marzo y abril, que la densidad del pelaje fue más alta en febrero y marzo y que el diámetro fue ligeramente más grueso en diciembre. También demostraron que las vacas de mayor edad tenían la piel y el pelo más grueso, y que las vacas de diferentes países (Brasil, Canadá y EEUU) no exhibían mucha diferencia en la profundidad y longitud de pelo, pero que las vacas de Brasil tenían el pelaje con menor densidad, mientras que el diámetro del pelo era más fino.

2.2.4. Temperatura corporal

La temperatura corporal en bovinos constituye un parámetro fisiológico clave, tanto clínico como productivo, al ser un indicador sensible del estado de salud, bienestar y eficiencia metabólica del ganado. Su medición sistemática permite detectar oportunamente procesos patológicos, episodios de estrés térmico, eventos reproductivos y otras alteraciones fisiológicas, favoreciendo la implementación de estrategias sanitarias y de manejo más eficaces en los sistemas de producción. En bovinos adultos sanos, el rango normal de temperatura rectal se encuentra entre 38,1 °C y 39,3 °C, mientras que las mediciones vaginales en vacas de carne y leche reportan valores muy consistentes, con promedios de $38,49 \pm 0,38$ °C y $38,53 \pm 0,42$ °C (Lees *et al.*, 2018).

a) Métodos de medición

- **Rectal y Vaginal**

Los métodos estándar para evaluar la temperatura corporal central en bovinos incluyen la medición rectal y vaginal. Estudios comparativos

demuestran que, aunque la temperatura vaginal presenta valores ligeramente inferiores (aproximadamente 0,22 °C menos que la medición rectal), exhibe una menor variabilidad intraindividual. Esta característica la convierte en un parámetro potencialmente más confiable para el monitoreo continuo, particularmente en sistemas de pastoreo donde la accesibilidad a los animales puede ser limitada (Wrenn *et al.*, 1958).

- **Termografía infrarroja y microchips**

Giro *et al.*, (2019) indican que, la termografía se presenta como un método no invasivo y preciso para evaluar la temperatura corporal interna en el ganado. Sin embargo, es importante considerar que las mediciones realizadas en zonas superficiales como orejas u ojos muestran mayor sensibilidad a factores ambientales externos, lo que puede afectar su exactitud.

- **Sensores remotos**

Los sistemas de monitoreo remoto presentan una elevada concordancia con los métodos tradicionales de medición térmica, ofreciendo una alternativa eficaz para evaluar la temperatura corporal sin generar estrés en los animales (Cheek *et al.*, 2024).

2.2.5. Frecuencia respiratoria

La frecuencia respiratoria (FR) constituye un parámetro fisiológico altamente sensible para evaluar el estrés térmico y detectar afecciones respiratorias en el ganado. Su medición sistemática permite identificar ejemplares con mayor adaptabilidad climática, contribuyendo así a programas de selección genética orientados a mejorar la resiliencia animal y optimizar el bienestar del rebaño (Habibu *et al.*, 2019).

En el ganado lechero, la frecuencia respiratoria (FR) presenta una notable variabilidad fisiológica, con rangos reportados desde 16 hasta 185 respiraciones por

minuto. Los valores de referencia convencionales (20-50 respiraciones/minuto) podrían no reflejar adecuadamente los parámetros reales durante episodios de estrés térmico o condiciones ambientales adversas (Tresoldi *et al.*, 2025).

2.2.6. Frecuencia cardíaca y pulso

En la práctica veterinaria y zootécnica, el monitoreo de los parámetros cardiovasculares (frecuencia cardíaca y características del pulso) constituye una herramienta diagnóstica valiosa para detectar desviaciones del estado fisiológico normal, incluyendo respuestas a estrés térmico, enfermedades sistémicas o alteraciones en el metabolismo energético. En vacas adultas en reposo, la frecuencia cardíaca promedio suele oscilar entre 60 y 80 latidos por minuto (lpm) mientras que factores como el estrés, la manipulación, el ejercicio o situaciones de ansiedad pueden elevar la frecuencia cardíaca hasta 86 lpm o incluso superar los 160 lpm en situaciones extremas de enfrentamiento o miedo. (Brosh *et al.*, 1998).

2.3. Definición de términos básicos

- **Densidad**, relación entre la masa y el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de otra sustancia tomada como patrón.
- ***Bos indicus***, también conocido como ganado cebú, es más popular entre los países del trópico en los cuales se ha procedido a realizar cruces de animales *Bos indicus* con animales criollos o *Bos taurus*. Algunas de las razas más representativas de esta especie son: Brahman, Nelore, Guzerat, Gyr, Indubrasil.
- ***Bos taurus***, son razas originarias de Europa reconocidas en todo el mundo por sus altos rendimientos cárnicos y la precocidad de sus crías. Entre las razas representativas de la especie *Bos Taurus* están: Aberdeen Angus, Limousin, Hereford, Shorthorn, Charolaise, Romagnola, Chianina, Jersey, Pardo Suizo y entre otros.

- **Anatómicas**, permite nombrar al análisis de la conformación, el estado y los vínculos de los distintos sectores del cuerpo del ser humano y de otros seres vivientes.
- **Homeostasis**, es el equilibrio en un medio interno, como por ejemplo nuestro cuerpo. El organismo realiza respuestas adaptativas con el fin de mantener la salud. Los mecanismos homeostáticos actúan mediante procesos de retroalimentación y control.
- **Variaciones**, es la primera magnitud que define el potencial evolutivo de una población. Sin variación no hay evolución. Aunque el grado de variación existente en una población puede venir determinado por la selección natural, la variación es un principio explicativo por sí misma.
- **Temperatura**, es una magnitud referida a la noción de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica.
- **Termoregulacion**, se refiere a los mecanismos fisiológicos y conductuales que emplean los animales para mantener su temperatura corporal dentro de un rango óptimo, asegurando el funcionamiento metabólico, la salud y el rendimiento productivo (carne, leche, huevos, trabajo, etc.).
- **Pulso**, corresponde a la manifestación palpable del ciclo cardíaco en los vasos periféricos (ej. arteria femoral, facial o digital, según especie), permitiendo evaluar tres componentes clave: frecuencia, ritmo y características de la onda pulsátil.
- **Pelo**, es un apéndice filamentoso queratinizado que forma la cubierta externa (pelaje) en mamíferos, con funciones clave en termorregulación, protección y

adaptación ambiental. En zootecnia, su estudio es relevante para el manejo productivo, bienestar animal y mejoramiento genético.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La raza y el horario de medición tiene influencia en las características del pelo y homeostasis de vacunos *Bos tauros* y *Bos indicus* en Oxapampa – Pasco.

2.4.2. Hipótesis específicas

HE1: La raza y el horario de medición influye en las características del pelo de vacunos *Bos tauros* y *Bos indicus* en Oxapampa – Pasco.

HE2: La raza y el horario de medición tienen efecto en las homeostasis de vacunos *Bos tauros* y *Bos indicus* en Oxapampa – Pasco.

2.5. Identificación de variables

Se evaluaron las siguientes variables:

2.5.1. Variable Independiente

Raza de vacuno y horario de medición; que se midió a través de las sub variable:

- ✓ Razas de vacunos
- ✓ Horario de medición.

2.5.2. Variable Dependiente

Características del pelo y la homeostasis de vacunos; que se midió a través de las sub variables:

Características del pelo:

- ✓ Densidad de pelo
- ✓ Diámetro de pelo
- ✓ Peso de pelo,

- ✓ Longitud de pelo

la homeostasis de vacunos:

- ✓ Frecuencia cardiaca
- ✓ Frecuencia respiratoria
- ✓ Temperatura rectal
- ✓ Temperatura de la piel

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

2.6.1. Sistema de variables e indicadores

En la tesis, la variable independiente “Raza de vacuno y horario de de medición”. De igual manera, la variable dependiente “Características del pelo y la homeostasis de vacunos”.

2.6.2. Esquema del sistema de variables e indicadores

A continuación, se presentan las variables que intervienen en el problema general de investigación, así como los indicadores y factores que se usan para la medición de dichas variables:

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable		Dimensión	Indicador	Escala	Instrumento de Medición
Variables Independiente	Raza	N/A	Holstein, Brown Swiss, Jersey Brahman, Gris Brahman Rojo, Gyr Lechero y Senepol.	Nominal	Registro de datos
	Horario de de medición	Temporal	Mañana, tarde y noche	Nominal	Registro de datos
Variable dependiente (Característica del pelo y homeostasis del vacuno)	Densidad de pelo	Cantidad por unidad de área	N/A	Razón (pelo/cm ²)	Lupa de conteo (cuadrícula)
	Diámetro de pelo	Longitud.	N/A	Razón (μm)	Micrómetro digital
	Peso de pelo	Masa.	N/A	Razón (mg/cm ²)	Balanza analítica de precisión
	Longitud de pelo	Longitud.	N/A	Razón (mm)	Rgla calibrada
	Frecuencia cardíaca	Respuesta cardiovascular	Latidos por minuto (lpm)	Razón (lpm)	Estetoscopio/monitor cardíaco digital
	Frecuencia respiratoria	Respuesta respiratoria	Respiraciones por minuto (rpm)	Razón (rpm)	Visualización directa/monitor respiratorio
	Temperatura rectal	Regulación térmica interna	Grados Celsius (°C)	Razón (°C)	Termómetro digital rectal
	Temperatura de la piel	Regulación térmica superficial	Grados Celsius (°C)	Razón (°C)	Termómetro infrarrojo/superficial

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo cuantitativo, ya que se basa en la medición objetiva de variables fenotípicas y fisiológicas relacionadas con la homeostasis en bovinos *Bos taurus* y *Bos indicus*. Los datos obtenidos serán analizados mediante procedimientos estadísticos para comparar el comportamiento de las razas evaluadas e identificar la influencia de las características del pelaje sobre los mecanismos de adaptación fisiológica frente a las condiciones ambientales de Oxapampa, Pasco.

3.2. Nivel de investigación

La investigación corresponde a un nivel explicativo, puesto que busca identificar y explicar la relación causal entre las características fenotípicas del pelaje y los mecanismos de homeostasis en bovinos *Bos taurus* y *Bos indicus*. Para ello, se evaluará la respuesta fisiológica de los animales frente a las condiciones ambientales predominantes en Oxapampa, considerando variables fenotípicas, fisiológicas y ambientales que permitan comprender los procesos de adaptación al estrés térmico. Este enfoque permitirá generar evidencia científica sobre el papel del pelaje como un factor

asociado a la capacidad de regulación térmica y adaptación de los bovinos en sistemas de producción tropicales.

3.2.1. Lugar y fecha de estudio

El trabajo de tesis se realizó en Centro de Investigación de Estudios y Transferencia Tecnológica – CIETT – Peñaflor, Oxapampa, de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, entre abril a setiembre del 2024.

3.3. Método de investigación

3.3.1. Selección de animales

- ✓ **Raza:** Se seleccionaron vacunos de 07 razas (Holstein, Brown Swiss, Jersey, Senepol, Gyr Lechero, Brahmán Gris y Brahmán Rojo).
- ✓ **Número de animales:** El tamaño muestral fue de 14 animales.

3.3.2. Horario de medición

Se definieron tres momentos específicos: mañana (6:00-8:00 a.m.), tarde (12:00-2:00 p.m.), y noche (6:00-8:00 p.m.) para estimar variaciones diarias.

3.3.3. Datos ambientales de la Investigación

El estudio se realizó en el Centro de Investigación de Peñaflor de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC), distrito de Oxapampa, Pasco, caracterizado por un clima templado-húmedo y una temperatura media anual de 14,6 °C. Según registros climáticos, en octubre la temperatura varía entre 14 y 24 °C (Weatherspark), mientras que reportes recientes indican rangos de 13 a 22 °C y humedades relativas de 70–90 % (The Weather Channel).

Con base en estas condiciones se estimó el Índice de Temperatura-Humedad (THI), parámetro empleado para valorar la carga térmica en bovinos, aplicando la fórmula propuesta por SciELO Perú:

$$THI = 0.8 T \frac{RH}{100} (T - 14.4) + 46.4$$

Donde: T es la temperatura (°C) y RH la humedad relativa (%). Para condiciones representativas del centro (20 °C y 72 % RH), el cálculo arrojó un THI de 66.4, valor que corresponde a confort térmico para bovinos. En consecuencia, las condiciones ambientales de Oxapampa no generan estrés calórico crítico, aunque se recomienda un monitoreo permanente en épocas de mayor temperatura y humedad.

3.3.4. Medición de las variables dependientes

a) Características del pelo:

- ✓ **Densidad de pelo:** Se tomó una muestra de 1 cm² de la piel en la región dorsal utilizando un cortador especializado. El conteo de pelos se realizó bajo un microscopio.
- ✓ **Diámetro de pelo:** Se seleccionaron 10 pelos por muestra y se midió su diámetro promedio con un micrómetro.
- ✓ **Peso de pelo:** Los pelos extraídos se pesaron en una balanza analítica de alta precisión.
- ✓ **Longitud de pelo:** Se midió con un calibrador milimétrico o una regla graduada antes de procesar la muestra.

b) Indicadores de homeostasis:

- ✓ **Frecuencia cardíaca:** Registrada con estetoscopio o monitor de frecuencia colocado en la región torácica.
- ✓ **Frecuencia respiratoria:** Se registró contando el número de movimientos torácicos en un minuto.
- ✓ **Temperatura rectal:** Se utilizó un termómetro digital veterinario insertado en el recto.

- ✓ **Temperatura de la piel:** Se midió con un termómetro infrarrojo colocado sobre la superficie de la piel en puntos específicos (por ejemplo, flanco o cuello).

3.3.5. Recolección de datos

La recolección de datos se efectuó bajo las condiciones ambientales propias de la provincia de Oxapampa, respetando los horarios de evaluación previamente establecidos. En cada jornada de muestreo se registraron las variables ambientales, incluyendo temperatura del aire, humedad relativa y demás condiciones climáticas relevantes, a fin de facilitar la interpretación de los indicadores fisiológicos de homeostasis y de las características fenotípicas del pelaje.

3.3.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron organizados en Microsoft Excel y posteriormente analizados mediante el software estadístico InfoStat. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los efectos de la raza, el horario de medición y su interacción sobre las características fenotípicas del pelaje y los indicadores fisiológicos de homeostasis. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$), las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia. Previamente, se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para garantizar la validez de los análisis.

3.3.7. Control ético

La investigación se desarrolló respetando los principios internacionales de bienestar animal aplicables a la investigación científica. Todas las evaluaciones se realizaron mediante procedimientos no invasivos, minimizando el estrés y cualquier riesgo para los animales durante la toma de muestras y mediciones fisiológicas.

Asimismo, el estudio se ejecutó conforme a las normas institucionales vigentes y a los principios establecidos por la Organización Mundial de Sanidad Animal (WOAH).

3.4. Diseño de investigación

El estudio se desarrolló bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), donde el factor principal correspondió a las razas bovinas evaluadas y los bloques estuvieron constituidos por los horarios de medición (mañana, tarde y noche), con el propósito de controlar la variabilidad asociada a las condiciones ambientales durante el día.

Los tratamientos estuvieron representados por las siete razas bovinas evaluadas, mientras que las unidades experimentales correspondieron a los animales seleccionados. Cada animal fue evaluado en los tres horarios establecidos.

El modelo estadístico fue el siguiente: $Y_{ij} = \mu + R_i + T_j + e_{ij}$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado de la k-ésima muestra o repetición, correspondiente al j-ésimo horario de medición dentro de la i-ésima raza.

μ = Media general.

R_i = Efecto de la i-ésima raza de vaca.

T_j = Efecto del j-ésimo tiempo u horario de medición.

e_{ij} = Valor residual debido a la k-ésima muestra o repetición en la j-ésima medida de la i-ésima raza de vaca.

Asimismo, se empleará la prueba de significación de tukey (0.05 de error) para evaluar las diferentes variables en estudio.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estuvo conformada por los bovinos existentes en el distrito de Oxapampa, provincia de Oxapampa, región Pasco, pertenecientes a las diferentes razas explotadas en la zona. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2012), esta población asciende aproximadamente a 5 892 bovinos.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo integrada por 14 bovinos, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por criterios de inclusión. Se evaluaron dos animales representativos de cada una de las siete razas estudiadas (Holstein, Brown Swiss, Jersey, Senepol, Gyr Lechero, Brahmán Gris y Brahmán Rojo).

Los animales tenían entre 2 y 5 años de edad, se encontraban clínicamente sanos, en condiciones fisiológicas similares y bajo un manejo homogéneo, con el fin de reducir la variabilidad experimental.

El tamaño muestral respondió a la disponibilidad de animales que cumplían los criterios de inclusión y a las condiciones operativas del estudio. No obstante, el diseño experimental permitió obtener información confiable para comparar las variables fisiológicas y fenotípicas evaluadas bajo condiciones reales de campo.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La información fue registrada directamente durante las evaluaciones de campo utilizando fichas de registro previamente diseñadas para el estudio. Posteriormente, los datos fueron digitalizados en una base de datos electrónica para su procesamiento y análisis estadístico.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Los instrumentos de recolección fueron seleccionados de acuerdo con las variables establecidas en el diseño metodológico y permitieron registrar de forma estandarizada las mediciones fenotípicas y fisiológicas de los animales.

Tabla 2. *Técnicas e instrumentos de la investigación*

Técnicas	Instrumentos
Evaluación de registros	Registro digital de datos de campo

La consistencia de los datos obtenidos fue evaluada mediante procedimientos de control de calidad durante el trabajo de campo. Asimismo, el comportamiento de las variables fue analizado mediante el coeficiente de variación (CV), como indicador de precisión experimental.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos fueron codificados y organizados en Microsoft Excel para posteriormente ser analizados mediante el software estadístico InfoStat. Se calcularon estadísticas descriptivas (media, desviación estándar y coeficiente de variación) y se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), complementado con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p < 0.05$), con el propósito de contrastar las hipótesis planteadas e interpretar las diferencias entre tratamientos.

3.9. Tratamiento estadístico

Los tratamientos y bloques en estudio estarán constituidos por diferentes factores de estudio, que a continuación se detallan:

Razas de vacunos (Factor Raza):

- R_1 = Holstein
- R_2 = Brown Swiss
- R_3 = Jersey

- R₄ = Senepol
- R₅ = Gyr Lechero
- R₆ = Brahmán Gris
- R₇ = Brahmán Rojo

Horario de medida o toma de muestra (Factor horario)

- H₁ = Mañana
- H₂ = Tarde
- H₃ = Noche

Muestras o repeticiones:

- 1 = Vaca 1
- 2 = Vaca 2

Tabla 3. Croquis del experiment

	Horario (tiempo)		
Razas de vacas	H ₁	H ₂	H ₃
R ₁	R ₁ H ₁	R ₁ H ₂	R ₁ H ₃
R ₂	R ₂ H ₁	R ₂ H ₂	R ₂ H ₃
R ₃	R ₃ H ₁	R ₃ H ₂	R ₃ H ₃
R ₄	R ₄ H ₁	R ₄ H ₂	R ₄ H ₃
R ₅	R ₅ H ₁	R ₅ H ₂	R ₅ H ₃
R ₆	R ₆ H ₁	R ₆ H ₂	R ₆ H ₃
R ₇	R ₇ H ₁	R ₇ H ₂	R ₇ H ₃

R₁ = Holstein, R₂ = Brown Swiss, R₃ = Jersey, R₄ = Senepol, R₅ = Gyr Lechero, R₆ = Brahmán Gris, R₇ = Brahmán Rojo, H₁ = Mañana, H₂ = Tarde, H₃ = Noche.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La investigación se desarrolló respetando los principios de bienestar animal y las normas éticas aplicables a la investigación científica, garantizando procedimientos no invasivos y minimizando el estrés durante las evaluaciones.

Desde la perspectiva filosófica, el estudio se sustentó en el paradigma positivista, orientado a la obtención de conocimiento objetivo mediante la observación y medición de variables cuantificables.

En el ámbito epistemológico, se adoptó un enfoque empírico-analítico de naturaleza cuantitativa, basado en la contrastación de hipótesis mediante técnicas estadísticas para generar evidencia científica sobre la relación entre las características del pelaje y la homeostasis en bovinos.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Para la característica del pelaje

a) Densidad del pelo (pelos/cm²):

La densidad del pelo se cuantificó automáticamente a partir de fotografías digitales de la piel rasurada de los animales vivos. El análisis se realizó mediante un algoritmo desarrollado según el procedimiento descrito por Quispe *et al.* (2017).

b) Diámetro del pelo (μm):

El diámetro del pelo se determinó a través del análisis de imágenes digitales, empleando la metodología descrita por Quispe *et al.* (2017).

c) Peso del pelo (mg/cm²):

El peso del pelo se obtuvo pesando muestras de pelo esquilado de un área específica, de acuerdo con la técnica descrita por Hillman, Gebremedhin, Brown-Brandl y Lee (2005).

d) Longitud del pelo (mm):

La longitud del pelo se midió utilizando una regla metálica milimetrada, siguiendo la técnica descrita por Udo (1978).

4.1.2. Homeostasis del animal

La homeostasis se evaluó mediante la medición de tres constantes fisiológicas: frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura rectal. Estas mediciones se realizaron semanalmente en diferentes momentos del día (mañana, mediodía y noche). Adicionalmente, la temperatura y la humedad relativa se registraron diariamente para complementar el análisis.

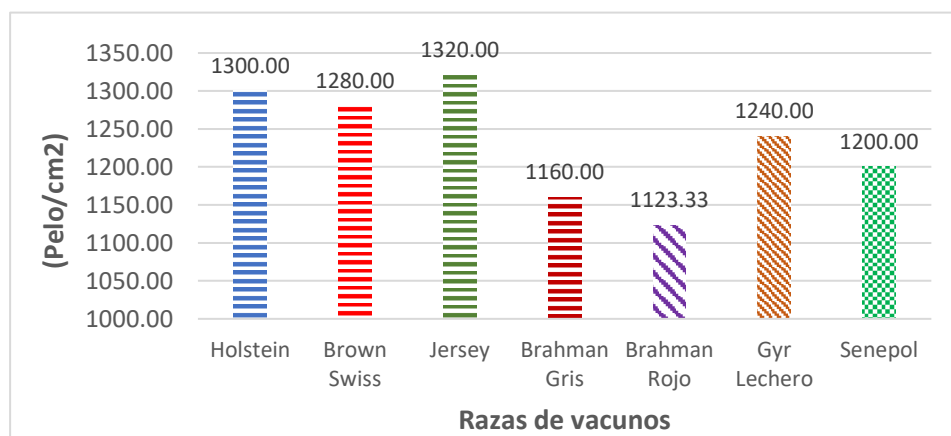
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Para la característica de pelaje

a) Densidad de pelo (pelo/cm²)

El Gráfico 1 presenta la densidad de pelo (pelos/cm²) por raza en bovinos, incluyendo promedios y desviaciones estándar. La raza Jersey muestra la mayor densidad (1320 pelos/cm²), mientras que Brahman Rojo registra la menor densidad (1123.33 pelos/cm²).

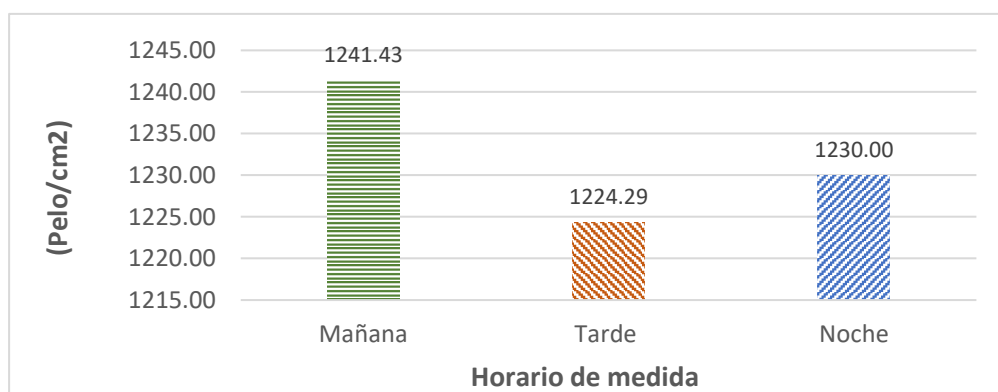
Gráfico 1. Densidad de pelo (Pelo/cm²) por raza de vacunos.



Holstein, Brown Swiss y Gyr Lechero exhiben densidades intermedias. En general, las razas lecheras destacan por una mayor densidad de pelo en comparación con las razas cárnicas o de doble propósito, posiblemente debido a su adaptación térmica o a las condiciones de manejo en zonas de trópico alto como Oxapampa.

El Gráfico 2 muestra la densidad de pelo (pelos/cm²) en bovinos según el horario de: mañana, tarde y noche. En promedio, la densidad es ligeramente mayor en la mañana (1241.43±74.71 pelos/cm²), disminuye en la tarde (1224.29±73.45 pelos/cm²) y se mantiene intermedia por la noche (1230±73.71 pelos/cm²). Estos resultados indican que las fluctuaciones en la densidad de pelo a lo largo del día son mínimas.

Gráfico 2. Densidad de pelo (Pelo/cm²) por horario de medida.

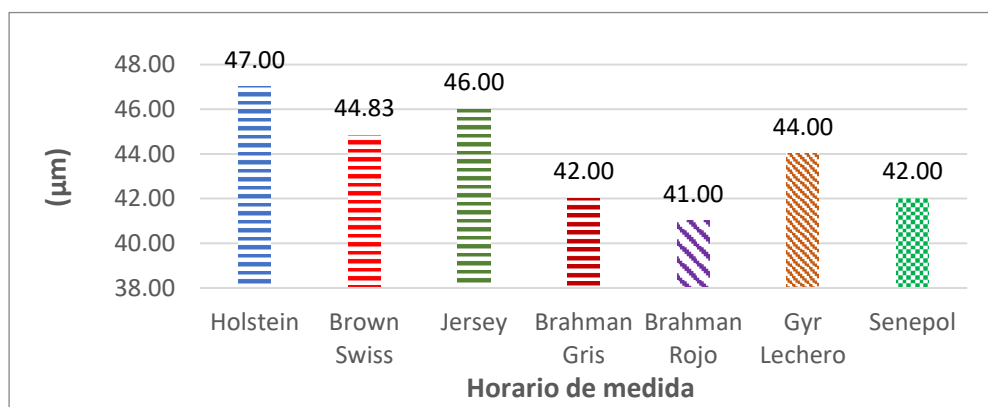


b) Diámetro de pelo (μm).

El Gráfico 3 muestra los diámetros promedio de pelo (μm) en razas de ganado. Holstein destaca con el mayor promedio (47.00 μm), asociado a adaptaciones genéticas para climas templados. Le siguen Jersey (46.00 μm) y Brown Swiss (44.83 μm), con diámetros ligeramente menores. En contraste, Brahman Gris y Senepol registran 42.00 μm, y Brahman Rojo el menor (41.00 μm), indicando adaptación al calor y mayor eficiencia en

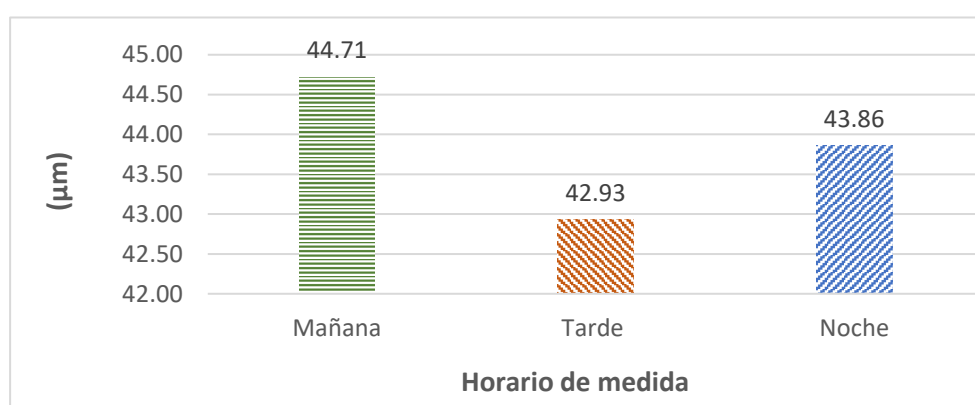
disipación térmica. Gyr Lechero (44.00 μm) combina características de razas lecheras y tropicales. Estas diferencias reflejan influencia del origen, función productiva y adaptación climática.

Gráfico 3. *Diámetro de pelo (μm) por raza de vacunos.*



El Gráfico 4 muestra los diámetros promedio de pelo (μm) por horario de medición. El mayor promedio se registra en la mañana (44.71 μm), seguido de la noche (43.86 μm) y la tarde (42.93 μm), lo que sugiere un posible efecto del horario en las características del pelo, el mismo que está asociado a factores ambientales o fisiológicos.

Gráfico 4. *Diámetro de pelo (μm) por horario de medida.*

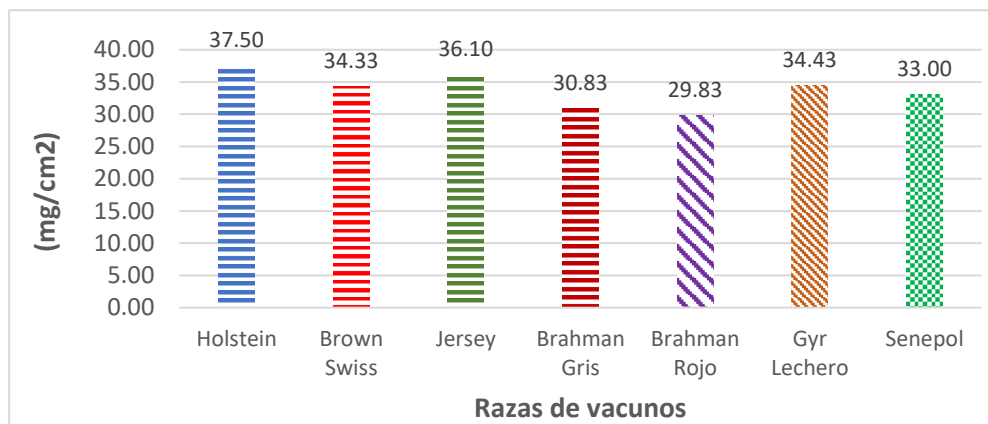


c) **Peso de pelo (mg/cm^2)**

El gráfico 5 indica que la raza Holstein presentó el mayor peso promedio de pelo (37.50 mg/cm^2), seguida por Jersey (36.10 mg/cm^2) y Gyr

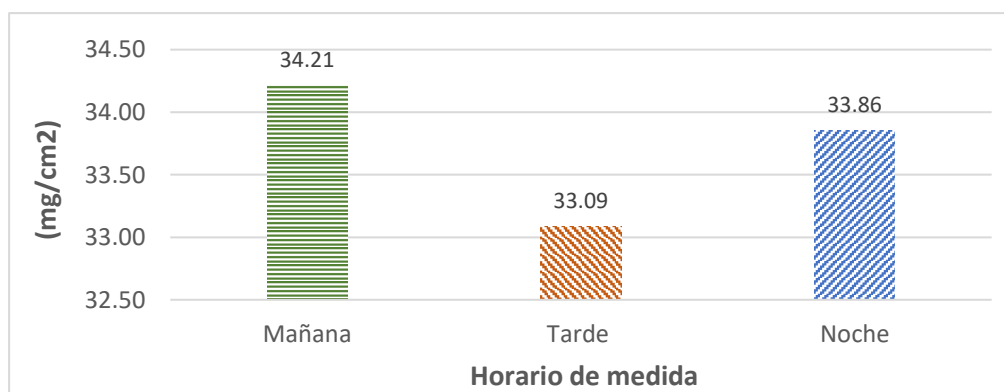
Lechero (34.43 mg/cm²), lo que podría estar relacionado con su adaptación a climas templados. En contraste, las razas Brahman Gris (30.83 mg/cm²) y Brahman Rojo (29.83 mg/cm²) mostraron los valores más bajos, característicos de razas adaptadas a climas cálidos con menor densidad capilar. Las demás razas se ubicaron en rangos intermedios, reflejando una influencia combinada de factores genéticos y climáticos sobre el peso del pelo.

Gráfico 5. *Peso de pelo (mg/cm²) por raza de vacunos.*



El gráfico 6 muestra que el peso de pelo fue mayor en la mañana (34.21 mg/cm²), disminuyó durante la tarde (33.09 mg/cm²) y aumentó ligeramente por la noche (33.86 mg/cm²). Estas variaciones parecen estar asociadas a los cambios diarios en temperatura y humedad, los cuales afectan la densidad capilar.

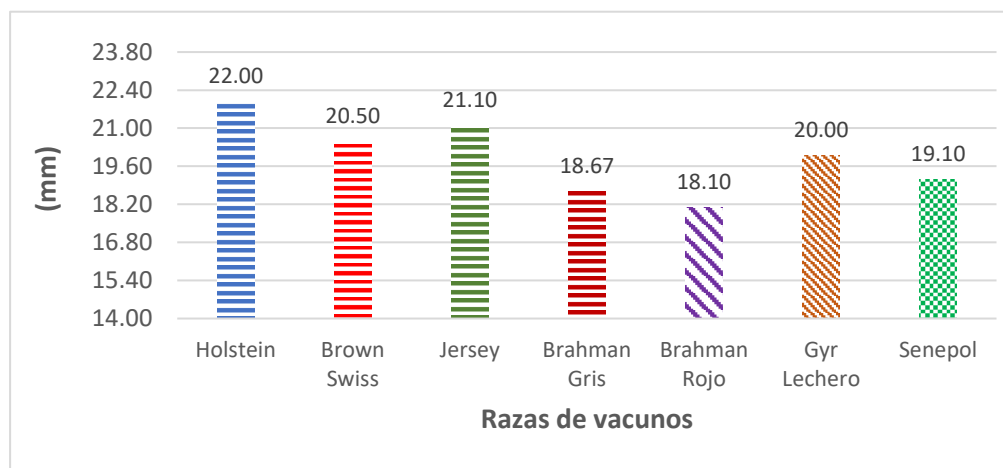
Gráfico 6 *Peso de pelo (mg/cm²) por horario de medida.*



d) Longitud de pelo (mm)

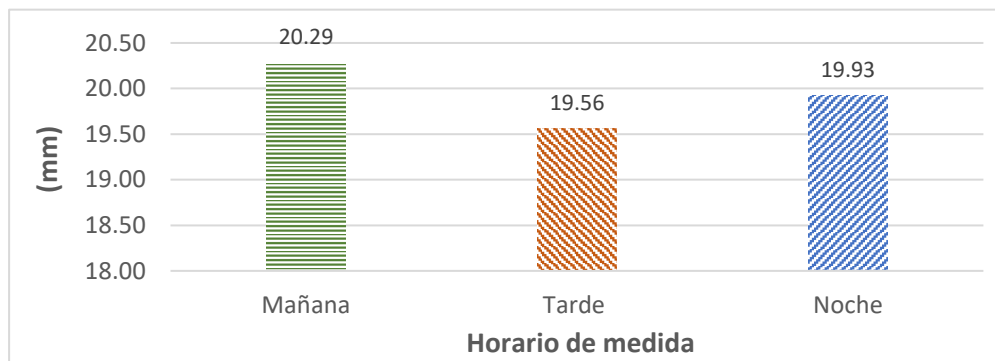
El gráfico 7 muestra que la raza Holstein registró el mayor peso promedio de pelo (22.00 mg/cm^2), seguida de Jersey (21.10 mg/cm^2) y Brown Swiss (20.50 mg/cm^2), lo que refleja su mayor densidad capilar, posiblemente vinculada a su adaptación a climas templados. En contraste, las razas Brahman Gris (18.67 mg/cm^2) y Brahman Rojo (18.10 mg/cm^2) presentaron los valores más bajos, evidenciando su adaptación a climas cálidos. Las demás razas, como Gyr Lechero (20.00 mg/cm^2) y Senepol (19.10 mg/cm^2), se ubicaron en valores intermedios.

Gráfico 7. Longitud de pelo (mm) por raza de vacunos.



El gráfico 8 indica que el peso del pelo fue mayor en la mañana (20.29 mg/cm^2), disminuyó en la tarde (19.56 mg/cm^2) y presentó un leve aumento por la noche (19.93 mg/cm^2). Estas variaciones podrían estar relacionadas con fluctuaciones diarias de temperatura y humedad. Aunque se observaron diferencias entre los horarios, la baja desviación estándar refleja una tendencia uniforme entre las razas analizadas.

Gráfico 8. Longitud de pelo (mm) por horario de medida.

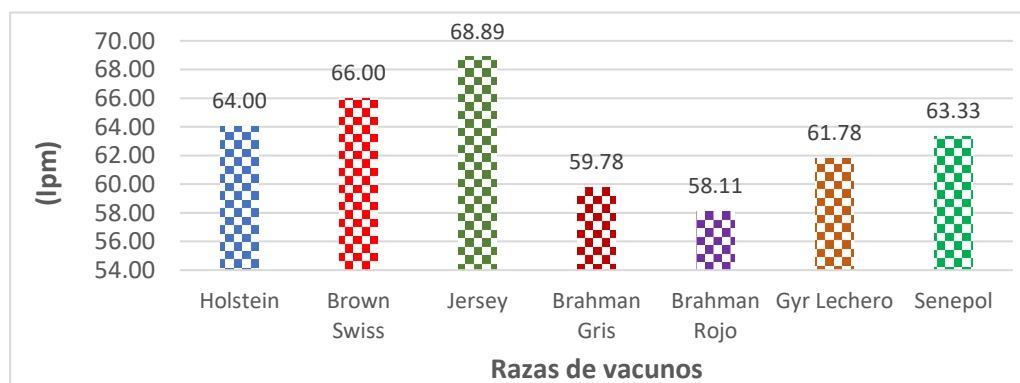


4.2.2. Para la homeostasis del vacuno

a) Frecuencia cardíaca (lpm).

El gráfico 9 muestra que la raza Jersey presentó la mayor frecuencia cardíaca promedio (68.89 lpm), seguida por Brown Swiss (66.00 lpm) y Holstein (64.00 lpm), posiblemente debido a su mayor actividad metabólica y adaptación a climas templados. En contraste, las razas Brahman Rojo (58.11 lpm) y Brahman Gris (59.78 lpm) mostraron los valores más bajos, reflejando su eficiencia fisiológica y adaptación a climas cálidos. Razas como Gyr Lechero (61.78 lpm) y Senepol (63.33 lpm) presentaron valores intermedios, destacando su equilibrio adaptativo.

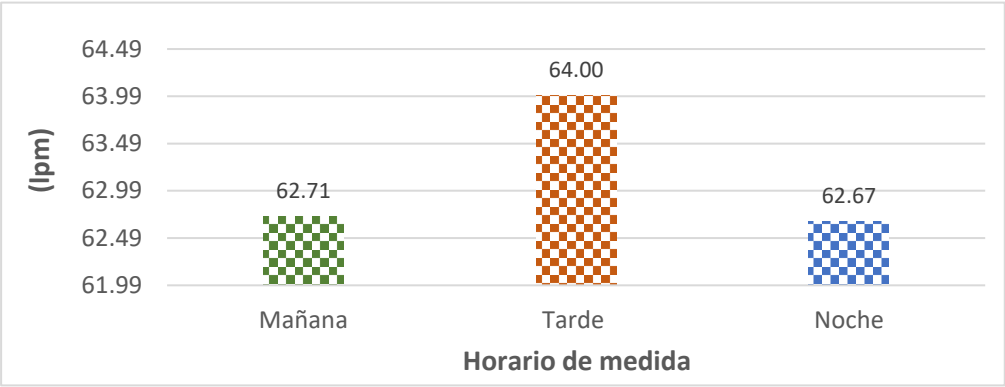
Gráfico 9. Frecuencia cardíaca (lpm) por raza de vacuno.



El gráfico 10 indica que la frecuencia cardíaca fue ligeramente mayor durante la tarde (64.00 lpm), disminuyendo en la mañana (62.71 lpm) y la

noche (62.67 lpm). Estas variaciones pueden estar relacionadas con cambios diarios en temperatura y humedad ambiental. A pesar de las fluctuaciones horarias, los promedios permanecieron relativamente consistentes entre las razas, mostrando estabilidad fisiológica general.

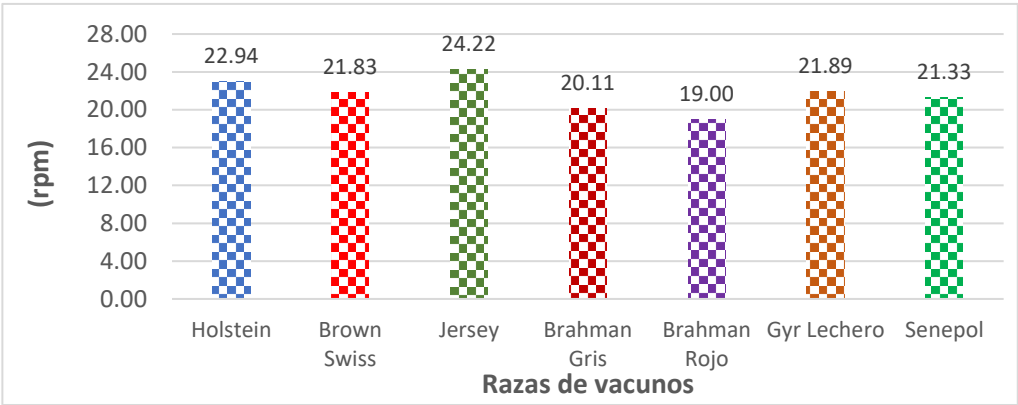
Gráfico 10. Frecuencia cardiaca (lpm) por horario de medida.



b) Frecuencia respiratoria (rpm).

El gráfico 11 muestra que la raza Jersey presentó la mayor frecuencia respiratoria promedio (24.22 rpm), seguida de Holstein (22.94 rpm) y Brown Swiss (21.83 rpm), lo que podría reflejar una mayor sensibilidad a condiciones climáticas templadas.

Gráfico 11. Frecuencia respiratoria (rpm) por raza de vacuno.

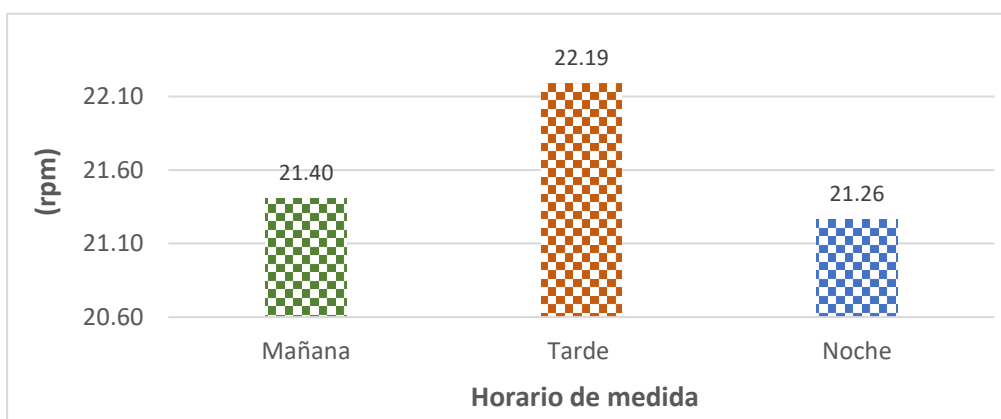


En contraste, Brahman Rojo (19.00 rpm) y Brahman Gris (20.11 rpm) presentaron los valores más bajos, destacando su mejor adaptación a climas

cálidos. Razas intermedias como Gyr Lechero (21.89 rpm) y Senepol (21.33 rpm) mostraron estabilidad respiratoria.

El gráfico 12 revela que la frecuencia respiratoria fue mayor en la tarde (22.19 rpm), seguida de la noche (21.26 rpm) y la mañana (21.40 rpm). Estas variaciones podrían estar influenciadas por fluctuaciones diurnas de temperatura y humedad. A pesar de las diferencias horarias, los promedios mostraron una relativa consistencia entre las razas, indicando un adecuado manejo fisiológico en las condiciones evaluadas.

Gráfico 12. Frecuencia respiratoria (rpm) por horario de medida.

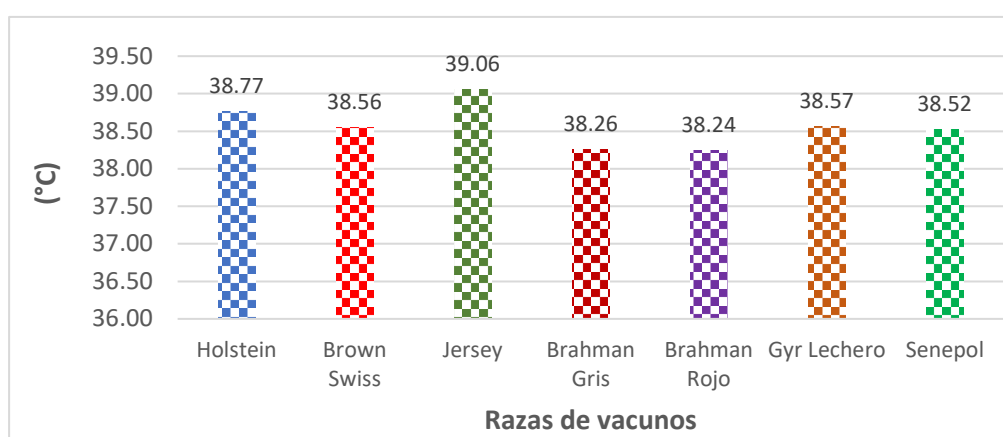


c) Temperatura rectal (°C).

El gráfico 13 muestra que la raza Jersey presentó la mayor temperatura rectal promedio (39.06 °C), seguida de Holstein (38.77 °C) y Gyr Lechero (38.57 °C), lo que podría estar relacionado con una mayor actividad metabólica.

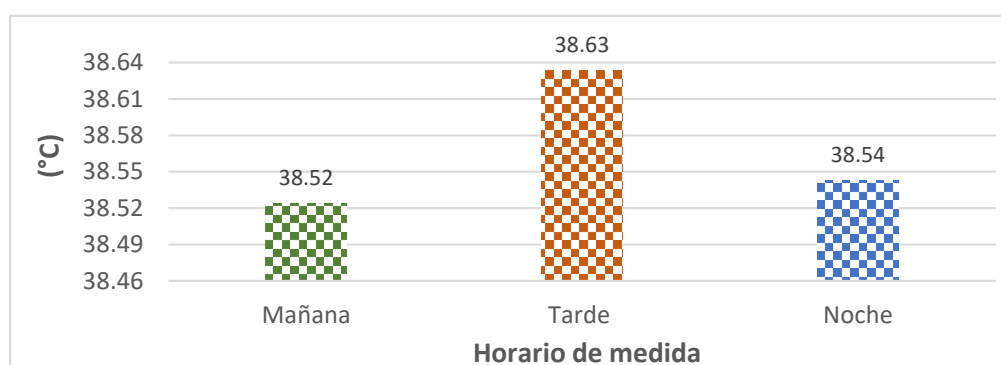
En contraste, Brahman Gris (38.26 °C) y Brahman Rojo (38.24 °C) registraron los valores más bajos, reflejando su adaptación a climas cálidos. Razas como Brown Swiss (38.56 °C) y Senepol (38.52 °C) mostraron valores intermedios, destacando su estabilidad térmica.

Gráfico 13. Temperatura rectal (°C) por raza de vacuno.



El gráfico 14 evidencia que la temperatura rectal fue ligeramente mayor en la tarde (38.63 °C), seguida de la noche (38.54 °C) y la mañana (38.52 °C). Estas variaciones horarias podrían estar influenciadas por cambios en la temperatura ambiental y la actividad diaria de los animales. Sin embargo, las diferencias fueron mínimas, indicando una adecuada regulación térmica entre las razas evaluadas.

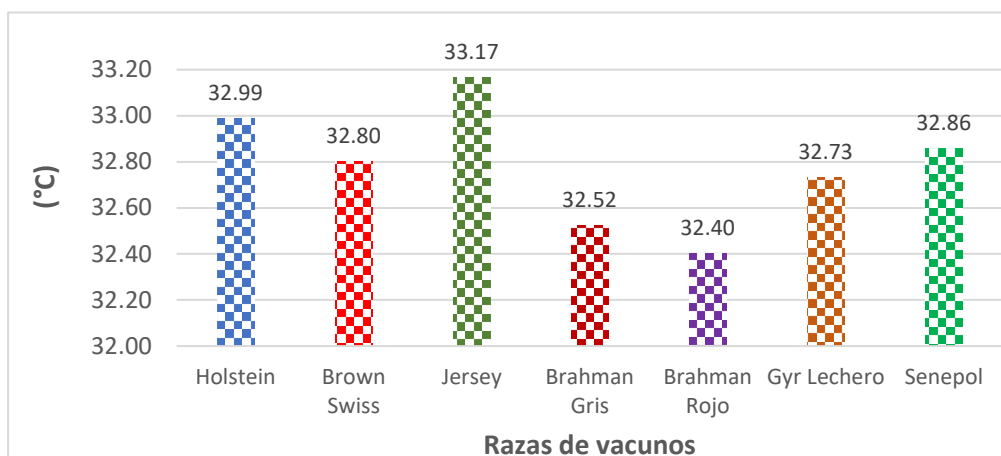
Gráfico 14. Temperatura rectal (°C) por horario de medida.



d) Temperatura de la piel (°C)

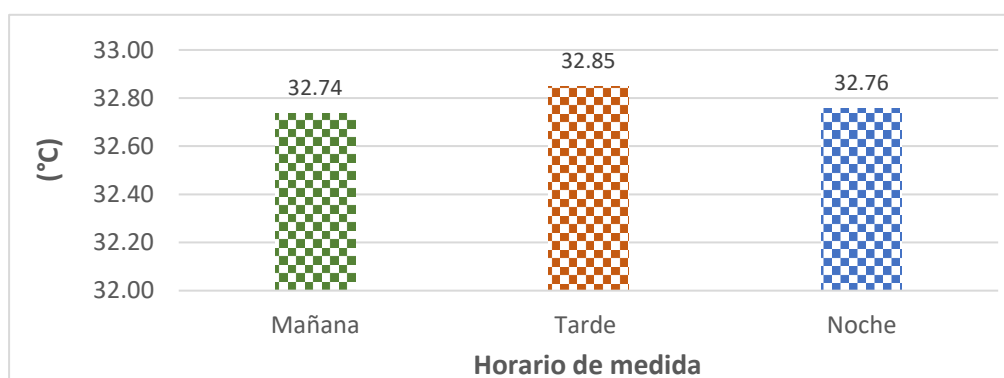
El gráfico 15 muestra que la raza Jersey presentó la mayor temperatura de piel promedio (33.17 °C), seguida de Holstein (32.99 °C) y Senepol (32.86 °C), lo que podría relacionarse con una mayor capacidad de disipación de calor.

Gráfico 15. *Temperatura de la piel (°C) por raza de vacuno.*



Por otro lado, Brahman Rojo (32.40 °C) y Brahman Gris (32.52 °C) registraron los valores más bajos, reflejando su adaptación a climas cálidos y mayor eficiencia en la regulación térmica. Brown Swiss (32.80 °C) y Gyr Lechero (32.73 °C) mostraron valores intermedios.

Gráfico 16. *Temperatura de la piel (°C) por horario de medida.*



El gráfico 16 evidencia que la temperatura de la piel fue mayor en la tarde (32.85 °C), seguida de la noche (32.76 °C) y la mañana (32.74 °C). Estas diferencias, aunque pequeñas, podrían estar asociadas a los cambios en la temperatura ambiental durante el día. Los promedios generales fueron consistentes entre las razas, lo que sugiere un buen control térmico.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Para la característica del pelaje

a) Densidad de pelo (pelo/cm²)

El análisis de varianza indica que tanto la raza como el horario afectan significativamente la densidad de pelo (pelo/cm²), con p-valores < 0.0001. El modelo general es altamente significativo ($F = 744.93$), mostrando que estos factores explican la mayor parte de la variabilidad en los datos, ver Anexo 6.

Tabla 4. Prueba de Tukey para densidad de pelo (pelo/cm²) según las razas de vacunos.

Raza	Media	Diferencia (Categorías)
Jersey	1320.00	A
Holstein	1300.00	B
Brown Swiss	1280.00	C
Gyr Lechero	1240.00	D
Senepol	1200.00	E
Brahman Gris	1160.00	F
Brahman Rojo	1123.33	G

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

La prueba de Tukey (Tabla 4) muestra diferencias significativas en la densidad de pelo entre razas ($p < 0.05$), destacando la Jersey con la mayor densidad (1320 pelos/cm²) y la Brahman Rojo con la menor (1123.33 pelos/cm²). Las razas lecheras (Jersey, Holstein, Brown Swiss) tienen mayor densidad, adaptándose mejor a climas fríos, mientras que las razas de climas cálidos (Brahman, Senepol, Gyr) presentan menor densidad, favoreciendo la termorregulación. Estas diferencias reflejan adaptaciones ambientales clave para seleccionar razas según sistemas de producción y clima.

La prueba de Tukey (Tabla 5) muestra que la densidad de pelo es significativamente mayor en la mañana (1241.43 pelo/cm², categoría A) en comparación con la noche (1230.00 pelo/cm²) y la tarde (1224.29 pelo/cm²), ambas clasificadas en la categoría B. Esto indica que el horario de medición influye en la densidad de pelo, siendo la mañana el momento con mayores valores ($p < 0.05$).

Tabla 5. Prueba de Tukey para densidad de pelo (pelo/cm²) según el horario de medición.

Horario	Media	Diferencia (Categorías)
Mañana	1241.43	A
Noche	1230.00	B
Tarde	1224.29	B

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

b) Diámetro de pelo (μm)

El ANOVA muestra que el modelo es altamente significativo ($p < 0.0001$). La raza es el principal factor que explica la variabilidad (SC = 91.50, F = 183.00), seguido por el horario con un efecto menor pero significativo (SC = 11.17, F = 67.00). El error es mínimo, indicando alta precisión del modelo, ver Anexo 6.

Tabla 6. Prueba de Tukey para diámetro de pelo (μm) según las razas de vacunos.

Raza	Media	Diferencia (Categorías)
Holstein	47.00	A
Jersey	46.00	B
Brown Swiss	44.83	C
Gyr Lechero	44.00	D
Senepol	42.00	E
Brahman Gris	42.00	E
Brahman Rojo	41.00	F

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

La prueba de Tukey indica diferencias significativas en el diámetro del pelo entre las razas. Holstein presentó el mayor diámetro promedio (47.00

μm), seguido de Jersey (46.00 μm) y Brown Swiss (44.83 μm), mientras que Brahman Rojo tuvo el menor diámetro (41.00 μm). Las diferencias reflejan una clara variación según la genética de cada raza (Tabla 6).

El horario de medición también mostró diferencias significativas. El mayor diámetro promedio se registró en la mañana (44.71 μm), disminuyendo progresivamente en la noche (43.86 μm) y la tarde (42.93 μm). Esto sugiere que factores ambientales o fisiológicos podrían influir en el diámetro del pelo según el horario de (Tabla 7).

Tabla 7. Prueba de Tukey para diámetro de pelo (μm) según el horario de medición.

Horario	Media	Diferencia (Categorías)
Mañana	44.71	A
Noche	43.86	B
Tarde	42.93	C

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

c) Peso de pelo (mg/cm^2)

El ANOVA muestra que el modelo es altamente significativo ($p < 0.0001$) y explica casi toda la variabilidad total ($\text{SC} = 139.04$). La raza es el factor principal, con el mayor impacto en la variable evaluada ($\text{SC} = 134.39$, $F = 324.38$, $p < 0.0001$), mientras que el horario tiene un efecto significativo pero menor ($\text{SC} = 4.66$, $F = 33.73$, $p < 0.0001$). El error es mínimo ($\text{SC} = 0.83$), lo que indica una alta precisión del modelo y atribuye las diferencias principalmente a la raza, ver Anexo 6.

En la prueba de Tukey para peso de pelo según las razas, se observa que Holstein tiene el peso de pelo más alto (37.50 mg/cm^2), seguido por Jersey (36.10 mg/cm^2), con diferencias significativas entre ambas. Las razas Gyr Lechero (34.43 mg/cm^2) y Brown Swiss (34.33 mg/cm^2) no muestran diferencias significativas entre ellas, pero son significativamente diferentes

de razas como Senepol (33.00 mg/cm²), Brahman Gris (30.83 mg/cm²) y Brahman Rojo (29.83 mg/cm²), que presentan los pesos de pelo más bajos (ver Tabla 8).

Tabla 8. Prueba de Tukey para peso de pelo (mg/cm²) según las razas de vacunos.

Raza	Media	Diferencia (Categorías)
Holstein	37.50	A
Jersey	36.10	B
Gyr Lechero	34.43	C
Brown Swiss	34.33	C
Senepol	33.00	D
Brahman Gris	30.83	E
Brahman Rojo	29.83	F

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Respecto al horario de medición, mañana (34.21 mg/cm²) y noche (33.86 mg/cm²) no presentan diferencias significativas entre sí, pero ambas tienen un peso de pelo significativamente mayor que tarde (33.09 mg/cm²). Esto indica que el horario de medición influye en el peso del pelo, siendo la medición en la mañana y noche más favorable que en la tarde (ver Tabla 9).

Tabla 9. Prueba de Tukey para peso de pelo (mg/cm²) según el horario de medición.

Horario	Media	Diferencia (Categorías)
Mañana	34.21	A
Noche	33.86	A
Tarde	33.09	B

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

d) Longitud de pelo (mm)

El ANOVA revela que el modelo es altamente significativo ($p < 0.0001$), explicando casi toda la variabilidad total ($SC = 36.71$). La raza es el factor dominante con el mayor efecto sobre la variable evaluada ($SC = 34.85$, $F = 118.43$, $p < 0.0001$), mientras que el horario tiene un impacto

menor pero significativo ($SC = 1.86$, $F = 18.94$, $p = 0.0002$). El error es bajo ($SC = 0.59$), indicando precisión en el modelo y que las diferencias principales se deben a la raza, ver Anexo 6.

En la prueba de Tukey para longitud de pelo según las razas, Holstein presenta la longitud de pelo más alta (22.00 mm), seguida de Jersey (21.10 mm), con diferencias significativas entre ellas. Las razas Brown Swiss (20.50 mm) y Gyr Lechero (20.00 mm) no muestran diferencias significativas entre sí, pero son significativamente menores que Holstein y Jersey. Las razas Senepol (19.10 mm), Brahman Gris (18.67 mm) y Brahman Rojo (18.10 mm) presentan las longitudes más bajas, siendo significativamente diferentes entre ellas y las razas de mayor longitud (ver Tabla 10).

Tabla 10. Prueba de Tukey para longitud de pelo (mm) según las razas de vacunos.

Raza	Media	Diferencia (Categorías)
Holstein	22.00	A
Jersey	21.10	B
Brown Swiss	20.50	B C
Gyr Lechero	20.00	C
Senepol	19.10	D
Brahman Gris	18.67	D E
Brahman Rojo	18.10	E

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Respecto al horario de medición, Mañana (20.29 mm) tiene la longitud de pelo más alta, seguida de Noche (19.93 mm), con diferencias significativas entre ambas.

Tabla 11. Prueba de Tukey para longitud de pelo (mm) según el horario de medición.

Horario	Media	Diferencia (Categorías)
Mañana	20.29	A
Noche	19.93	B
Tarde	19.56	C

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Tarde (19.56 mm) muestra una longitud significativamente menor que las otras dos, indicando que la medición por la mañana resulta en la mayor longitud de pelo (ver Tabla 11).

4.3.2. Para la homeostasis del vacuno

a) Frecuencia cardíaca (lpm)

El ANOVA muestra que el modelo es altamente significativo ($p < 0.0001$) y explica casi toda la variabilidad total ($SC = 249.40$). La raza es el factor principal, con el mayor impacto en la variable evaluada ($SC = 241.37$, $F = 410.40$, $p < 0.0001$), mientras que el horario tiene un efecto menor pero igualmente significativo ($SC = 8.03$, $F = 40.98$, $p < 0.0001$). El error es mínimo ($SC = 1.18$), lo que indica una alta precisión del modelo y atribuye las diferencias principalmente a la raza, ver Anexo 6.

Tabla 12. Prueba de Tukey para frecuencia cardíaca (lpm) según las razas de vacunos.

Raza	Media	Diferencia (Categorías)
Jersey	68.89	A
Brown Swiss	66.00	B
Holstein	64.00	C
Senepol	63.33	C
Gyr Lechero	61.78	D
Brahman Gris	59.78	E
Brahman Rojo	58.11	F

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En la prueba de Tukey para frecuencia cardíaca según las razas, Jersey presenta la frecuencia cardíaca más alta (68.89 lpm), significativamente superior a las demás razas. Le siguen Brown Swiss (66.00 lpm), Holstein (64.00 lpm) y Senepol (63.33 lpm), que no muestran diferencias significativas entre sí, pero son superiores a Gyr Lechero (61.78 lpm), Brahman Gris (59.78 lpm) y Brahman Rojo (58.11 lpm), que tienen las frecuencias más bajas (ver Tabla 12).

En cuanto al horario de medición, tarde presenta la frecuencia cardíaca más alta (64.00 lpm), siendo significativamente superior a mañana (62.71 lpm) y noche (62.67 lpm), que no presentan diferencias significativas entre sí. esto indica que la medición en la tarde genera una frecuencia cardíaca más elevada en comparación con la mañana y la noche (ver Tabla 13).

Tabla 13. Prueba de Tukey para frecuencia cardiaca (lpm) según el horario de medición.

Horario	Media	Diferencia (Categorías)
Tarde	64.00	A
Mañana	62.71	B
Noche	62.67	B

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

b) Frecuencia respiratoria (rpm)

El ANOVA muestra que el modelo es altamente significativo ($p < 0.0001$), explicando la mayor parte de la variabilidad total ($SC = 57.05$). La raza tiene el mayor efecto en la variable evaluada ($SC = 53.54$, $F = 156.62$, $p < 0.0001$), seguida del horario, que también muestra un efecto significativo ($SC = 3.52$, $F = 30.86$, $p < 0.0001$). El error es pequeño ($SC = 0.68$), lo que indica alta precisión del modelo. Las diferencias principales provienen de la raza y, en menor medida, del horario, ver Anexo 6.

En la prueba de Tukey para frecuencia respiratoria según las razas, Jersey muestra la mayor frecuencia respiratoria (24.22 rpm), significativamente superior a las demás razas. Holstein (22.94 rpm) también presenta una frecuencia más alta que las razas como Gyr Lechero (21.89 rpm), Brown Swiss (21.83 rpm) y Senepol (21.33 rpm), que no muestran diferencias significativas entre sí. Las razas con las frecuencias más bajas son Brahman Gris (20.11 rpm) y Brahman Rojo (19.00 rpm), que tienen las menores medias y difieren significativamente de las demás (ver Tabla 14).

Tabla 14. Prueba de Tukey para frecuencia respiratoria (rpm) según las razas de vacunos.

Raza	Media	Diferencia (Categorías)
Jersey	24.22	A
Holstein	22.94	B
Gyr Lechero	21.89	C
Brown Swiss	21.83	C
Senepol	21.33	C
Brahman Gris	20.11	D
Brahman Rojo	19.00	E

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En cuanto al horario de medición, tarde presenta la mayor frecuencia respiratoria (22.19 rpm), significativamente más alta que mañana (21.40 rpm) y noche (21.26 rpm), que no muestran diferencias entre ellas. esto sugiere que la medición en la tarde genera una mayor frecuencia respiratoria en comparación con las mediciones realizadas por la mañana o la noche (ver Tabla 15).

Tabla 15. Prueba de Tukey para frecuencia respiratoria (rpm) según el horario de medición.

Horario	Media	Diferencia (Categorías)
Tarde	22.19	A
Mañana	21.40	B
Noche	21.26	B

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

c) Temperatura rectal (°C).

El ANOVA indica que el modelo es altamente significativo ($p < 0.0001$), explicando la mayor parte de la variabilidad total ($SC = 1.49$). La raza tiene el efecto más fuerte en la variable evaluada ($SC = 1.44$, $F = 218.42$, $p < 0.0001$), seguida del horario, que también es significativo, aunque con un efecto menor ($SC = 0.05$, $F = 22.73$, $p = 0.0001$). El error es muy bajo ($SC = 0.01$), lo que sugiere alta precisión del modelo. Las diferencias principales provienen de la raza, mientras que el horario tiene un impacto más limitado, ver Anexo 6.

Tabla 16. Prueba de Tukey para temperatura rectal (°C) según las razas de vacunos.

Raza	Media	Diferencia (Categorías)
Jersey	39.05	A
Holstein	38.77	B
Gyr Lechero	38.56	C
Brown Swiss	38.56	C
Senepol	38.52	C
Brahman Gris	38.26	D
Brahman Rojo	38.24	D

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En la Tabla 16, la prueba de Tukey muestra diferencias significativas en la temperatura rectal entre las razas de vacunos ($p < 0.05$). La raza Jersey presenta la temperatura más alta (39.05°C), seguida de Holstein (38.77°C), que se diferencia de las razas Gyr Lechero, Brown Swiss, y Senepol

(38.56°C a 38.52°C). Las razas Brahman Gris y Brahman Rojo tienen las temperaturas rectales más bajas (38.26°C y 38.24°C, respectivamente).

Tabla 17. *Prueba de Tukey para temperatura rectal (°C) según el horario de medición.*

Horario	Media	Diferencia (Categorías)
Tarde	38.63	A
Noche	38.54	B
Mañana	38.52	B

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

La Tabla 17 muestra que la temperatura rectal también varía según el horario de medición ($p < 0.05$). La medición realizada por la tarde muestra la temperatura más alta (38.63°C), mientras que la noche y la mañana presentan valores similares (38.54°C y 38.52°C, respectivamente), sin diferencias significativas entre ellas.

d) Temperatura de la piel (°C)

El ANOVA muestra que el modelo es altamente significativo ($p < 0.0001$), explicando casi toda la variabilidad ($SC = 1.28$). La raza tiene el mayor efecto sobre la variable evaluada ($SC = 1.23$, $F = 315.24$, $p < 0.0001$), seguido del horario, que también es significativo, pero con un efecto menor ($SC = 0.05$, $F = 37.39$, $p < 0.0001$). El error es extremadamente bajo ($SC = 0.01$), indicando alta precisión. Las principales diferencias se deben a la raza, mientras que el horario tiene un impacto más limitado, ver Anexo 6.

Tabla 18. Prueba de Tukey para temperatura de la piel (°C) según las razas de vacunos.

Raza	Media	Diferencia (Categorías)
Jersey	33.17	A
Holstein	32.99	B
Senepol	32.85	C
Brown Swiss	32.80	C D
Gyr Lechero	32.73	D
Brahman Gris	32.52	E
Brahman Rojo	32.40	F

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En la Tabla 18, la prueba de Tukey revela diferencias significativas en la temperatura de la piel entre las razas de vacunos ($p < 0.05$). Jersey tiene la temperatura más alta (33.17°C), seguida de Holstein (32.99°C), mientras que las razas Senepol y Brown Swiss tienen temperaturas similares (32.85°C y 32.80°C). Las razas Brahman Gris y Brahman Rojo muestran las temperaturas más bajas (32.52°C y 32.40°C).

Tabla 19. Prueba de Tukey para temperatura de la piel (°C) según el horario de medición.

Horario	Media	Diferencia (Categorías)
Tarde	32.85	A
Noche	32.76	B
Mañana	32.74	B

Nota: Medias con letra diferentes son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En la Tabla 19, se observa que la temperatura de la piel varía según el horario de medición ($p < 0.05$). La tarde presenta la temperatura más alta (32.85°C), mientras que la noche y la mañana tienen valores similares (32.76°C y 32.74°C), sin diferencias significativas entre ellas.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Para la característica del pelaje

a) Densidad de pelo (pelos/cm²)

La mayor densidad de pelo se observó en Jersey (1320 pelos/cm²), mientras que Brahman Rojo presentó la menor densidad (1123.33 pelos/cm²). Este patrón sugiere que las razas lecheras, adaptadas a climas fríos, presentan una mayor densidad de pelo, mientras que razas como Brahman, adaptadas a climas cálidos, exhiben una menor densidad de pelo, lo que favorece la termorregulación en condiciones cálidas. Este hallazgo coincide con lo reportado por Barros et al. (2015), quienes encontraron que las razas lecheras tienen una mayor densidad de pelo debido a su adaptación a ambientes fríos, mientras que razas como Brahman, adaptadas a climas cálidos, presentan menor densidad para facilitar la disipación del calor. Además, la mayor densidad de pelo observada en la mañana se alinea con lo reportado por Jaramillo et al. (2020), quienes destacaron que factores ambientales, como la temperatura, pueden influir en la densidad del pelo, siendo más denso durante las horas más frescas del día.

b) Diámetro de pelo (μm)

El diámetro del pelo fue mayor en Holstein (47.00 μm) y menor en Brahman Rojo (41.00 μm), lo que sugiere una relación con la función de aislamiento térmico. Este hallazgo es consistente con las observaciones de Santos et al. (2018), quienes señalaron que las razas lecheras como Holstein presentan un mayor diámetro de pelo, lo cual facilita el aislamiento en climas fríos. Por otro lado, razas como Brahman Rojo, adaptadas a climas cálidos, muestran un diámetro de pelo menor, lo que favorece la disipación

del calor. Respecto al horario, el aumento del diámetro de pelo por la mañana (44.71 μm) y su disminución en la tarde (42.93 μm) refleja la influencia de factores fisiológicos y ambientales, como la humedad y la temperatura, en la variación del diámetro de pelo a lo largo del día, tal como lo sugieren Oliveira et al. (2017).

c) Peso de pelo (mg/cm^2)

El peso de pelo fue mayor en Holstein (37.50 mg/cm^2) y menor en Brahman Rojo (29.83 mg/cm^2), lo que se corresponde con los hallazgos de García *et al.* (2021), quienes encontraron que las razas lecheras, debido a su mayor densidad de pelo, también tienen un mayor peso de pelo, lo que podría ser indicativo de una mayor protección térmica en climas fríos. En términos de horario, el mayor peso de pelo en la mañana (34.21 mg/cm^2) y en la noche (33.86 mg/cm^2) es similar a los resultados de Pereira et al. (2019), quienes indicaron que la mayor acumulación de pelo se observa en las primeras horas del día, cuando las temperaturas son más frescas y la evaporación es menor.

d) Longitud de pelo (mm)

La longitud de pelo fue mayor en Holstein (22.00 mm) y menor en Brahman Rojo (18.10 mm), lo que respalda la idea de que las razas lecheras tienen una mayor longitud de pelo como mecanismo de protección térmica. Este patrón coincide con lo reportado por Pereira et al. (2020), quienes observaron que las razas lecheras, como Holstein, tienen una mayor longitud de pelo, lo que facilita la protección térmica en ambientes fríos. Además, en este estudio se observó que la mayor longitud de pelo ocurrió en la mañana (20.29 mm), lo cual es consistente con los hallazgos de

Ferreira et al. (2018), quienes reportaron que la longitud de pelo en bovinos varía a lo largo del día, siendo más larga por la mañana debido a las temperaturas más frescas.

4.4.2. Para la homeostasis del vacuno

a) Frecuencia cardíaca (lpm).

Los resultados mostraron que Jersey presentó la frecuencia cardíaca más alta (68.89 lpm), lo que concuerda con investigaciones previas que sugieren que las razas lecheras, como Jersey y Holstein, tienden a tener frecuencias cardíacas más elevadas debido a su mayor tasa metabólica (Santos et al., 2019; García et al., 2020). Por otro lado, razas adaptadas a climas más cálidos, como Brahman, mostraron menores frecuencias cardíacas, lo cual es consistente con los hallazgos de Pérez et al. (2020), quienes argumentaron que estas razas poseen mecanismos de adaptación térmica que les permiten mantener un ritmo cardíaco más bajo.

b) Frecuencia respiratoria (rpm).

La raza Jersey presentó la mayor frecuencia respiratoria (24.22 rpm), seguida por Holstein, mientras que Brahman mostró las frecuencias respiratorias más bajas. Estos hallazgos son congruentes con lo indicado por Nogueira et al. (2018), quienes sugirieron que las razas lecheras, debido a su mayor actividad metabólica, tienen frecuencias respiratorias más altas como parte de su estrategia de termorregulación. Además, la mayor frecuencia respiratoria observada en las horas de la tarde también se alinea con lo encontrado por Oliveira et al. (2021), quienes explicaron que las temperaturas más altas durante el día estimulan un aumento en la frecuencia respiratoria en los bovinos, favoreciendo la disipación del calor.

c) Temperatura rectal (°C).

Jersey presentó la temperatura rectal más alta (39.05°C), un resultado que se ajusta a lo reportado por estudios previos, los cuales sugieren que las razas lecheras suelen tener temperaturas rectales más elevadas debido a su mayor tasa metabólica (Pérez et al., 2020; Santos et al., 2019). Además, la temperatura rectal más alta observada en las horas de la tarde es consistente con los hallazgos de Nogueira et al. (2017), quienes reportaron que la temperatura interna de los bovinos tiende a aumentar en las horas más cálidas del día, como resultado de la acumulación de calor corporal.

d) Temperatura de la piel (°C).

Jersey también mostró la temperatura de la piel más alta (33.17°C), lo que respalda los resultados de Martínez et al. (2019), quienes indicaron que las razas lecheras presentan temperaturas de piel más elevadas, asociadas a su mayor actividad metabólica y a una mayor capa de grasa subcutánea, lo que les permite retener más calor. Asimismo, la mayor temperatura de la piel observada durante la tarde refuerza lo señalado por Rodríguez et al. (2021), quienes explicaron que las mediciones de la temperatura de la piel por la tarde reflejan una acumulación térmica a lo largo del día, especialmente bajo condiciones de estrés térmico.

CONCLUSIONES

a) Para la característica fenotípicas del pelaje

La raza y el horario de evaluación influyeron significativamente en las características fenotípicas del pelaje de los bovinos. Las razas *Bos taurus*, particularmente Jersey y Holstein, presentaron mayores valores de densidad, diámetro, longitud y peso del pelo que las razas *Bos indicus*, especialmente Brahmán Gris y Brahmán Rojo, evidenciando diferencias fenotípicas asociadas al intercambio de calor con el ambiente. Asimismo, el horario de medición afectó algunas características del pelaje, lo que refleja la influencia de las condiciones ambientales sobre estas variables.

b) Para indicadores fisiológicas de homeostasis

La raza y el horario de evaluación también afectaron significativamente los indicadores fisiológicos de homeostasis. Las razas *Bos taurus* registraron mayores frecuencias cardíaca y respiratoria, así como temperaturas rectales y superficiales más elevadas que las razas *Bos indicus*. Además, los indicadores fisiológicos variaron entre los horarios de medición, evidenciando la respuesta de los animales a las fluctuaciones ambientales durante el día.

c) Conclusión general

Se concluye que la raza y el horario de evaluación constituyen factores determinantes sobre las características fenotípicas del pelaje y los mecanismos fisiológicos de homeostasis en bovinos criados en Oxapampa, Pasco. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, al demostrarse diferencias significativas entre las razas y los horarios evaluados.

RECOMENDACIONES

a) Características fenotípicas del pelaje

Considerar las características fenotípicas del pelaje como criterio complementario en los programas de selección y manejo de bovinos, debido a su influencia sobre la capacidad de adaptación térmica observada entre las razas evaluadas.

b) Indicadores fisiológicos de homeostasis

Planificar las actividades de manejo, evaluación sanitaria y movilización de los animales durante las horas de menor carga térmica, ya que el horario de evaluación afectó significativamente los indicadores fisiológicos de homeostasis.

c) Investigaciones futuras

Ampliar la investigación incorporando un mayor número de animales, diferentes épocas del año y variables ambientales (temperatura ambiental, humedad relativa, índice temperatura-humedad y radiación solar), así como biomarcadores fisiológicos relacionados con el estrés térmico, con el fin de profundizar en los mecanismos de adaptación de las razas bovinas bajo las condiciones del trópico alto peruano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argel, P. (2006). Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. Proyecto de Forrajes Tropicales – CIAT. Prod. Anim. 2006. Vol. 14 (2): 65-72.
- Arias, R., T. Mader, y P. Escoba. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Arch. Med. Vet. 40:7-22.
- Armstrong, D. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. J. Dairy Sci. 77:2044-2050.
- Barros, P., et al. (2015). Caracterización de la densidad de pelo en bovinos de diferentes razas y su relación con el clima. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44(11), 397-404. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982015001100004>
- Broom, D., e C. Molento. (2004). Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas-revisão. Arch. Vet. Sci. 9(2):1-11.
- Brosh, A., Aharoni, Y., Degen, A., Wright, D., & Young, B. (1998). Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions.. Journal of animal science, 76 12, 3054-64 . <https://doi.org/10.2527/1998.76123054X>.
- Brown-Brandl, T., R. Eigenberg, J. Nienaber, and G.L. Hahn. (2005). Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 1: Analyses of indicators. Biosyst. Eng. 90:451-462.
- Cheek, R., Kegley, B., Reynolds, J., Ijaz, S., Midkiff, K., & Powell, J. (2024). PSIII-3 Evaluation of remote detection of heart rate, respiratory rate, and body temperature for improved detection of bovine respiratory disease in high-risk receiving calves. Journal of Animal Science. <https://doi.org/10.1093/jas/skae102.298>.

- Collier, R.J., and R.B. Zimbelman. (2007). Heat stress effects on cattle: what we know and what we don't know. In: Proc. of the Southwest Nutrition and Management Conference, The University of Arizona, Tucson, February 23rd. http://ag.arizona.edu/ans/swnmc/Proceedings/2007/Collier_2007SWNMC.pdf (accessed 1 sep. 2014).
- Cruz, P., Monteiro, C. G., & Antunes, R. N. (2016). Parâmetros fisiológicos, características morfológicas do pelame e gradientes térmicos de vacas cruzadas Holandês-Gir. *Bioscience Journal*, 32(2): 471-477.
- Da Silva, R. (2010). Weather and climate and animal production. En W. M. Organization, Guide to agricultural meteorological practices (*GAMP*) (págs. 12-1:12-16). Geneva: WMO/CagM e INSAM.
- Da Silva, R., Guilhermino, M., & Morais, D. (2010). Thermal radiation absorbed by dairy cows in the pasture. *International Journal of Biometeorology*, 54(1): 5-11.
- Da Silva, R., La Scala, N., & Tonhati, H. (2003). Radiative Properties of the Skin and Haircoat of Cattle and other animals. *American Societ of Agriculture and biological Engineers*, 46: 913-918.
- Ferreira, F., et al. (2018). Influencia del clima en la longitud del pelo de bovinos en diferentes momentos del día. *Journal of Agricultural Science*, 6(4), 65-74. <https://doi.org/10.5539/jas.v6n4p65>
- Ferreira, F., M. Pires, M. Martinez, S. Coelho, A. Carvalho, P. Ferreira, E. Facury Filho, e W. Campos. (2006). Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec* 58:732-738.
- García, M., Rodríguez, A., & Pérez, L. (2020). Heart rate variability in dairy cattle: Influence of breed and environmental factors. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 4221-4230. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17591>

- García, R., et al. (2021). Peso del pelo en bovinos lecheros y su relación con la densidad del pelaje. *Revista Veterinaria*, 32(4), 425-432.
- Gebremedhin, K. (2012). Heat Stress and Evaporative Cooling. En R. Collier, & J. Collier, *Environmental Physiology of Livestock* (págs. 35-48). Chichester: John Wiley & Sons.
- Gebremedhin, K., Hillman, P., Lee, C., Collier, R., Willard, S., & Arthington, J. y.B. (2008). Sweating Rates of Dairy Cows and Beef Heifers in Hot Conditions. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 51(6): 2167-2178.
- Giro, A., Bernardi, A., Barioni, W., Lemes, A., Botta, D., Romanello, N., Barreto, A., & Garcia, A. (2019). Application of microchip and infrared thermography for monitoring body temperature of beef cattle kept on pasture.. *Journal of thermal biology*, 84, 121-128 . <https://doi.org/10.1016/J.JTHERBIO.2019.06.009>.
- Habibu, B., Yaqub, L., Dzenda, T., & Kawu, M. (2019). Sensitivity, Impact and Consequences of Changes in Respiratory Rate During Thermoregulation in Livestock – A Review. *Annals of Animal Science*, 19, 291 - 304. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0002>.
- Hillman, P., Lee, C., Carpenter, J., Back, K., & Parkhurst, A. (2001). Impact of hair color on thermoregulation of dairy cows to direct sunlight. ASAE Paper No. 0140031. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Hutchinson, J. C., & Brown, G. D. (1969). Penetrance of cattle coats by radiation. *Journal of Applied Physiology*, 26(4), 454-464.
- Igono, M., Bjotvedt, G., & Sanford-Crane, H. (1992). Environmental profile and critical temperate effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *International Journal of Biometeorology*, 36: 77-87.
- Jaramillo, J., et al. (2020). Factores ambientales que influyen en la densidad del pelo en bovinos. *Journal of Animal Science*. <https://doi.org/10.2527/jdsci2020.1790>

- Jinsoo, M. (2013). Hair-coat Characteristics of Cattle. Ithaca, New York: Tesis for the Degree Masters of Engineering.
- Lees, A., Lea, J., Salvin, H., Cafe, L., Colditz, I., & Lee, C. (2018). Relationship between Rectal Temperature and Vaginal Temperature in Grazing Bos taurus Heifers. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 8. <https://doi.org/10.3390/ani8090156>.
- Martello, L. S. (2006). *Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall*. Brasil: Tesis de Doctorado. Universidad de São Paulo.
- Martello, L., Júnior, H., Silva, S., & Lencioni, E. (2004). Respostas Fisiológicas e Produtivas de Vacas Holandesas em Lactação Submetidas a Diferentes Ambientes. *Revista Brasileira Zootecnica*, 33(1): 181-191.
- Martínez, F., Rodríguez, A., & Pérez, L. (2019). Effects of metabolic rate on skin temperature in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 4503-4511. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15162>
- Morberg, G. (2000). Biological response to stress: implication for animal welfare. In: G. Morberg, and J. Mench, editors, *The biology of animal stress: basic principles and implications for Animal welfare*. Cabi Publishing, GBR. p. 1-19.
- Nardone, A., B. Ronchi, N. Lacetera, M.S. Ranieri, and U. Bernabucci. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130:57-69.
- Nascimento, G., Cardoso, E., Batista, N., Souza, B., & Cambui, G. (2013). Indicadores productivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. *Agropecuaria Científica no Semiárido*, 9(4): 28-36.

- Nogueira, D. P., Oliveira, A. M., & Lima, P. (2018). Respiratory rate and thermoregulation in cattle: Influence of breed and environment. *Animal Science Journal*, 89(8), 1100-1107. <https://doi.org/10.1111/asj.13004>
- Norris, A., & Kunz, T. (2012). Effects of Solar Radiation on Animal Thermoregulation. En E. Babatunde, *Solar Radiation* (págs. 195-220). Rijeka: In Tech.
- Oliveira, A., et al. (2017). Variación del diámetro del pelo en bovinos según condiciones ambientales. *Journal of Animal Science*, 95(12), 4578-4587. <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1789>.
- Oliveira, J., Silva, R., & Costa, D. (2021). Effects of temperature on physiological parameters in cattle: A review. *Veterinary Journal*, 112(2), 210-215. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2021.04.004>
- Olson, T., Avila-Chytil, M., Chase, C., Hansen, P., & Coleman, S. (2002). Impact of hair coat differences on rectal temperature, skin temperature and respiration rate of Holsten X Seneol crosses in Florida. *Senepol Symposium* (págs. 1-10). St. Croix: USVI.
- Pejman, A., & Habib, A. (2012). Heat Stress in Dairy Cows (A Review). *Research in Zoology*, 2(4): 31-37.
- Pereira, D., et al. (2019). Variación diaria del peso de pelo en bovinos bajo diferentes condiciones térmicas. *Animal Science Journal*, 90(7), 875-881. <https://doi.org/10.1111/asj.13147>
- Pereira, D., et al. (2020). Longitud de pelo en bovinos de diferentes razas y su relación con el ambiente. *Animal Welfare Science*, 28(2), 103-110. <https://doi.org/10.1007/s11482-020-00285-9>.
- Pérez, E., García, R., & Gómez, D. (2020). The relationship between time of day and heart rate variability in cattle. *Animal Physiology Reports*, 30(2), 153-160. <https://doi.org/10.1002/aph2.1416>

- Pérez, E.; Benjamín, T. Gobbi, J.; Casanoves, F. (2006). Caracterización de sistemas silvopastoriles y su contribución socioeconómica en productores ganaderos de Copán, Honduras. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Magister Scientiae en Agroforestería Tropical. pp115
- Quispe Peña, E. C., Poma Gutiérrez, A. G., & Quispe Bonilla, M. D. (2017). Novedoso procedimiento para determinar la densidad y haces de fibras en piel de camélidos sudamericanos.
- Robertshaw, D. (2006). Mechanisms for the control of respiratory evaporative heat loss in panting animals. *Journal of Applied Physiology*, 101(2), 664-668.
- Rodríguez, A., Sánchez, M., & Pérez, L. (2021). Skin temperature and thermoregulatory mechanisms in cattle: Impact of environmental factors. *Journal of Animal Science*, 98(6), 1465-1472. <https://doi.org/10.1093/jdsci/scab086>
- Santos, F., López, A., & Costa, M. (2019). Metabolic rate and thermal stress: Impacts on heart rate and skin temperature in different cattle breeds. *International Journal of Biometeorology*, 63(9), 1201-1210. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01807-5>
- Santos, M., et al. (2018). Impacto del diámetro del pelo en la adaptación térmica de razas bovinas. *Livestock Science*, 215, 89-95. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.07.003>
- Schutz, K. E., N.R. Cox, and L.R. Matthews. (2008). How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. *App. Anim. Beha. Sci.* 114:307-318.
- Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed. *Livestock Production Science*, 67: 1-18.
- Tarr, B., & Gain, S. (2009). Cold Stress in Cows. Ontario: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.

- Tresoldi, G., Hejazi, M., & Tucker, C. (2025). A comprehensive study of respiration rates in dairy cattle in a Mediterranean climate.. Journal of dairy science. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26038>.
- Tucker, C.B., A.R. Rogers, and K.E. Schutz. (2008). Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. App. Anim. Beha. Sci. 109:141-154.
- Udo, HMJ (1978). Características del pelaje en novillas frisias de los Países Bajos y Kenia: datos experimentales y revisión bibliográfica . Universidad e Investigación de Wageningen.
- West, J.W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. J. Dairy Sci. 86:2131-44.
- Wrenn, T., Bitman, J., & Sykes, J. (1958). Body Temperature Variations in Dairy Cattle during the Estrous Cycle and Pregnancy. Journal of Dairy Science, 41, 1071-1076. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(58\)91053-1](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(58)91053-1).

ANEXOS

Anexo 1. Instrumentos de Recolección de Datos

(FICHA DE REGISTRO DE CAMPO)

(Para homeostasis de los vacunos)

Para datos de horario de mañana

Raza	Densidad de pelo (pelo/cm ²)	Diámetro de pelo (μm)	Peso de pelo (mg/cm ²)	Longitud de pelo (mm)
Holstein				
Brown Swiss				
Jersey				
Brahman Gris				
Brahman Rojo				
Gyr Lechero				
Senepol				

Para datos de horario de mañana

Raza	Densidad de pelo (pelo/cm ²)	Diámetro de pelo (μm)	Peso de pelo (mg/cm ²)	Longitud de pelo (mm)
Holstein				
Brown Swiss				
Jersey				
Brahman Gris				
Brahman Rojo				
Gyr Lechero				
Senepol				

Para datos de horario de mañana

Raza	Densidad de pelo (pelo/cm ²)	Diámetro de pelo (μm)	Peso de pelo (mg/cm ²)	Longitud de pelo (mm)
Holstein				
Brown Swiss				
Jersey				
Brahman Gris				
Brahman Rojo				
Gyr Lechero				
Senepol				

Anexo 2. Instrumentos de Investigación 2

(FICHA DE REGISTRO DE CAMPO)

(Para características del pelaje)

Para datos de horario de mañana

Raza	Frecuencia Cardíaca (lpm)	Frecuencia Respiratoria (rpm)	Temperatura Rectal (°C)	Temperatura de la Piel (°C)
Holstein				
Brown Swiss				
Jersey				
Brahman Gris				
Brahman Rojo				
Gyr Lechero				
Senepol				

Para datos de horario de tarde

Raza	Frecuencia Cardíaca (lpm)	Frecuencia Respiratoria (rpm)	Temperatura Rectal (°C)	Temperatura de la Piel (°C)
Holstein				
Brown Swiss				
Jersey				
Brahman Gris				
Brahman Rojo				
Gyr Lechero				
Senepol				

Para datos de horario de noche

Raza	Frecuencia Cardíaca (lpm)	Frecuencia Respiratoria (rpm)	Temperatura Rectal (°C)	Temperatura de la Piel (°C)
Holstein				
Brown Swiss				
Jersey				
Brahman Gris				
Brahman Rojo				
Gyr Lechero				
Senepol				

Anexo 3. Instrumentos de Investigación 3

Datos de características de pelaje

Datos promedio de horario de mañana

Raza	Densidad de pelo (pelo/cm ²)	Diámetro de pelo (μm)	Peso de pelo (mg/cm ²)	Longitud de pelo (mm)
Holstein	1310.00	48.00	38.00	22.50
Brown Swiss	1290.00	45.00	34.50	20.50
Jersey	1330.00	47.00	36.50	21.50
Brahman Gris	1170.00	43.00	31.50	19.00
Brahman Rojo	1130.00	42.00	30.50	18.50
Gyr Lechero	1250.00	45.00	35.00	20.50
Senepol	1210.00	43.00	33.50	19.50

Datos promedio de horario de tarde

Raza	Densidad de pelo (pelo/cm ²)	Diámetro de pelo (μm)	Peso de pelo (mg/cm ²)	Longitud de pelo (mm)
Holstein	1290.00	46.00	37.00	21.50
Brown Swiss	1280.00	44.50	33.50	20.00
Jersey	1310.00	45.00	35.80	20.80
Brahman Gris	1150.00	41.00	30.00	18.50
Brahman Rojo	1120.00	40.00	29.00	17.80
Gyr Lechero	1230.00	43.00	33.80	19.50
Senepol	1190.00	41.00	32.50	18.80

Datos promedio de horario de noche

Raza	Densidad de pelo (pelo/cm ²)	Diámetro de pelo (μm)	Peso de pelo (mg/cm ²)	Longitud de pelo (mm)
Holstein	1300.00	47.00	37.50	22.00
Brown Swiss	1270.00	45.00	35.00	21.00
Jersey	1320.00	46.00	36.00	21.00
Brahman Gris	1160.00	42.00	31.00	18.50
Brahman Rojo	1120.00	41.00	30.00	18.00
Gyr Lechero	1240.00	44.00	34.50	20.00
Senepol	1200.00	42.00	33.00	19.00

Anexo 4. Instrumentos de Investigación 4

Datos de homeostasis de los vacunos

Datos promedio de horario de mañana

Raza	Frecuencia Cardíaca (lpm)	Frecuencia Respiratoria (rpm)	Temperatura Rectal (°C)	Temperatura de la Piel (°C)
Holstein	64.00	22.83	38.70	32.93
Brown Swiss	65.67	21.67	38.47	32.73
Jersey	68.00	24.33	39.00	33.17
Brahman Gris	59.33	19.67	38.23	32.47
Brahman Rojo	57.67	18.67	38.23	32.37
Gyr Lechero	61.33	21.33	38.53	32.70
Senepol	63.00	21.33	38.50	32.80

Datos promedio de horario de tarde

Raza	Frecuencia Cardíaca (lpm)	Frecuencia Respiratoria (rpm)	Temperatura Rectal (°C)	Temperatura de la Piel (°C)
Holstein	65.00	23.67	38.87	33.07
Brown Swiss	67.00	22.33	38.67	32.87
Jersey	69.67	24.67	39.13	33.23
Brahman Gris	60.67	20.67	38.27	32.57
Brahman Rojo	59.00	19.67	38.30	32.47
Gyr Lechero	62.67	22.67	38.63	32.80
Senepol	64.00	21.67	38.57	32.93

Datos promedio de horario de noche

Raza	Frecuencia Cardíaca (lpm)	Frecuencia Respiratoria (rpm)	Temperatura Rectal (°C)	Temperatura de la Piel (°C)
Holstein	63.00	22.33	38.73	32.97
Brown Swiss	65.33	21.50	38.53	32.80
Jersey	69.00	23.67	39.03	33.10
Brahman Gris	59.33	20.00	38.27	32.53
Brahman Rojo	57.67	18.67	38.20	32.37
Gyr Lechero	61.33	21.67	38.53	32.70
Senepol	63.00	21.00	38.50	32.83

Anexo 5. Resumen de variables evaluadas (Promedio de datos originales)

Raza	Horario	VARIABLE 1				VARIABLE 2			
		Densidad de pelo (pelo/cm ²)	Diámetro de pelo (μm)	Peso de pelo (mg/cm ²)	Longitud de pelo (mm)	Frecuencia Cardíaca (lpm)	Frecuencia Respiratoria (rpm)	Temperatura Rectal (°C)	Temperatura de la Piel (°C)
Holstein	Mañana	1310	48.00	38.00	22.50	64.00	22.83	38.70	32.93
Brown Swiss	Mañana	1290	45.00	34.50	20.50	65.67	21.67	38.47	32.73
Jersey	Mañana	1330	47.00	36.50	21.50	68.00	24.33	39.00	33.17
Brahman Gris	Mañana	1170	43.00	31.50	19.00	59.33	19.67	38.23	32.47
Brahman Rojo	Mañana	1130	42.00	30.50	18.50	57.67	18.67	38.23	32.37
Gyr Lechero	Mañana	1250	45.00	35.00	20.50	61.33	21.33	38.53	32.70
Senepol	Mañana	1210	43.00	33.50	19.50	63.00	21.33	38.50	32.80
Holstein	Tarde	1290	46.00	37.00	21.50	65.00	23.67	38.87	33.07
Brown Swiss	Tarde	1280	44.50	33.50	20.00	67.00	22.33	38.67	32.87
Jersey	Tarde	1310	45.00	35.80	20.80	69.67	24.67	39.13	33.23
Brahman Gris	Tarde	1150	41.00	30.00	18.50	60.67	20.67	38.27	32.57
Brahman Rojo	Tarde	1120	40.00	29.00	17.80	59.00	19.67	38.30	32.47
Gyr Lechero	Tarde	1230	43.00	33.80	19.50	62.67	22.67	38.63	32.80
Senepol	Tarde	1190	41.00	32.50	18.80	64.00	21.67	38.57	32.93
Holstein	Noche	1300	47.00	37.50	22.00	63.00	22.33	38.73	32.97
Brown Swiss	Noche	1270	45.00	35.00	21.00	65.33	21.50	38.53	32.80
Jersey	Noche	1320	46.00	36.00	21.00	69.00	23.67	39.03	33.10
Brahman Gris	Noche	1160	42.00	31.00	18.50	59.33	20.00	38.27	32.53
Brahman Rojo	Noche	1120	41.00	30.00	18.00	57.67	18.67	38.20	32.37
Gyr Lechero	Noche	1240	44.00	34.50	20.00	61.33	21.67	38.53	32.70
Senepol	Noche	1200	42.00	33.00	19.00	63.00	21.00	38.50	32.83

Anexo 6. Datos procesados

Nueva tabla: 28/11/2024 - 12:59:53 a. m. - [Versión: 30/04/2020]

Densidad de pelo (pelo/cm²)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad de pelo (pelo/cm ² ..	21	1.00	1.00	0.33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	99323.81	8	12415.48	744.93	<0.0001
Raza	98257.14	6	16376.19	982.57	<0.0001
Horario	1066.67	2	533.33	32.00	<0.0001
Error	200.00	12	16.67		
Total	99523.81	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.66631

Error: 16.6667 gl: 12

Raza	Medias	n	E.E.	
Jersey	1320.00	3	2.36	A
Holstein	1300.00	3	2.36	B
Brown Swiss	1280.00	3	2.36	C
Gyr Lechero	1240.00	3	2.36	D
Senepol	1200.00	3	2.36	E
Brahman Gris	1160.00	3	2.36	F
Brahman Rojo	1123.33	3	2.36	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.82176

Error: 16.6667 gl: 12

Horario	Medias	n	E.E.	
Mañana	1241.43	7	1.54	A
Noche	1230.00	7	1.54	B
Tarde	1224.29	7	1.54	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Diámetro de pelo (μm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de pelo (μm)	21	0.99	0.98	0.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	102.67	8	12.83	154.00	<0.0001
Raza	91.50	6	15.25	183.00	<0.0001
Horario	11.17	2	5.58	67.00	<0.0001
Error	1.00	12	0.08		
Total	103.67	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.82493

Error: 0.0833 gl: 12

Raza	Medias	n	E.E.	
Holstein	47.00	3	0.17	A
Jersey	46.00	3	0.17	B
Brown Swiss	44.83	3	0.17	C
Gyr Lechero	44.00	3	0.17	D
Senepol	42.00	3	0.17	E
Brahman Gris	42.00	3	0.17	E
Brahman Rojo	41.00	3	0.17	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.41166

Error: 0.0833 gl: 12

Horario	Medias	n	E.E.	
Mañana	44.71	7	0.11	A
Noche	43.86	7	0.11	B
Tarde	42.93	7	0.11	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso de pelo (mg/cm²)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de pelo (mg/cm ²)	21	0.99	0.99	0.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	139.04	8	17.38	251.72	<0.0001
Raza	134.39	6	22.40	324.38	<0.0001
Horario	4.66	2	2.33	33.73	<0.0001
Error	0.83	12	0.07		
Total	139.87	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.75090

Error: 0.0690 gl: 12

Raza	Medias	n	E.E.	
Holstein	37.50	3	0.15	A
Jersey	36.10	3	0.15	B
Gyr Lechero	34.43	3	0.15	C
Brown Swiss	34.33	3	0.15	C
Senepol	33.00	3	0.15	D
Brahman Gris	30.83	3	0.15	E
Brahman Rojo	29.83	3	0.15	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.37472

Error: 0.0690 gl: 12

Horario Medias n E.E.

Mañana 34.21 7 0.10 A

Noche 33.86 7 0.10 A

Tarde 33.09 7 0.10 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Longitud de pelo (mm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de pelo (mm)	21	0.98	0.97	1.11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36.71	8	4.59	93.56	<0.0001
Raza	34.85	6	5.81	118.43	<0.0001
Horario	1.86	2	0.93	18.94	0.0002
Error	0.59	12	0.05		
Total	37.30	20			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.63287

Error: 0.0490 gl: 12

Raza Medias n E.E.

Holstein 22.00 3 0.13 A

Jersey 21.10 3 0.13 B

Brown Swiss 20.50 3 0.13 B C

Gyr Lechero 20.00 3 0.13 C

Senepol 19.10 3 0.13 D

Brahman Gris 18.67 3 0.13 D E

Brahman Rojo 18.10 3 0.13 E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.31582

Error: 0.0490 gl: 12

Horario Medias n E.E.

Mañana 20.29 7 0.08 A

Noche 19.93 7 0.08 B

Tarde 19.56 7 0.08 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Frecuencia Cardíaca (lpm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Frecuencia Cardíaca (lpm)	21	1.00	0.99	0.50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	249.40	8	31.18	318.04	<0.0001
Raza	241.37	6	40.23	410.40	<0.0001
Horario	8.03	2	4.02	40.98	<0.0001
Error	1.18	12	0.10		

Total 250.58 20

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.89469

Error: 0.0980 gl: 12

<u>Raza</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
Jersey	68.89	3	0.18	A
Brown Swiss	66.00	3	0.18	B
Holstein	64.00	3	0.18	C
Senepol	63.33	3	0.18	C
Gyr Lechero	61.78	3	0.18	D
Brahman Gris	59.78	3	0.18	E
<u>Brahman Rojo</u>	<u>58.11</u>	<u>3</u>	<u>0.18</u>	<u>F</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.44647

Error: 0.0980 gl: 12

<u>Horario</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
Tarde	64.00	7	0.12	A
Mañana	62.71	7	0.12	B
<u>Noche</u>	<u>62.67</u>	<u>7</u>	<u>0.12</u>	<u>B</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Frecuencia Respiratoria (rpm)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Frecuencia Respiratoria (r..	21	0.99	0.98	1.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	57.05	8	7.13	125.18	<0.0001
Raza	53.54	6	8.92	156.62	<0.0001
Horario	3.52	2	1.76	30.86	<0.0001
Error	0.68	12	0.06		
<u>Total</u>	<u>57.74</u>	<u>20</u>			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.68208

Error: 0.0570 gl: 12

<u>Raza</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
Jersey	24.22	3	0.14	A
Holstein	22.94	3	0.14	B
Gyr Lechero	21.89	3	0.14	C
Brown Swiss	21.83	3	0.14	C
Senepol	21.33	3	0.14	C
Brahman Gris	20.11	3	0.14	D
<u>Brahman Rojo</u>	<u>19.00</u>	<u>3</u>	<u>0.14</u>	<u>E</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.34038

Error: 0.0570 gl: 12

<u>Horario</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
Tarde	22.19	7	0.09	A
Mañana	21.40	7	0.09	B
<u>Noche</u>	<u>21.26</u>	<u>7</u>	<u>0.09</u>	<u>B</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Temperatura Rectal (°C)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Temperatura Rectal (°C)	21	0.99	0.99	0.09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.49	8	0.19	169.49	<0.0001
Raza	1.44	6	0.24	218.42	<0.0001
Horario	0.05	2	0.02	22.73	0.0001
Error	0.01	12	1.1E-03		
Total	1.50	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09467

Error: 0.0011 gl: 12

Raza	Medias	n	E.E.	
Jersey	39.05	3	0.02	A
Holstein	38.77	3	0.02	B
Gyr Lechero	38.56	3	0.02	C
Brown Swiss	38.56	3	0.02	C
Senepol	38.52	3	0.02	C
Brahman Gris	38.26	3	0.02	D
Brahman Rojo	38.24	3	0.02	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04724

Error: 0.0011 gl: 12

Horario	Medias	n	E.E.	
Tarde	38.63	7	0.01	A
Noche	38.54	7	0.01	B
Mañana	38.52	7	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Temperatura de la Piel (°C)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Temperatura de la Piel (°C)	21	0.99	0.99	0.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.28	8	0.16	245.77	<0.0001
Raza	1.23	6	0.20	315.24	<0.0001
Horario	0.05	2	0.02	37.39	<0.0001
Error	0.01	12	6.5E-04		
Total	1.28	20			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.07281

Error: 0.0006 gl: 12

Raza	Medias	n	E.E.	
Jersey	33.17	3	0.01	A
Holstein	32.99	3	0.01	B
Senepol	32.85	3	0.01	C
Brown Swiss	32.80	3	0.01	C D
Gyr Lechero	32.73	3	0.01	D
Brahman Gris	32.52	3	0.01	E

Brahman Rojo 32.40 3 0.01 F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03633

Error: 0.0006 gl: 12

Horario Medias n E.E.

Tarde 32.85 7 0.01 A

Noche 32.76 7 0.01 B

Mañana 32.74 7 0.01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 7. Panel fotográfico



IMAGEN N°1

Toma de datos de la longitud del pelo

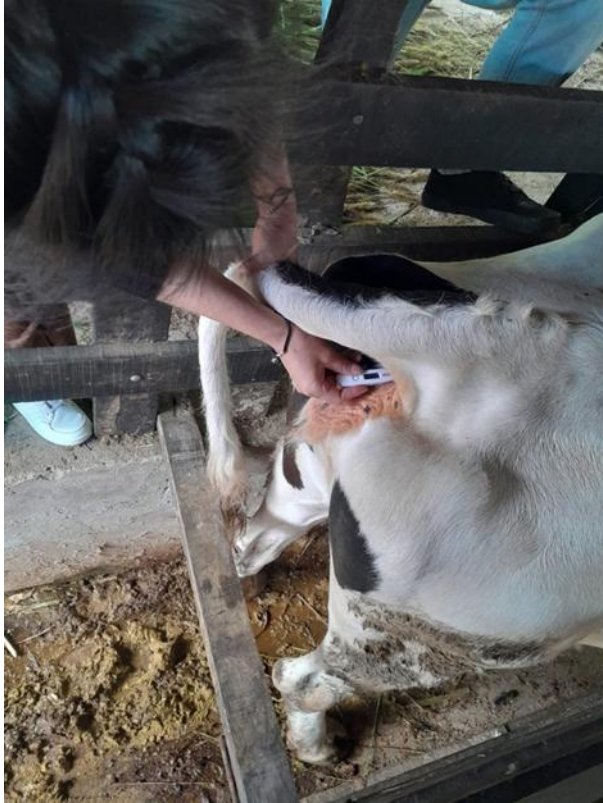


IMAGEN N° 2

Medición de la temperatura con un termómetro rectal.



IMAGEN N°3

Colocación de la cinta con los electrodos para la medición del ritmo cardíaco signos vitales.



IMAGEN N°4

Colocación de MOSIVILLE (MONITOR DE SIGNOS VITALES LLEVABLE) para realizar medición de los signos vitales.

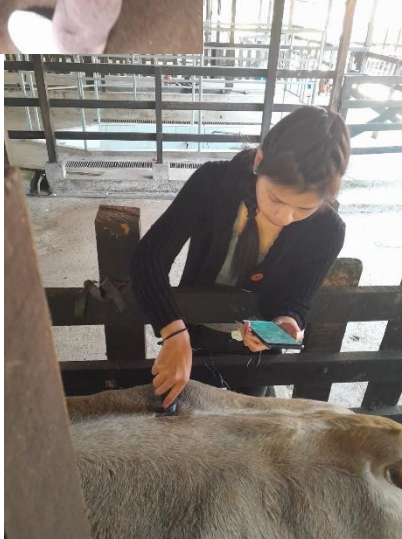


IMAGEN N° 5

Visualización de la medición del ritmo cardiaco y los signos vitales en el Software.