

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL



**ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTRÉS TÉRMICO Y SU
RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS
BROWN SWISS EN EL TRÓPICO**

TESIS

Para optar el grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA
MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTADO POR:
Ing. PATRICIA LESLY ESTUPIÑAN PALMA

TINGO MARÍA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
UNIDAD DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
Nro. 002-2024-UPG-FRNR-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 07:00 p.m. del viernes 19 de enero de 2024, reunidos virtualmente vía Microsoft Teams, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

"ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTRÉS TÉRMICO Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS BROWN SWISS EN EL TRÓPICO".

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención: Gestión Ambiental ESTUPIÑAN PALMA, PATRICIA LESLY.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO** Acto seguido, a horas **09:30 p.m.** el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

Dr. CESAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ
Presidente del Jurado

Dr. RIZAL ALCIDES ROBLES HUAYNATE
Miembro del Jurado

Dr. CARLOS ENRIQUE ARÉVALO ARÉVALO
Miembro del Jurado

Dr. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
Asesor



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 076 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Maestría en Gestión Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTRÉS TÉRMICO Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS BROWN SWISS EN EL TRÓPICO	PATRICIA LESLY ESTUPIÑAN PALMA	22 % Veintidós

Tingo María, 29 de febrero de 2024


 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
 Dr. Tomas Menacho Mallqui
 JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL



**ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ESTRÉS TÉRMICO Y SU RELACIÓN
CON LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS BROWN SWISS EN EL
TRÓPICO**

Autor : Patricia Lesly Estupiñan Palma
Asesores : Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado
: M.Sc. Jorge Ant3nio Romero Estacio
Programa de investigaci3n : gesti3n ambiental
L3nea de investigaci3n : Sistema de gesti3n
Eje tem3tico : gesti3n ambiental
Lugar de ejecuci3n : Granja Zootecnia – Universidad Nacional Agraria
de la Selva – Tingo Mar3a Hu3nuco.
Duraci3n : 64 d3as
Financiamiento : S/. 8814.75
Fedu : No
Propio: Si
Otros : No

Tingo Mar3a – Per3. 2024

DEDICATORIA

A Dios creador, por darme salud y fuerzas para cumplir mis proyectos y quien estuvo presente en cada momento de mi vida.

A mi padre, quien hoy no se encuentra en este mundo, pero fue el ejemplo y estímulo para ser cada día mejor.

A mi madre, mi gran apoyo quien me guía perseverantemente en este camino personal y profesional brindándome su comprensión y amor incondicional

A mis hermanos, quienes me extendieron sus manos en mis momentos buenos y difíciles en esta etapa personal y profesional.

A mi esposo e hijos, quienes son el motivo para seguir esforzándome cada día y desarrollarme profesional y personalmente, comprendiendo que en la vida se logra grandes cosas con esfuerzo, perseverancia y humildad.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a los docentes de la facultad de Zootecnia por brindarme los conocimientos necesarios para mi vida profesional.

A mi asesor Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado y co asesor Mg. Jorge Antonio Romero Estacio, por su amistad y apoyo en la ejecución del proyecto de investigación.

A los miembros del jurado Dr. Cesar López López, Dr. Carlos Arévalo Arévalo y Dr. Rizal Alcides Robles Huaynate por su aporte y profesionalismo en el presente trabajo de investigación.

Al Señor Cirilo Rojas Saravia por brindarme las facilidades durante las evaluaciones en la ejecución del trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Objetivo general	7
1.2. Objetivos específicos	7
II. REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1. Antecedentes	8
2.1.1. Antecedentes internacionales	8
2.1.2. Antecedentes nacionales	11
2.1.3. Antecedentes locales	11
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. Características biometeorológicas	11
2.2.2. Humedad relativa e índice de temperatura y humedad (ITH)	12
2.2.3. Respuestas del ganado bovino a condiciones de estrés climático	14
2.2.4. Características de la raza Brown Swiss	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Lugar y fecha de ejecución	17
3.2. Tipo de investigación	17
3.3. Instalaciones, equipos y materiales	17
3.4. Datos meteorológicos	17
3.5. Animales experimentales	19
3.6. Variable independiente	19
3.7. Análisis estadístico	20
3.8. Variables dependientes	20
3.9. Metodología	20
3.9.1. Producción diaria de leche	20
3.9.2. Contenido de grasa, proteína y sólidos totales de la leche de vaca	20
3.9.3. Índice de temperatura y humedad (ITH)	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1. Temperatura, humedad e índice de temperatura y humedad (ITH)	21
4.2. Relación entre el índice de temperatura y humedad (ITH) y la producción de leche	24
4.3. Características nutricionales de leche de vaca, criados en condiciones tropicales	28
V. CONCLUSIONES	33

VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	34
VII. REFERENCIAS	35
VIII. ANEXO	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Instrumentos meteorológicos de la EHMA Tingo María.....	19
2. Composición porcentual de la dieta balanceada para vacas en producción de leche	19
3. Promedio \pm DE de la temperatura ambiental, humedad relativa ambiental e índice de temperatura y humedad (ITH) de la Granja Zootecnia - UNAS.....	21
4. Promedio \pm DE de la temperatura ambiental, humedad relativa ambiental y producción de leche de vacas en los diferentes meses de evaluación.....	25
5. Composición nutricional de la leche de vaca por meses	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Nivel de estrés en función de los índices de temperatura y humedad ambiental (ITH)	13
2. Temperatura ambiental (°C) por mes y su promedio	21
3. Humedad relativa ambiental (%) por mes y su promedio	22
4. Índice de temperatura y humedad (ITH) por mes y su promedio	22
5. Relación entre el índice de temperatura y humedad (ITH) y la producción de leche por meses	25
6. Proporción de agua y sólidos totales de leche de vaca.....	29
7. Componentes de sólidos totales de leche de vaca.....	29
8. Componentes de sólidos totales de leche de vaca.....	30
9. Proporción de grasa (%) de leche de vaca.....	30
10. Proporción de proteína de leche de vaca	31
11. Proporción de sólidos totales de leche de vaca.....	31

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue relacionar el índice de temperatura y humedad (ITH) con la producción de leche de vacas de la raza Brown Swiss en la Granja Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en los meses de enero, febrero y marzo de 2020. El registro de las variables meteorológicas se realizó con el equipo EHMA de SENAMHI, ubicado en Tingo María cuyas características son: sensor de temperatura con sensibilidad de 0.1 °C y sensor de humedad con sensibilidad de 1%, el registro de los datos fueron expresados en promedio de las 24 horas y la producción de leche fueron registradas en promedio de dos ordeños por día, a las 5:00 am y 2:00 pm durante los 64 días de evaluación, las vacas fueron alimentadas con pasto king grass y una ración concentrada que fue ofrecido en los momentos del ordeño. Los resultados muestran que, en los meses de enero, febrero y marzo de 2020 los promedios del ITH fueron 68.03, 67.5 y 67.07 respectivamente; los cuales ($p>0.05$) no influenciaron a la producción de leche que fue de 7.68, 8.03 y 7.75 kg/vaca/día; también, las proporciones de grasa, proteína y sólidos totales se mantuvieron dentro de los rangos de aceptables de leche de la raza Brown Swiss. Se concluye que el ITH en los meses de enero, febrero y marzo no superó el nivel mínimo que afecta a las vacas; por tanto, la producción de leche y sus nutrientes no fueron influenciados.

Palabras clave: Temperatura, Humedad, Leche, Sólidos totales, Bovinos.

I. INTRODUCCIÓN

Los animales homeotermos son aquellos que pueden regular su temperatura corporal independientemente de las condiciones bioclimatológicas, para regular su temperatura activan diversos mecanismos fisiológicos y físicos con la característica que tienen un alto precio sobre todo energético. Los bovinos, son animales homeotermos con una temperatura corporal en promedio de 39° C, dicha temperatura es causada por dos diferentes factores, siendo el principal los efectos del clima donde está el animal y el incremento calórico que ocurre del proceso metabólico de los propios animales; ambos efectos pueden generar procesos de estrés calórico afectando los índices reproductivos y productivos.

Thom (1958) dio a conocer una relación de dos índices climáticos para generar el índice de temperatura humedad del aire (ITH); de acuerdo al valor de ITH el autor clasificó de la siguiente forma: ITH menor a 72 indica que el vacuno está en un ambiente termoneutral lo cual no ocurre el proceso de estrés, valores de 72 a 78 es cuando el animal está en un proceso de estrés ligero, valores de 79 a 88 es cuando animal está en un proceso de estrés moderado, valores de 89 a 99 es cuando el animal está en un proceso de estrés severo y cuando el ITH es mayor a 99 es cuando el animal está sometido a un proceso de estrés para promover la muerte.

Otros autores como Lenis et al. (2016) optaron por aumentar dos variables climáticas para generar el ITHVR, dichas variables son la velocidad del viento sobre todo para la zona tropical, los autores determinaron que la velocidad del viento y radiación solar también influyen sobre la termo neutralidad de los animales. Además, Steadman (1979) reporta que a mayor velocidad de viento el animal puede disipar mejor el calor y evitar entrar en estrés; entretanto a mayor radiación solar puede agudizar el estrés térmico en los animales.

Los países tropicales se caracterizan por estar sometidos a altas temperatura y humedad ambiental, variables que aumentan los índices propiciando a que los animales queden sometidos a procesos de estrés por calor; sin embargo, en las regiones tropicales se desarrollan actividades ganaderas en forma extensiva y semi intensiva con animales con alta producción de leche; por tanto los efectos climáticos más los efectos metabólicos inherentes a los animales sobre todo de alta producción generan un proceso de estrés comprometiendo la producción de leche.

Actualmente, hay pocos datos del índice de temperatura y humedad (ITH) en las zonas tropicales y su relación con la producción de leche de vaca; es así como, determinar el ITH nos ayudará a identificar si los vacunos están en un proceso de estrés térmico y cuál sería el manejo medioambiental para atenuar dicho estrés. Por tanto, la hipótesis planteada es: El índice de ITH

en el trópico alrededor de la ciudad de Tingo María es mayor a 72 el cual causa estrés a las vacas, conllevando a menor producción de leche.

1.1. Objetivo general

- Estimar el índice de temperatura y humedad (ITH) y determinar su relación con la producción de leche por vacas de la raza Brown Swiss en Tingo María.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el índice de temperatura y humedad (ITH) mediante los valores de temperatura y humedad ambiental en la Granja Zootecnia - Tingo María.
- Evaluar la relación entre el índice de ITH y la producción de leche por vacas de la raza Brown Swiss criado en Tingo María.
- Determinar la grasa, proteína y sólidos totales de la leche de vaca producida en la Granja Zootecnia -Tingo María.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Frigeri et al. (2023) comentan que, debido al cambio climático, el estrés térmico es un problema creciente para la industria láctea; por tanto, las pérdidas económicas anuales en el sector lácteo se verifican principalmente a gran escala, el objetivo fue analizar los efectos del estrés térmico en vacas lecheras manejadas en un sistema de confinamiento a través de los datos que se obtuvieron de la Web of Science un total de 604 artículos científicos. Los autores concluyen que los Estados Unidos, seguido de China, Italia y Alemania fueron los países que lideran sobre nutrición, reproducción, inmunología, comportamiento, ambiente térmico y tipos de confinamiento; entretanto, los temas de comportamiento, ITH y estrés térmico son las tendencias de este estudio.

Correa-Calderón et al. (2022) realizaron una revisión sobre el estrés por calor en vacunos de leche con el objetivo de evaluar la producción de leche y concluyeron que, el estrés por calor afectó negativamente la producción de leche en el ganado lechero, los efectos más adversos ocurrieron en animales de alta genética en aquellos como la raza Holstein que además de ser excelentes productoras de leche es una raza altamente sensible altas temperaturas y humedades; además, recalca que las razas sensibles al calor y son de alta producción el ITH mínimo que evitan entrar en estrés es de 68. Este trabajo de investigación se realizó en México tomando datos de diferentes países sobre todo tropicales.

La baja producción de leche está relacionada con un decremento de consumo de materia seca por la vaca y el restante se debe a efectos directos sobre el metabolismo general y la activación de diferentes formas fisiológicas y físicas para controlar el incremento de temperatura corporal. Paradójicamente, a mayor selección para producir mayor cantidad de leche se obtiene animales genéticamente con menor resistencia o tolerancia al estrés por calor, los autores recomiendan trabajar en ambas variables, tanto en alta producción de leche y tolerancia a altas temperaturas (Correa-Calderón et al., 2022). También, Pawar et al. (2018) comentan que el estrés por calor reduce la producción de la leche y además influye negativamente en su composición nutricional y microbiológica, de esta forma las concentraciones de grasa y proteína se reduce y a la vez aumenta las células somáticas (Bouraoui et al., 2002).

Valdivia-Cruz et al. (2021) estudiaron los efectos del ITH, temperatura rectal y la frecuencia respiratoria sobre la producción de leche de vacas en pastoreo, los datos se

tomaron en la mañana, medio día y tarde, los resultados indican que en las mañanas los vacunos están en zona termoneutral con un ITH de 69.59 (7:00 a 9:00 horas), entretanto al medio día se encuentran en estrés calórico medio con un ITH de 79.61 (11:00 a 12:30 horas) y en la tarde en estrés severo con 91.69 de ITH (15:00 a 16:30 horas). Además, las vacas de alta producción (14.24 kg/vaca/día) presentaron temperaturas rectales más altos entre 0.16 a 0.21 °C y la frecuencia respiratoria se aumentó ($p < 0.0024$) en 9.21 y 7.89% en relación con el grupo de media producción (9.68 kg/vaca/día). Además, Polsky y Von Keyserlingk (2017) comentan que en respuesta al aumento de la temperatura global los efectos del estrés térmico alto se han extendido de zonas tropicales a zonas septentrionales, constatando que cuando el ITH supero el valor de 72 reduce la productividad de las vacas productoras de leche, afecta la salud y su comportamiento.

Ekine-Dzivenu et al. (2020) evaluaron la relación del estrés térmico mediante el ITH sobre la producción lechera de productores pequeños en Tanzania entre los años 2016 y 2019 y los resultados muestran que el estrés térmico redujo la producción de leche entre un 4,16% y un 14,42% en todos los grupos de ITH. Los autores relacionaron la producción de leche con diferentes rangos de ITH, dónde se nota que de 61 a 66 de ITH la leche producida fue leche es de 7.67 kg/vaca/día, de 67 a 71 de ITH la producción de leche es de 7.64 kg/vaca/día, de 72 a 76 de ITH la leche producida es de 7.43 kg/vaca/día, de 77 a 81 de ITH la producción de leche es de 6.52 kg/vaca/día y de 82 a 86 de ITH la producción de leche es de 5.99 kg/vaca/día; observándose qua mayor valor de ITH la producción de leche por la vacas se reduce en 0.39, 2.75, 12.25 y 8.13% las producciones de leche conforme el rango de ITH se incrementa.

Ruiz-Jaramillo et al. (2019) estudiaron la asociación entre el ITH y la leche producida por vacas de raza Holstein, jersey y sus cruces, los datos se recolectaron entre 1990 a 2005, dónde determinaron en promedio 65.2 de ITH y un máximo de 76.2 para la región central y 74.3 de ITH en promedio y 87.2 de ITH como máximo para la región norte; además, la producción de leche fue en ambas regiones de 19.5 ± 7.9 kg además para el rango de ITH entre 72 y 88 se determinaron reducciones lineales de 0.41 para Holstein, 0.29 para jersey y 0.36 para Holstein x Jersey, observándose menor reducción de producción de leche en la raza Jersey posiblemente por su mejor adaptación a climas con altos niveles de temperatura y pH. Además, los autores recalcan que no hubo diferencias ($p > 0.05$) de la producción de leche cuando el ITH fue menor a 72.

Cerqueira et al. (2016) estudiaron las variables ambientales y fisiológicas sobre la producción de leche de vacas, dónde observaron que el ITH supero el valor de 72 en 52 días

durante un año y el periodo más crítico de la jornada fue entre las 12 y 16 horas, también el cambio de ITH de 72 a 78 promovió un aumento de 1.3 °C y 37.3 respiraciones/min en los vacunos productores de leche, asimismo, se determinó una correlación alta entre la frecuencia respiratoria, la temperatura rectal y ambas con el ITH por lo que estas variables fisiológicas se consideran notables para pronosticar el estrés térmico y finalmente calcularon que la vacas sometidas a un ITH mayores a 78 sufrieron un pérdida de producción de leche de 1.8 kg/vaca/día. También, los autores determinaron la siguiente ecuación $TR = 36.353 + 0.0334 (FR)$, siendo la TR: temperatura rectal en °C y FR: frecuencia respiratoria en n°/minuto, con un coeficiente de determinación de 0.9.

Asimismo, sostiene que a mayor exposición de las vacas a ITH altos o mayores a 72 generan pérdidas económicas de 680, 477 y 587 dólares por lactancia para vacas Holstein, Jersey y Holstein x Jersey, respectivamente, indicando que el estrés calórico es la falta de bienestar que experimentan las vacas cuando los mecanismos fisiológicos y físicos que cumplen la función de modular la temperatura interna realizan denodados trabajos metabólicos y energéticos ante un ITH principalmente más de 72 (West et al., 2003); por tanto, los efectos bioclimatológicos adversos a las vacas generan reducción de la producción y por tanto pérdidas económicas. Asimismo, Bohmanova et al. (2007) reportaron datos del sur de Estados Unidos dónde la producción de leche por vacas Holstein se redujeron en 0.39 kg de leche por cada incremento del ITH obviamente a partir del valor crítico máximo 72.

Gomez-Pataquiva (2017) estudió el comportamiento climático sobre la calidad y producción de leche en el departamento de Antioquía Colombia y reportó una producción de leche de 17.34 ± 0.88 kg con $3.66 \pm 0.11\%$ de grasa, $3.33 \pm 0.05\%$ de proteína y $12.07 \pm 0.17\%$ de sólidos totales cuando el ITH fue menor o igual a 72; entretanto, cuando el ITH fue mayor a 72 hubo una producción de 17.03 ± 0.81 kg, $3.79 \pm 0.11\%$ de grasa, $3.27 \pm 0.05\%$ de proteína y $12.32 \pm 0.16\%$ de sólidos totales, mostrándose ($p > 0.05$) semejante producción de leche, pero ($p < 0.05$) mayor grasa y sólidos totales en las vacas sometidas a estrés térmico y ($p < 0.05$) mayor proteína en la leche de las vacas sin estrés térmico o un ITH menor o igual a 72.

El ITH fue propuesto al inicio para humanos, pero NRC (1991), Bohmanova et al. (2007) y Hammami et al. (2013) quienes determinaron que la zona de confort de los bovinos es cuando el ITH está por debajo de 72, dicho índice se logra con 23 °C de temperatura y 80% de humedad relativa; rangos de ITH entre 72 a 79 ocasiona un estrés moderado, entre 80 y 89 con estrés moderado a severo y valores mayor que 89 ocasionan estrés severo; entretanto, los efectos pueden variar de acuerdo con las condiciones geográficas, manejo de los animales, tipos de instalaciones, raza, nivel de producción y alimentación y nutrición (Dunn et al. 2014).

Los principales síntomas fisiológicos de animales en proceso de estrés por calor son el incremento de la temperatura rectal, el jadeo y el incremento de la frecuencia respiratoria (Pragna et al., 2017). Las alteraciones fisiológicas mencionadas afectan el consumo de alimento, la fisiología ruminal con una nítida reducción del consumo de alimento, traducido a menor consumo de materia seca generando un balance negativo energético y por consiguiente menor producción de leche. El mismo autor argumenta que el estrés por calor también puede afectar negativamente la salud de la ubre, agudizando la baja producción de leche.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ruiz et al. (2019) evaluaron el estrés calórico en el departamento de Lima desde 2010 hasta el 2013, donde concluyen que el ganado lechero de la región Lima constantemente están con estrés calórico durante todo el año, siendo la localidad de Cañete la más afectada. Los valores de ITH mínimo y máximo fue de 60.19 ± 0.29 y 76.25 ± 0.22 , respectivamente para la localidad de cañete, entretanto en Lurín se reportaron 61.92 ± 0.25 y 69.74 ± 0.29 de ITH mínimo y máximo, respectivamente. Además, sostienen que la duración del estrés por calor supera las 10 horas diarias en los meses de verano (enero, febrero y marzo).

2.1.3. Antecedentes locales

Romero-Estacio et al. (2019) estimaron el índice de temperatura y humedad (ITH) de los 12 meses del año 2018, mediante la estación hidrometeorológica automática (EHMA) ubicada en la localidad de Tingo María en las coordenadas geográfica $09^{\circ}17'45.65''$ de latitud sur y $76^{\circ}00'7.45$ de longitud oeste, los resultados muestran que en los meses de febrero, mayo, septiembre, octubre y noviembre el ITH fue mayor al confort que es de 72; sin embargo, en los otros meses se evidencia valores de ITH igual o menores a 72, indicando que los vacunos dependiendo del mes ligeramente presentan estrés por calor.

4.2. Bases teóricas

2.2.1. Características biometeorológicas

Temperatura ambiental

La temperatura ambiental es quizás el factor más estudiado y a la vez más usado como señal de estrés en vacunos de leche (Cerqueira et al., 2016). Alzina et al. (2001) reportaron que es necesario registrar el rango de temperatura ambiental aceptable para el ganado es de 10 a 25 °C y que estas especies están continuamente exhibidos a ambientes que pueden influir directamente en sus variables fisiológicas y productivas (Liu et al., 2019). Asimismo, la

temperatura corporal, las frecuencias cardíaca y respiratoria mostraron alteraciones entre las horas de la mañana y tarde, demostrando la influencia de la temperatura ambiental en las vacas (Unchupaico et al., 2020). Cerqueira et al. (2016) reportaron los efectos de altas temperaturas ambientales sobre los animales, verificándose que en verano con temperatura mayor a 34 °C el 73.0% de los vacunos mostraron una temperatura rectal mayor a 39.1°C. Asimismo, la temperatura corporal de una vaca es una señal elemental de la salud del animal, que se tiene en consideración durante un examen clínico integral del animal para obtener excelentes respuestas de diagnóstico (Duguma, 2016; Lee et al., 2016). De manera similar, la temperatura corporal es una de las variables elementales para determinar y evaluar la hipertermia en vacas durante el verano (Dalcin et al., 2016).

Los índices fisiológicos como la temperatura rectal y la frecuencia respiratoria generalmente son pueden verse inducidos por efectos ambientales (Nardone et al., 2010). Dalcin et al. (2016) informaron que las vacas Holstein y $\frac{3}{4}$ Holstein exhibieron un incremento de la temperatura rectal y la frecuencia cardíaca a efectos de la temperatura ambiental. De Andrade et al (2017) reportaron que el estrés ambiental en vacas Holstein aumentaba la temperatura rectal en 1.5°C a diferencia de las vacas encontradas en ambientes termoneutrales. El monitoreo de la temperatura rectal, frecuencia respiratoria e índice de temperatura y humedad (THI) puede revelar el estrés por calor en las vacas lecheras (Cerqueira et al., 2016).

2.2.2. Humedad relativa e índice de temperatura y humedad (ITH)

Un aumento de la humedad relativa puede afectar la temperatura corporal debido a que las altas humedades disminuyen el intercambio entre el aire y la superficie corporal del animal, provocando un incremento del estrés por calor (Saravia & Cruz, 2003). De hecho, los cuerpos de los animales pierden la capacidad de perder calor mediante la sudoración (Arias et al., 2008) y la respiración (Cerqueira et al., 2016). También, el incremento de la humedad conduce a una reducción del consumo de alimento, un deterioro de la fertilidad y una disminución de la producción de vacas lecheras (Herbut et al., 2018). La humedad relativa y la temperatura ambiente se utilizan juntas para obtener ITH, que es un índice considerable para evaluar el estrés por calor en vacas lecheras (Liu et al., 2019). Un ITH menos de 68 permite a las vacas conservar una respiración y una temperatura corporal permanente (Xue et al., 2010). Entretanto, un ITH más de 72 provoca cambios en la temperatura corporal y una reducción de la productividad lechera (Herbut et al., 2018).

Entretanto Cerqueira et al. (2016) propone la siguiente ecuación para calcular el ITH

$$ITH = (0.81 * T) + (HR * (T - 14.4)) + 46.2$$

Donde:

ITH: Índice de Temperatura y Humedad (adimensional)

T: Temperatura del aire °C

HR: Humedad relativa del aire (decimal (HR/100))

Además, Mader (2003) propone la ecuación del Índice de temperatura, humedad, velocidad de viento y radiación solar:

$$ITHVR = [4.51 + ITH - (1.992*WSPD) + (0.0079*RAD)].$$

Donde:

ITHA: Índice de Temperatura Humedad ajustado por velocidad de viento y radiación solar (adimensional)

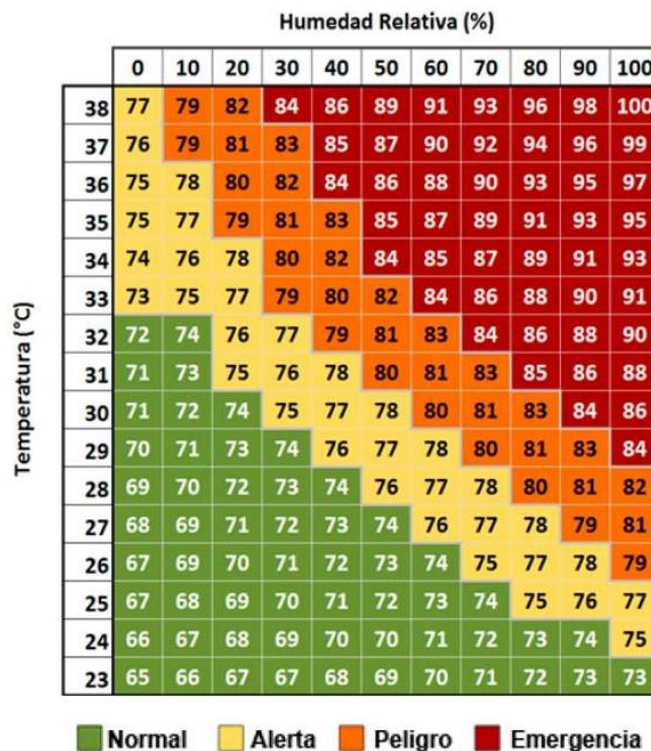
ITH: Índice de Temperatura Humedad (adimensional)

WSPD: Velocidad del viento m/s.

RAD: Radiación Solar en Kcal/m²/h.

El Gráfico 1 muestra valores de ITH en relación con la temperatura ambiental y la humedad relativa ambiental, además indica los valores de ITH con los grados de estrés térmico normal, alerta, peligro y emergencia.

Figura 1. Nivel de estrés en función de los índices de temperatura y humedad ambiental (ITH)



2.2.3. Respuestas del ganado bovino a condiciones de estrés climático

Cambios en los patrones de comportamiento de la alimentación

Los principales fenómenos fisiológicos que ocurren en condiciones de CE en las vacas lecheras son un aumento de la frecuencia respiratoria, la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal, pero lo más importante es una disminución en el consumo de alimento y la producción de leche. La disipación de calor asociada con la adaptación metabólica es un proceso costoso en términos de gasto energético y será en parte responsable de la reducción de la producción de leche (Liu et al., 2017; Polsky y Keyserlingk, 2017). En este sentido, se ha informado que la ingesta reducida de nutrientes representa sólo el 35% del estrés inducido por el calor y tiene el efecto de reducir la síntesis de lactato. Además, el perfil metabólico de las vacas con estrés por calor difiere del de las vacas en período de lactancia o que tienen niveles nutricionales reducidos (Rhoads et al., 2009; Wheelock et al., 2010). El consumo de alimento en vacas lactantes comienza a disminuir a temperaturas del aire de 25-26 °C y disminuye gradualmente por encima de 30 °C en climas templados, y a 40 °C puede disminuir hasta un nivel del 40%. En otras especies, como las cabras lecheras, este porcentaje disminuye del 22 al 35% y en el búfalo puede llegar al 8 al 10% (Sejian et al., 2010; Das et al., 2016). La Tabla 1 muestra las consecuencias de la CE sobre el balance energético y la productividad después de reducir el consumo de alimentos en otras especies animales. En el ganado vacuno, se encontró que las pérdidas por EC no son tan graves como en el ganado lechero. El costo por día de producción lechera es de 2,5 USD/día para el ganado vacuno (St-Pierre et al., 2003). No está del todo claro si el ganado vacuno puede tolerar temperaturas y humedad más altas, además de tener un umbral de estrés calórico más alto, que el ganado lechero, y esto puede deberse a que la relación superficie/volumen aumenta y disminuye el calor en el rumen. debido al tipo de dieta (principalmente cereales) (Baumgard y Rhoads, 2013).

Otro estudio en ganado vacuno demostró que el consumo de alimento cambiaba sólo ligeramente cuando las temperaturas estaban entre 10 y 25°C. Sin embargo, la tasa de digestión disminuye hasta un 70% y la cantidad de alimento consumido disminuye rápidamente cuando los animales están expuestos durante más de 6 horas. temperaturas superiores a 30°C, por lo tanto, se concluye que la CE afecta el consumo de alimento, sin embargo, se cree que la reducción en la digestibilidad es más importante que el consumo de alimento, como se muestra en la Tabla 1, siempre reduce la eficiencia alimenticia (Leu et al., 1977).

Recientemente se ha publicado que la CE induce altas temperaturas en el rumen, afectando positivamente la digestibilidad de la materia seca y la fibra detergente neutra (FDN), al tiempo que afecta negativamente la digestibilidad de los sólidos orgánicos (MO). La

capacidad digestiva deteriorada en animales con estrés por calor se debe a cambios en la actividad bacteriana, así como a la absorción de nutrientes en el rumen y el intestino, ya que la fermentación la llevan a cabo principalmente los microorganismos del rumen (Hyder et al., 2017). Reducir el consumo de alimento en el ganado es un mecanismo para reducir la producción de calor en ambientes cálidos; sin embargo, la ganancia de calor del alimento es una fuente importante de producción de calor en los animales debido al largo período de almacenamiento de los alimentos. Fase de equilibrio energético (NEB) en la CE, por lo que el peso y la condición corporal disminuyen (Das et al., 2016).

Cambios fisiológicos

El ganado tiene la competencia de modular el metabolismo para sostener una temperatura corporal equilibrada en diversos eventos y ambientes (Godyn et al., 2019). Esta modulación se logra mediante mecanismos fisiológicos divididos en tres etapas: sensación relacionada con el calor, regulación central y reacciones centrífugas. Los termorreceptores registran la sensación de calor aferente (Kurz, 2008). El cuerpo de la vaca cuenta con receptores o sensores de temperatura fría y caliente, ubicados en diversos puntos del cuerpo como el sistema nervioso central, la piel y en ciertos órganos (Tansey & Johnson., 2015). Estos receptores se encargarán de sensar y transportar pesquisas mediante neuronas aferentes, las cuales remitirán datos al hipotálamo para iniciar la puesta en marcha de instrumentos que eliminen o retengan calor (Kamm & Siemens, 2016).

La termorregulación central se modula en el hipotálamo, cuando se genera calor o cuando se genera frío las partes anterior y posteriores se activan, respectivamente (Kurz, 2008 y Tansey y Johnson., 2015). Entretanto, la pérdida de calor se acciona mediante la radiación, conducción, convección y evaporación (Oyhanart et al., 2017). La radiación es el traslado de energía en forma de rayos infrarrojos entre el medio ambiente y el cuerpo de un animal. La cantidad de energía obtenido por un objeto depende de la temperatura, textura y color, siendo las superficies oscuras las que irradian y absorben más calor que las superficies claras (Kadzere, 2002; Corrales, 2014).

Por otro lado, la conducción térmica es la pérdida de calor por contacto directo del cuerpo de un animal con un objeto frío, provocando un equilibrio entre la temperatura del objeto y la temperatura corporal (Picón et al., 2020). El mecanismo de convección se obtiene a través del movimiento de líquido o gas en contacto con la piel (Scharf, 2008). Cuando el aire frío entra en contacto con un cuerpo caliente, una capa de aire que rodea la superficie del cuerpo se calienta y se aleja del cuerpo, llevándose el calor consigo y enfriando así el cuerpo (Kadzere,

2002). De manera similar, la evaporación es la pérdida de calor a través del agua con el sistema respiratorio (respiración) y a través de la piel (sudor) (Collier & Gebremedhin, 2015). Cabe señalar que el sudor en la superficie corporal depende de la humedad, la temperatura y el flujo de aire (Sanmiguel & Díaz., 2011; Pérez, 2013; Brown, 2018).

2.2.4. Características de la raza Brown Swiss

Brown Swiss, también llamado Pardo Suizo es una raza bovina de doble propósito muy eficiente, tanto para la producción lechera como para la obtención de carne, son resistentes al calor y frío, producen leche ideal para producción de quesos con altos niveles de sólidos, su piel es de color café gris, de pelo corto, de piel pigmentada, de ubre y pezones bien desarrollados y las vacas pesan entre 650 a 750 kg, esta raza produce en promedio 12 litros de leche por día con 4% de grasa. (Actualidad Ganadera, 2023). En Perú es la segunda raza pardo suizo (17,6%) con una tasa de crecimiento anual del 1,9% (período 2007-2016); Las regiones más pobladas son Cajamarca (17,7%), Puno (11,41%) y Cusco (9,05%). Durante este período, las regiones con mayores tasas de crecimiento promedio fueron Cusco (11,6%), San Martín (9,1%) y Tumbes (6,6%) (MINAGRI, 2017).

De acuerdo con Bazán-Arce (2012) reporta que la leche de las vacas Brown Swiss tienen un promedio de $12.23 \pm 0.99\%$ de sólidos totales, $3.07 \pm 0.98\%$ de grasa, $2.86 \pm 0.22\%$ de proteína total, $8.89 \pm 0.34\%$ de sólidos no grasos y $0.77 \pm 0.10\%$ de ceniza; además, comenta que el contenido de los diferentes componentes de la leche está influenciado por una gran variedad de factores, que pueden afectar la homogeneidad dentro de un rebaño, como la raza, sistemas de alimentación, periodo de lactancia, manejo y presencia de enfermedades.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

4.3. Lugar y fecha de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en la unidad de vacunos de leche del Centro de Capacitación e Investigación Granja Zootecnia de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, localizado en la ciudad de Tingo María – Huánuco, a 660 m.s.n.m. con una temperatura promedio anual de 24°C, con una precipitación pluvial de 3100 mm y una humedad relativa anual de 80%. El trabajo experimental tuvo una duración de 64 días, el cual se realizó entre enero a marzo de 2020 (Plano del lugar de ejecución del trabajo).

4.4. Tipo de investigación

El presente trabajo corresponde a una investigación descriptiva.

4.5. Instalaciones, equipos y materiales

Se utilizó el establo para ordeño del Centro de Capacitación e Investigación Granja Zootecnia de la Facultad de Zootecnia, cuyas características son: largo: 13.60 m, ancho 10.76 m y una altura 1.60 m; el piso tiene una pendiente de 4%, en cuyo interior se tiene una manga con guillotinas de madera para seis vacunos con su respectivo comedero tipo canal de cemento, Además, se tuvo un establo con piso de cemento con pendiente de 3% y paredes de fierro con un pasadizo que sirve de comedero, con techo de alucín a dos aguas.

Los equipos utilizados fueron: la Estación Hidrometeorológica Automática (EHMA) de marca SUTRON, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI, ubicada en la ciudad de Tingo María en las coordenadas geográficas 09° 17' 45.65", 76° 00' 7.45" a 646 msnm, balanza electrónica con capacidad de 1000 kg y con sensibilidad de 10 gramos, un termohigrómetro que toma la temperatura y humedad máximo y mínimo del interior del galpón, cámara fotográfica y materiales de escritorio.

4.6. Datos meteorológicos

En el presente trabajo de investigación se registraron los parámetros meteorológicos del equipo EHMA Tingo María que corresponden a: temperatura ambiental y humedad relativa, el registro se realizó por hora, diariamente y durante los 64 días experimentales. A continuación, se describen las características de los equipos y la sensibilidad (Tabla 1).

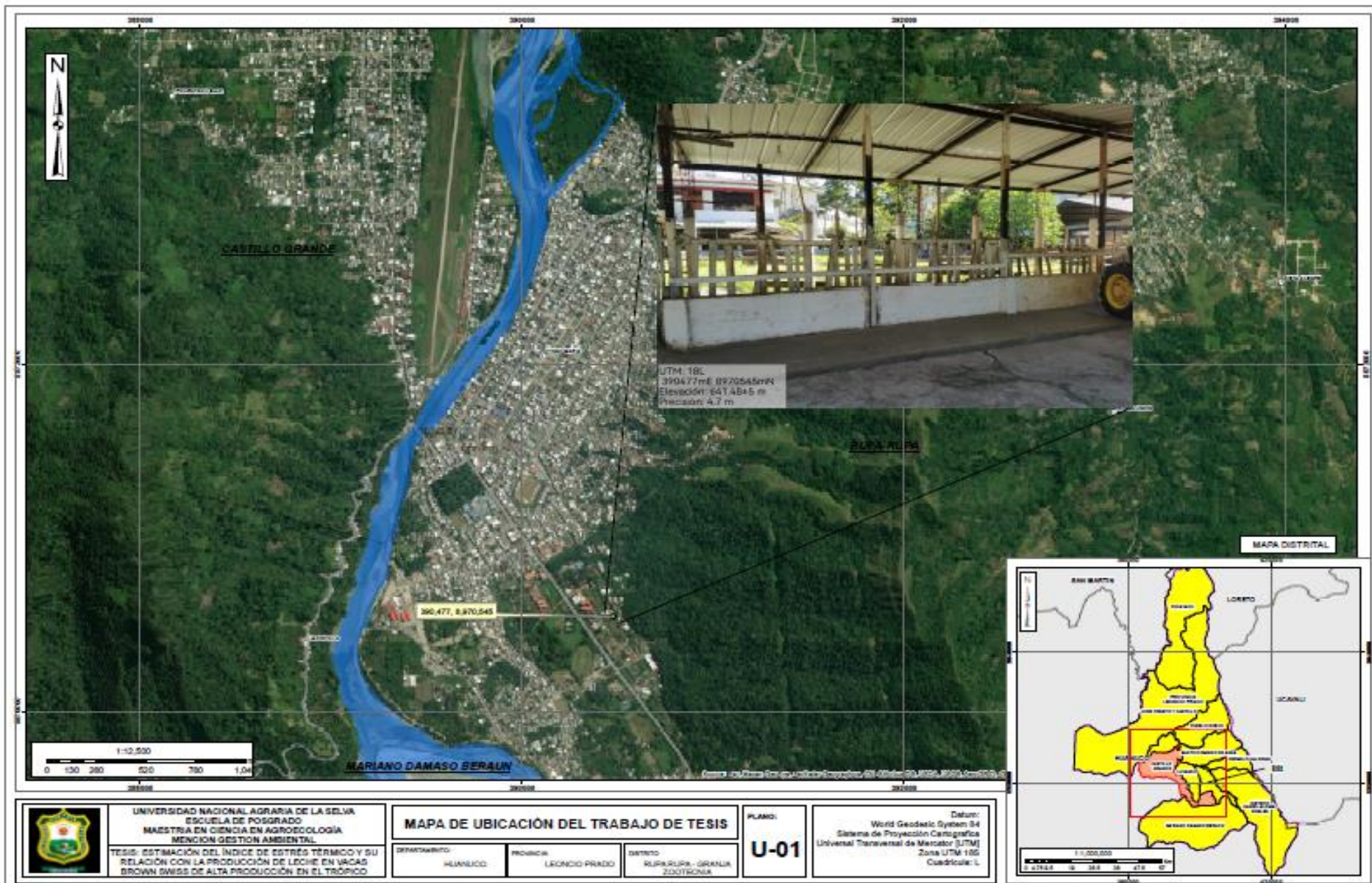


Tabla 1. Instrumentos meteorológicos de la EHMA Tingo María

INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS	MARCA	SENSIBILIDAD	
		Cantidad	Unidad
Sensor de velocidad de viento	YOUNG	0.1	m/s
Sensor de dirección de viento	YOUNG	1.0	grados
Sensor Pluviométrico	SIAP MICROS	0.2	mm
Sensor de Temperatura	VAISALA	0.1	°C
Sensor de Humedad	VAISALA	1.0	%
Sensor de radiación	KIPP&ZONEN	1.0	w/m ²

4.7. Animales experimentales

Se utilizaron 6 vacas de la raza Brown Swiss de un parto, con una edad promedio de 29 meses, de propiedad de la Facultad de Zootecnia - UNAS, estas vacas obtuvieron semejantes condiciones de manejo en el lapso del experimento, una oferta de pasto Camerún (*Echynocloa polystachia*) en una proporción de 10% de su peso vivo y una ración concentrada de acuerdo con producción de leche (NRC, 2001), detalladas en el Tabla 2.

Tabla 2. Composición porcentual de la dieta balanceada para vacas en producción de leche

Insumos	Cantidad, %	Nutrientes	Valor
Pepa de algodón	19.00	Materia seca, %	89.37
Pasta de algodón	19.00	Proteína total, %	20.09
Gluten de maíz, 21%	18.00	Energía neta de lactación, kcal/kg	1637
Torta de soja, 45%	5.00	Fibra detergente ácido, %	18.81
Afrecho de trigo	30.00	Fibra detergente neutro, %	34.94
Aceite de palma	2.00	Calcio, %	0.94
Melaza de caña	4.00	Fósforo, %	0.72
Carbonato de calcio	2.00		
Sal común	0.60		
Premezcla vit. + mineral	0.20		
Total, %	100.00		

*Valores calculados de acuerdo con la NRC (2001).

4.8. Variable independiente

Índice de temperatura y humedad (ITH).

4.9. Análisis estadístico

La producción de leche de seis vacas registradas durante 64 días fue sometida a una estadística descriptiva (promedio y desviación estándar). Los análisis se realizaron utilizando el software estadístico InfoStat (Infostat, 2020).

4.10. Variables dependientes

- Producción diaria de leche, kg

4.11. Metodología

3.9.1. Producción diaria de leche

Esta variable fue registrada dos veces por día, siendo el primer ordeño a las 5.00 am y el segundo ordeño a las 2.00 pm. El registro de la cantidad de leche producida por cada vaca y en los dos horarios se realizó con una balanza tipo reloj con capacidad de 20 kg.

3.9.2. Contenido de grasa, proteína y sólidos totales de la leche de vaca

A los 11, 41 y 64 días de evaluación del ensayo, se tomaron una muestra de 100 mL de leche de un volumen de 47 litros producidos en un día, dichas muestras fueron conducidos al Laboratorio de Análisis y Calidad Sensorial de la Facultad de Industrias- UNAS para sus análisis de grasa mediante el método de Gerber, de proteína mediante el método de Kjeldhal y de sólidos totales mediante el método AOAC (CORPOICA, 2013).

3.9.3. Índice de temperatura y humedad (ITH)

Para determinar el índice de temperatura y humedad relativa del ambiente se utilizó la siguiente fórmula (García et al., 2007)

$$ITH = (0.81 \times T) + (T - 14.4) \times HR/100 + 46.4$$

Donde:

T : Temperatura ambiental

HR: Humedad relativa

Los valores de 0.81, 14.4 y 46.4 son las constantes de una regresión logística calculada para el promedio del índice de temperatura y humedad (ITH) que reportó un coeficiente de determinación de 0.98.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Temperatura, humedad e índice de temperatura y humedad (ITH)

En la Tabla 3 se muestra el promedio y la desviación estándar de las temperaturas ambientales, humedades relativas ambientales y el índice de ITH que fueron determinados en la estación meteorológica ubicado en la ciudad de Tingo María durante los meses de enero, febrero y marzo de 2020 (Figuras 2, 3 y 4).

Tabla 3. Promedio \pm DE de la temperatura ambiental, humedad relativa ambiental e índice de temperatura y humedad (ITH) de la Granja Zootecnia - UNAS

Meses - 2020	Temperatura, °C	Humedad Relativa %	ITH
Enero	21.67 \pm 1.20	60.42 \pm 5.13	68.03 \pm 1.29
Febrero	21.14 \pm 0.99	63.15 \pm 4.60	67.50 \pm 1.13
Marzo	20.87 \pm 1.53	63.77 \pm 8.57	67.07 \pm 1.73
Promedio	21.13 \pm 1.26	62.92 \pm 6.47	67.43 \pm 1.43

En las Figuras 2, 3 y 4 se expresan los valores de temperatura ambiental, humedad relativa y el índice de temperatura y humedad (ITH).

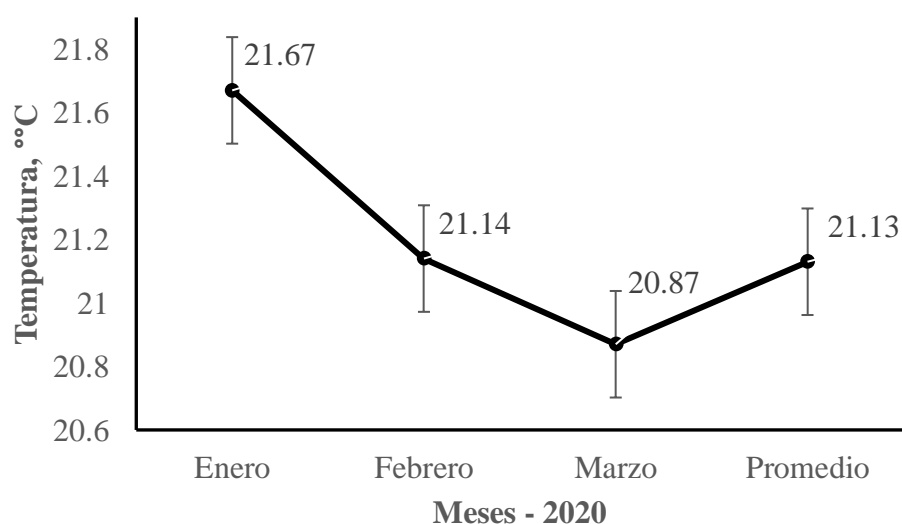


Figura 2. Temperatura ambiental (°C) por mes y su promedio

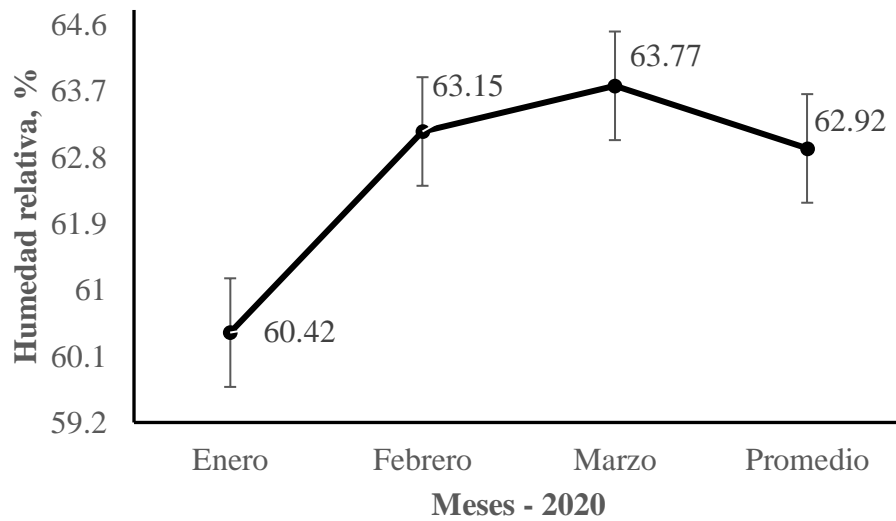


Figura 3. Humedad relativa ambiental (%) por mes y su promedio

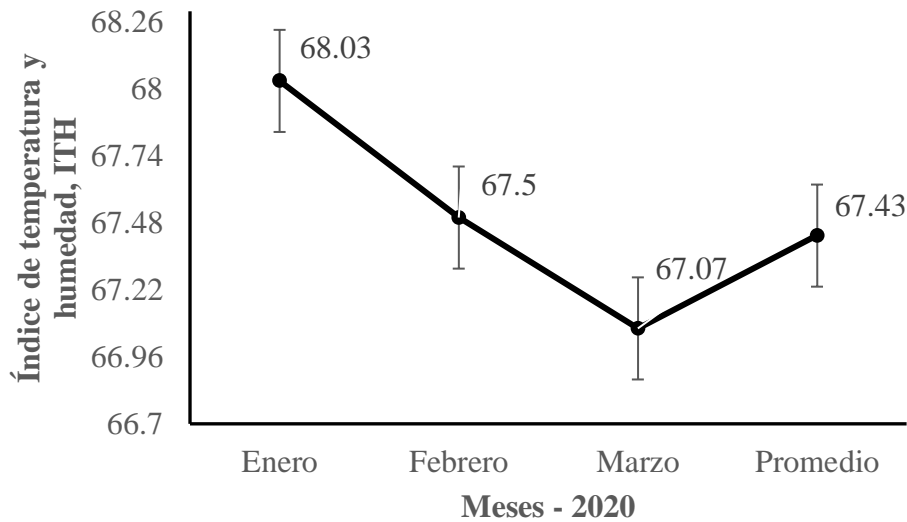


Figura 4. Índice de temperatura y humedad (ITH) por mes y su promedio

La temperatura ambiental (21.13 ± 1.26 °C), la humedad relativa (62.92 ± 6.47) y el índice de temperatura y humedad (67.43 ± 1.43) fueron reportados del promedio de los meses de enero, febrero y marzo de 2020 (Figuras 2, 3 y 4) en la Granja Zootecnia, determinándose que durante el trabajo experimental los animales no fueron sometidos a estrés por alta temperatura. Cuando aumenta la humedad relativa se altera la temperatura corporal debido a que se minimiza el intercambio entre el aire y la superficie corporal del animal, provocando un incremento del estrés por calor (Saravia & Cruz, 2003), debido a la pérdida de temperatura corporal del animal a través del sudor (Arias et al., 2008) y la respiración (Cerqueira et al.,

2016). Además, el incremento de la humedad conduce a una reducción del consumo de alimento, un deterioro de la fertilidad y una disminución de la productividad de las vacas lecheras (Herbut et al., 2018).

La humedad relativa y la temperatura ambiente son las dos variables más importantes y a la vez se unen para generar el índice de temperatura y humedad denominado ITH. El ITH es un marcador muy necesario para medir el estrés por calor en vacas lecheras (Liu et al., 2019). Un ITH menos de 68 permite a las vacas conservar una respiración y una temperatura corporal equilibrados (Xue et al., 2010). Entretanto, un ITH más de 72 inducen a modificaciones en la temperatura corporal y una reducción de la productividad lechera (Herbut et al., 2018).

Además, Armstrong (1994) reporta que la zona de confort de los bovinos es cuando el ITH está menos de 72, lo que concierne a una temperatura de 23 °C y una humedad relativa de 80%. ITH de 72 a 79 se integran con estrés moderado, entre 80 y 89 como estrés severo y cuando es superior a 89 causan estrés severo; entretanto, los efectos pueden variar de acuerdo con las condiciones geográficas, manejo de los animales, tipos de instalaciones, raza, nivel de producción y alimentación y nutrición (Dunn et al. 2014).

También, Cerqueira et al. (2016) estudiaron las variables ambientales y fisiológicas sobre la producción de leche de vacas, dónde observaron que el ITH supero el valor de 72 en 52 días durante un año y el periodo más crítico de la jornada fue entre las 12 y 16 horas, también el cambio de ITH de 72 a 78 significó un incremento de 1.3 °C y 37.3 respiraciones por minuto en las vacas lecheras, asimismo, se determinó una correlación alta entre la frecuencia respiratoria, la temperatura rectal y ambas con el ITH por lo que estos indicadores fisiológicos resultan ser excelentes predictores de estrés térmico y finalmente calcularon que la vacas sometidas a un ITH mayores a 78 sufrieron un pérdida de producción de leche de 1.8 kg/vaca/día.

Asimismo, Valdivia-Cruz et al. (2021) estudiaron los efectos del ITH, temperatura rectal y la frecuencia respiratoria sobre la producción de leche de vacas en pastoreo, los datos se tomaron en la mañana, medio día y tarde, los resultados indican que en las mañanas las vacas se encuentran en zona termoneutral con un ITH de 69.59 (7:00 a 9:00 horas), mientras que al medio día se encuentran en estrés calórico medio con un ITH de 79.61 (11:00 a 12:30 horas) y en la tarde en estrés severo con 91.69 de ITH (15:00 a 16:30 horas). Además, las vacas de alta producción (14.24 kg/vaca/día) presentaron temperaturas rectales más altos entre 0.16 a 0.21 °C y la frecuencia respiratoria se incrementó ($p < 0.0024$) en 9.21 y 7.89% en relación con el grupo de media producción (9.68 kg/vaca/día).

La humedad relativa (HR) es considerada un factor de potencial estrés en el ganado, ya que acentúa las condiciones adversas de las altas temperaturas (Da Silva, 2006). Los principales efectos de la humedad relativa están asociados con una reducción de la efectividad en la disipación de calor por sudoración y respiración (Blackshaw y Blackshaw, 1994; Renaudeau, 2005) y están negativamente asociados al consumo diario de alimento (Meyer et al., 2004). La tasa de evaporación depende de la gradiente de presión de vapor que existe entre el animal y el medioambiente circundante, así como de la resistencia al movimiento en contra de la gradiente.

A temperaturas superiores a los 30 °C, la humedad relativa comienza a jugar un papel importante en el proceso de evaporación; En estas condiciones, un simple gradiente de presión de vapor no es suficiente para asegurar una evaporación adecuada, Richards (1973); Por lo tanto, la alta humedad relativa reduce la capacidad de la piel y el sistema respiratorio para disipar el calor (Da Silva, 2006), afectando a los animales, especialmente en ambientes donde la disipación del calor a través de la evaporación es importante para mantener el equilibrio térmico (NRC, 1981).

El ITH, de los 60 días de estudio (enero, febrero y marzo) se encontró promedios de 67.53 ITH, con valores mínimos de 64.92 y máximo 69.97 ITH respectivamente. Estos valores están en normal según Gaughan et al. (2007). También, Polsky y Von Keyserlingk (2017) comentan que en respuesta al aumento de la temperatura global los efectos del estrés térmico alto se han extendido de zonas tropicales a zonas septentrionales, constatando que cuando el ITH supero el valor de 72 reduce la productividad de las vacas productoras de leche, afecta la salud y su comportamiento.

4.2 Relación entre el índice de temperatura y humedad (ITH) y la producción de leche

En la Tabla 4 se detalla los valores del índice de temperatura y humedad, producción de leche y el análisis de regresión entre la producción de leche y el ITH en los meses de enero, febrero y marzo de 2020.

En la Tabla 4 se observa que en los tres meses de evaluación el ITH fue de 67.43 y la producción de leche de 7.87 kg/vaca/día; asimismo, al análisis de regresión se observa ($p > 0.05$) que no existe relación entre la producción de leche y los índices de temperatura y humedad en cada uno de los meses evaluados y en el total. Estos resultados posiblemente son debidos a que la temperatura medioambiental estuvo en el rango adecuado para las vacas; asimismo, la humedad no fue muy alta, lo cual cuando son altos impacta directamente en el ITH y legiblemente el ITH no superó el valor crítico que es de 72.

Tabla 4. Promedio \pm DE del índice de temperatura y humedad y producción de leche de vacas en los diferentes meses de evaluación

Meses	n	ITH	p-valor W	PL, kg/vaca/día ¹	p-valor W	Regresión lineal ²
Enero	11	68.03 \pm 1.29	0.789	7.68 \pm 0.51	0.705	NS
Febrero	29	67.50 \pm 1.13	0.136	8.03 \pm 0.83	0.115	NS
Marzo	24	67.07 \pm 1.73	0.202	7.75 \pm 0.49	0.714	NS
Promedio	64	67.43 \pm 1.43	0.595	7.87 \pm 0.68 ²	0.087	NS

n: Total de muestras, ITH: Índice de temperatura y humedad, W: Prueba de normalidad Shapiro Wilks (0.05), PL: Producción de leche, ¹: Valor transformado por raíz cuadrada, ²: Entre PL producción de leche e Índice de temperatura y humedad, NS: no significativo a análisis de regresión ($p < 0.05$).

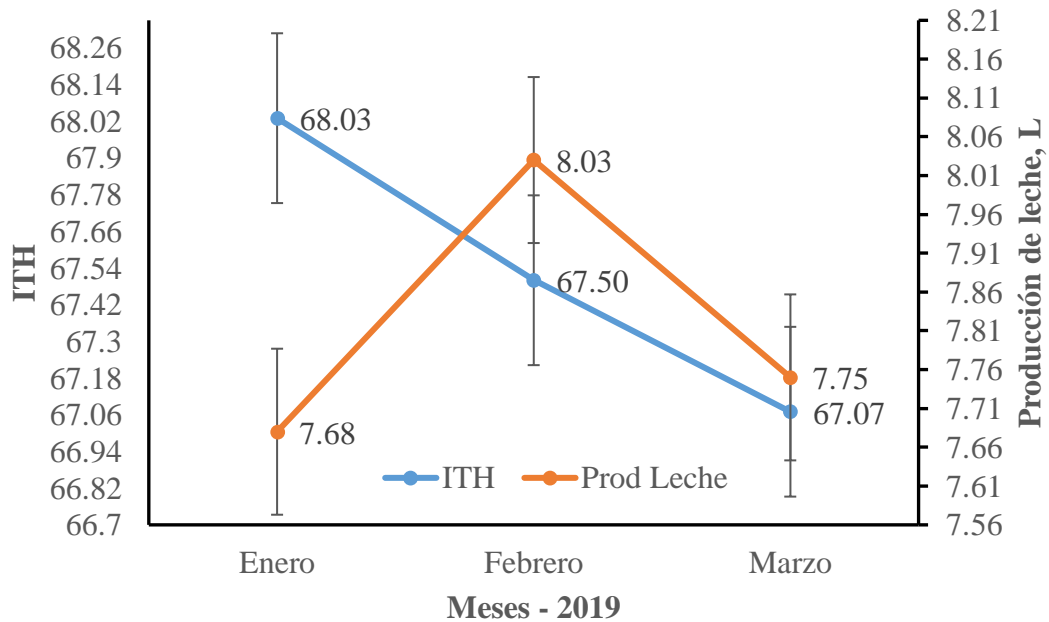


Figura 5. Relación entre el índice de temperatura y humedad (ITH) y la producción de leche por meses

Estos resultados concuerdan con Ruiz-Jaramillo et al. (2019) quienes recalcan que no hubo diferencias ($p > 0.05$) de la productividad lechera cuando el ITH fue menor de 72, asimismo, sostiene que a mayor exposición de las vacas a ITH altos o mayores a 72 generan pérdidas económicas de 680, 477 y 587 dólares por lactancia para vacas Holstein, Jersey y Holstein x Jersey, respectivamente, indicando que el estrés calórico es la percepción de malestar que ensayan las vacas cuando los mecanismos a cargo de modular la temperatura interna realizan esfuerzos metabólicos y energéticos ante un ITH principalmente más de 72 (West et al., 2003); por tanto, los efectos bioclimatológicos adversos a las vacas generan reducción de la

producción y por tanto pérdidas económicas. También, Bohmanova et al. (2007) reportan que en el sur de Estados Unidos la producción de leche de vacas Holstein se redujo en 0.39 kg de leche por cada unidad de incremento del ITH obviamente a partir del valor crítico máximo de 72.

Sin embargo, Ekine-Dzivenu et al. (2020) evaluaron la relación del estrés térmico mediante el ITH sobre la producción lechera de productores pequeños en Tanzania entre los años 2016 y 2019 y los resultados muestran que el estrés térmico redujo la producción de leche entre un 4,16% y un 14,42% en todos los grupos de ITH. Los autores relacionaron la producción de leche con diferentes rangos de ITH, donde se nota que de 61 a 66 de ITH la producción de leche es de 7.67 kg/vaca/día, de 67 a 71 de ITH la producción de leche es de 7.64 kg/vaca/día, de 72 a 76 de ITH la producción de leche es de 7.43 kg/vaca/día, de 77 a 81 de ITH la producción de leche es de 6.52 kg/vaca/día y de 82 a 86 de ITH la producción de leche es de 5.99 kg/vaca/día; observándose que a mayor valor de ITH la producción de leche por las vacas se reduce en 0.39, 2.75, 12.25 y 8.13% las producciones de leche conforme el rango de ITH se incrementa.

Los bovinos, son especies homeotermos que regulan su temperatura corporal en torno a 39 °C para conllevar sus procesos fisiológicos, reproductivos y productivos. La temperatura corporal está íntimamente relacionado a la productividad de los bovinos, es así como la temperatura está interrelacionada al desempeño observándose que los animales de baja productividad generan menor incremento calórico en relación con aquellos animales que son de alta productividad y generan mayor incremento calórico porque su metabolismo es más acelerado. En un sentido más amplio la temperatura corporal también varía dependiendo del tiempo, y las horas del día, tendiendo a ser más bajo en la mañana y más alto en la tarde y temprano noche (Bohmanova, 2001).

Ruiz-Jaramillo et al. (2019) estudiaron la asociación entre el ITH y la producción de leche de vacas de raza Holstein, jersey y sus cruces, los datos se recolectaron entre 1990 a 2005, donde determinaron en promedio 65.2 de ITH y un máximo de 76.2 para la región central y 74.3 de ITH en promedio y 87.2 de ITH como máximo para la región norte; además, la producción de leche fue en ambas regiones de 19.5 ± 7.9 kg/vaca/día. También, cuando el ITH está entre 72 y 88 se determinaron reducciones lineales de 0.41 para vacas Holstein, 0.29 para vacas jersey y 0.36 para los cruces Holstein x Jersey, observándose menor reducción de producción de leche en la raza Jersey posiblemente por su mejor adaptación a climas con altos niveles de temperatura y pH.

Además, los autores recalcan que no hubo diferencias ($p > 0.05$) de la producción de leche cuando el ITH fue menor a 72. Asimismo, sostiene que a mayor exposición de las vacas a ITH altos o mayores a 72 generan pérdidas económicas de 680, 477 y 587 dólares por lactancia para vacas Holstein, Jersey y Holstein x Jersey, respectivamente, indicando que el estrés calórico es la percepción de estrés que prueban las vacas cuando los mecanismos encargados de modular la temperatura interna realizan esfuerzos metabólicos y energéticos ante un ITH principalmente más de 72 (West et al., 2003); por tanto, los efectos bioclimatológicos adversos a las vacas generan reducción de la producción y por tanto pérdidas económicas. Asimismo, Bohmanova et al. (2007) reporta que en el sur de Estados Unidos la producción de leche de vacas Holstein se redujo en 0.39 kg de leche por cada incremento del ITH obviamente a partir del valor crítico máximo 72.

El jadeo, el incremento de la temperatura rectal y el incremento de la frecuencia respiratoria son los síntomas del efecto del estrés por el alto calor, estos síntomas son iniciados en los animales para evitar el incremento de la temperatura corporal y a la vez mantenerse en un rango de termo neutralidad (Pragna et al., 2017). El mismo autor comenta que los síntomas de exceso de calor genera un cambio en el comportamiento de la alimentación y en la fisiología ruminal, optando por la restricción del consumo de materia seca y paralelamente de la performance como es el caso de la producción de leche; los efectos adversos del estrés térmico produce un balance energético negativo, debido a que el animal hace los esfuerzos principalmente energéticos para mantener la termo neutralidad por tanto, la energía que debería usarse para producir leche es utilizada en la manutención de la homeostasis. El estrés por calor además índice un efecto negativo sobre la salud de la ubre y como consecuencia menora la performance lechera de las vacas (Pragna et al., 2017).

Correa-Calderón et al. (2021) reportan que el estrés por calor condiciona el nivel de producción de leche en el ganado y es más condicionado en aquellas razas sensible a las altas temperaturas, además recalca que el ganado lechero inicia sentir el estrés por calor cuando el ITH es mayor a 72; indicando que aquellos bovinos de alta productividad pueden llegar a ser impactados con el estrés térmico a partir de un ITH de 68. Cuando los bovinos son expuestos a estrés por calor, estos fisiológicamente desencadenan dos grandes mecanismos para aminorar la producción de energía endógena y a la vez activa los mecanismos fisiológicos y físicos para liberar el exceso de calor corporal, a pesar de que estos mecanismos disminuyen la capacidad de síntesis y secreción láctea en la vaca.

Los mismos autores también comentan que la alta presión de selección genética para genes asociados a la producción de leche conlleva a tener animales con menor tolerancia al

estrés por calor, sugieren que la selección genética debe considerar ambas variables (producción y rusticidad o resistencia a los efectos del estrés térmico).

Ruiz et al. (2019) evaluaron el estrés calórico en el departamento de Lima desde 2010 hasta el 2013, donde concluyen que el ganado lechero de la zona de Lima está sometido a estrés calórico durante todo el año, siendo la localidad de Cañete la más afectada. Los valores de ITH mínimo y máximo fue de 60.19 ± 0.29 y 76.25 ± 0.22 , respectivamente para la localidad de cañete, entretanto en Lurín se reportaron 61.92 ± 0.25 y 69.74 ± 0.29 de ITH mínimo y máximo, respectivamente. Además, sostienen que la duración del estrés por calor supera las 10 horas diarias en los meses de verano (enero, febrero y marzo).

4.2. Características nutricionales de leche de vaca, criados en condiciones tropicales

En la Tabla 5 se detalla la composición nutricional de la leche de vacas criadas en condiciones tropicales durante los meses de enero, febrero y marzo de 2020.

Tabla 5. Composición nutricional de la leche de vaca por meses

Mes	Grasa, %	Proteína, %	Otros, %	Sólidos totales, %
Enero	3.79	3.25	5.51	12.55
Febrero	3.89	3.43	5.38	12.70
Marzo	3.61	3.19	5.50	12.30
Promedio	3.76	3.29	5.47	12.52

Los sólidos totales corresponden a grasa, proteína y otros (Lactosa + minerales).

Los componentes de sólidos totales son las proporciones de proteína, grasa y otros (lactosa y minerales), de acuerdo con la Tabla 5 se verifica que la leche producida por las vacas Brown Swiss fue de 3.76% de grasa, 3.29% de proteína, 5.47% de lactosa más minerales, haciendo un total de 12.52% de sólidos totales y 87.48% de humedad. Estos valores están dentro del rango reportado para vacas de la raza Brown Swiss como lo menciona Cahuascanco-Quispe et al. (2019) quienes determinaron 12.53% de sólidos totales y 3.97% de grasa, en leche de vacas Brown Swiss.

Por tanto, como las vacas no fueron sometidos a procesos de estrés por alta temperatura muy probablemente no modificaron su composición nutricional de la leche. Asimismo, Pawar et al. (2018) comentan que el estrés por calor afecta negativamente la producción de la leche y su composición, una reducción del contenido de grasa y proteína y un aumento de las cantidades de células somáticas son comúnmente asociados a los efectos de estrés por calor (Bouraoui et al., 2002).

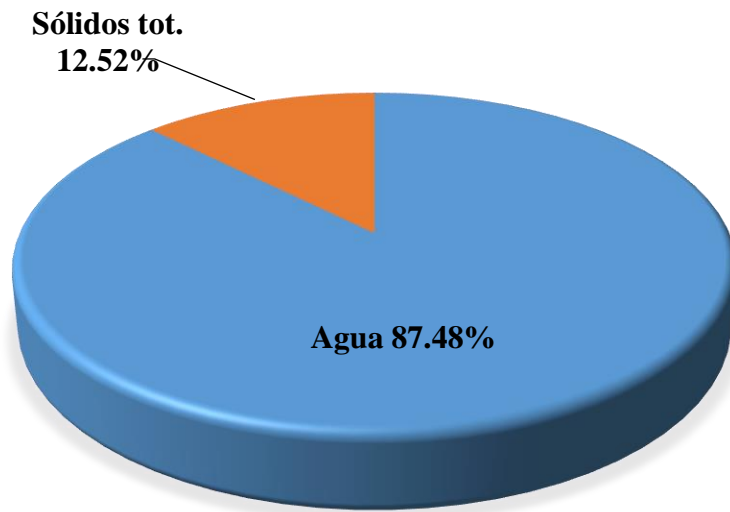


Figura 6. Proporción de agua y sólidos totales de leche de vaca

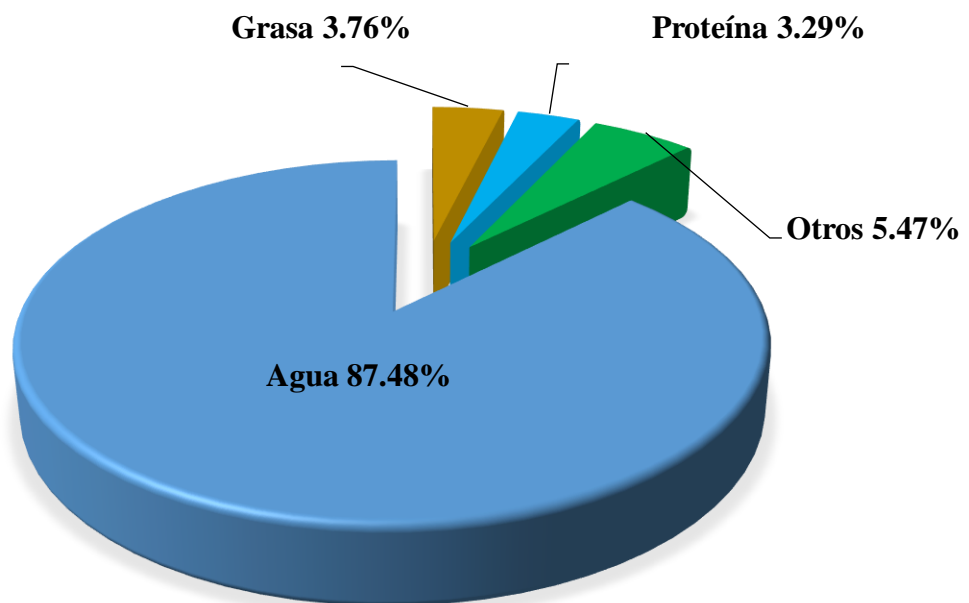


Figura 7. Componentes de sólidos totales de leche de vaca

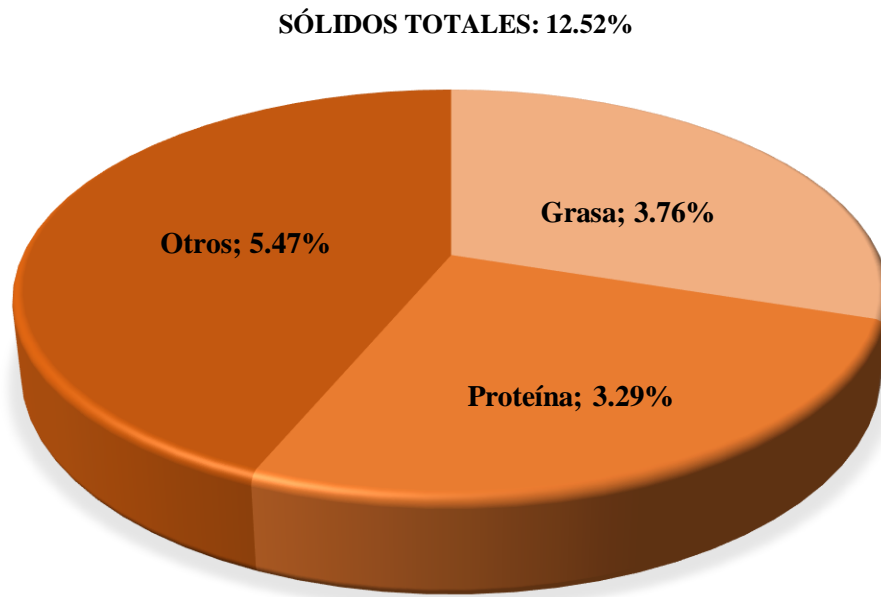


Figura 8. Componentes de sólidos totales de leche de vaca

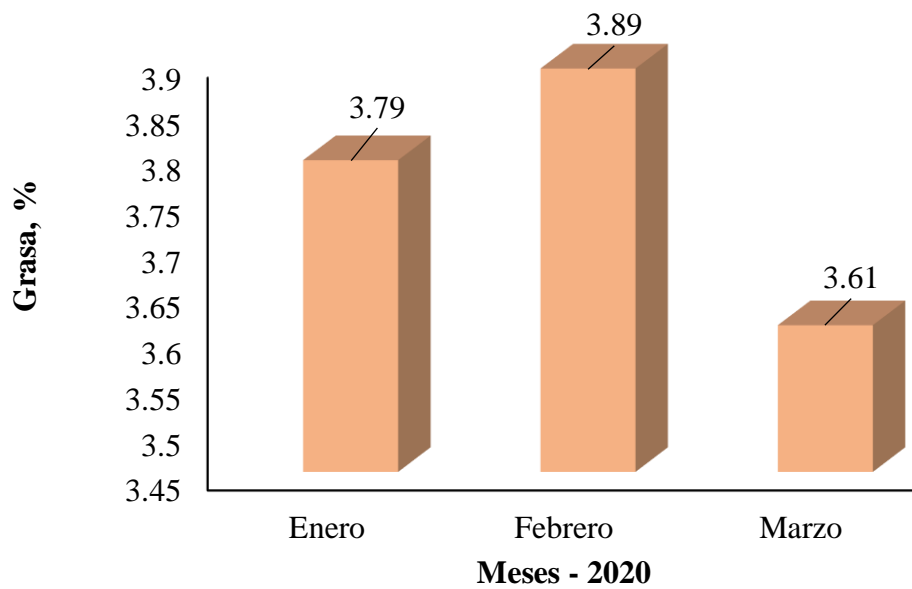


Figura 9. Proporción de grasa (%) de leche de vaca

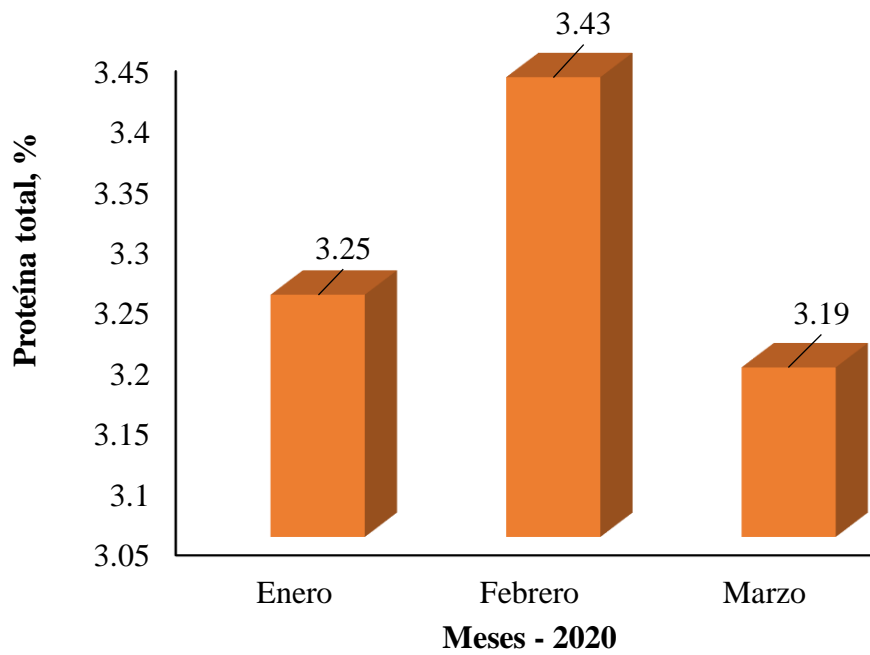


Figura 10. Proporción de proteína de leche de vaca

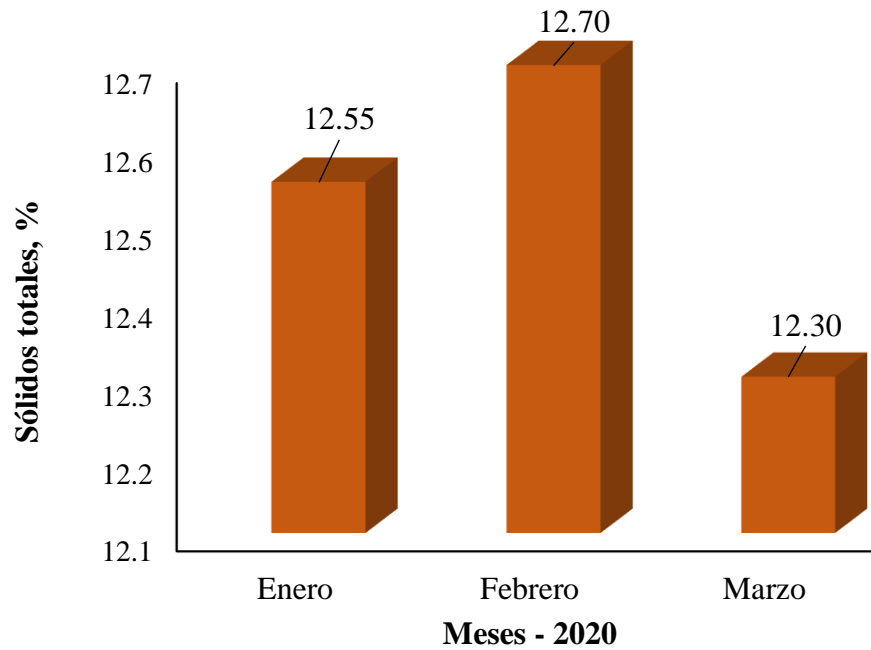


Figura 11. Proporción de sólidos totales de leche de vaca

Frigeri et al. (2023) comentan que, debido al cambio climático, el estrés térmico es un problema creciente para la industria láctea; por tanto, las pérdidas económicas anuales en el sector lácteo se verifican principalmente a gran escala, el objetivo fue analizar los efectos del estrés térmico en vacas lecheras manejadas en un sistema de confinamiento a través de los datos que se obtuvieron de la Web of Science un total de 604 artículos científicos. Los autores concluyen que los Estados Unidos, seguido de China, Italia y Alemania fueron los países que lideran sobre nutrición, reproducción, inmunología, comportamiento, ambiente térmico y tipos de confinamiento; entretanto, los temas de comportamiento, ITH y estrés térmico son las tendencias de este estudio.

Sin embargo, Gomez-Pataquiva (2017) estudió el comportamiento climático sobre la calidad y producción de leche en el departamento de Antioquía Colombia y reportó una producción de leche de 17.34 ± 0.88 kg con $3.66 \pm 0.11\%$ de grasa, $3.33 \pm 0.05\%$ de proteína y $12.07 \pm 0.17\%$ de sólidos totales cuando el ITH fue menor o igual a 72; entretanto, cuando el ITH fue mayor a 72 hubo una producción de 17.03 ± 0.81 kg, $3.79 \pm 0.11\%$ de grasa, $3.27 \pm 0.05\%$ de proteína y $12.32 \pm 0.16\%$ de sólidos totales, mostrándose ($p > 0.05$) semejante producción de leche, pero ($p < 0.05$) mayor grasa y sólidos totales en las vacas sometidas a estrés térmico y ($p < 0.05$) mayor proteína en la leche de las vacas sin estrés térmico o un ITH menor o igual a 72.

La producción de leche evaluados durante los 60 días, se encontró un promedio de 7.81 L de leche, con valores mínimo de 6.77 y máximo 8.97 L. de leche respectivamente, esta producción de leche no está acorde con lo que produce un Brown swiss en condiciones de clima templado, ya que es un animal bos tauros, ya que su temperatura del medio de este animal es de 0 a 18 °C. En otro sentido, se hicieron ensayos para que ciertas razas o genética de vacunos tengan la capacidad de modular de una forma más eficiente los efectos de la temperatura y humedad; con amplia experiencia se comenta del gen de pelo “slick” en la base genética del vacuno, el cual se caracteriza por ser dominante y que fenotípicamente es un pelo bastante lizo y corto que tiene la capacidad de termorregular las altas temperaturas y humedades ambientales. El gen pelo “slick” tiene un efecto positivo sobre el crecimiento y la producción de leche en condiciones secas y tropicales (Olson et al., 2003).

V. CONCLUSIONES

- En la Granja Zootecnia y en los meses de enero, febrero y marzo de 2020 se determinó 21.13 ± 1.26 °C de temperatura ambiental, 62.92 ± 6.47 % de humedad relativa ambiental y 67.43 ± 1.43 de índice de temperatura y humedad – ITH valor que no superó el valor crítico de 72, considerándose que las vacas no fueron sometidas a procesos de estrés por alta temperatura.
- En la Granja Zootecnia durante los meses de enero, febrero y marzo de 2020, las vacas Brown Swiss produjeron 7.87 ± 0.68 kg de leche/día/vaca, además, no se reportó alguna relación entre el ITH y la producción de leche en el tiempo y periodo de evaluación.
- Los componentes de la leche de vacas Brown Swiss estudiados en los meses de enero febrero y marzo de 2020 fueron: 3.76% de grasa, 3.29% de proteína total, 5.47% de lactosa más minerales, haciendo un total de 12.52% de sólidos totales y 87.48% de humedad.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Realizar estudios para determinar índice de ITH en diferentes épocas del año evaluando la producción y su composición nutricional de la leche de vacas criadas en el trópico.
- Continuar con los trabajos de las implicaciones de las variables bioclimatológicas con los indicadores fisiológicos como temperatura rectal, frecuencia respiratoria en las diferentes razas de bovinos criados en el trópico.
- Ofrecer condiciones de confort y bienestar ambiental en la crianza de ganado vacuno lechero en zona de trópico, desde las 16 hasta las 18 horas del día.
- Evaluar la relación del ITH con la raza de vacas, su edad y sistemas de producción intensivo, semi intensivo y extensivo.
- Proporcionar las cantidades de alimento balanceado y forraje de acuerdo con los requerimientos de las vacas en producción en la Granja Zootecnia de la UNAS

VII. REFERENCIAS

- Abdisa, T. (2017). Review on Practical Guidance of Veterinary Clinical Diagnostic Approach. *International Journal of Veterinary Science and Research*, 3(1), 030-049. <https://doi.org/10.17352/ijvsr.000020>.
- Alzina-López, A., Farfán-Escalante, J., Valencia-Heredia, E., Yokoyama-Kano, J. (2001). Condición ambiental y su efecto en la temperatura rectal y frecuencia respiratoria en bovinos cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*) del estado de Yucatán, México. *Rev Biomed* 2001; 12:112-121.
- Arias, R. A., Mader, T. L., Escobar, P. C. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch Med Vet* 40, 7-22 (2008).
- Armstrong, D. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044-2050. doi:10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6.
- Baumgard, H. y Rhoads, P. (2013), "Effects of Heat Stress on Postabsorptive Metabolism and Energetics", en *Annu. Rev. Anim. Biosci*, 1: 7.1-7.27.
- Bazán-Arce, J. L. (2012). Determinación de los niveles de sólidos totales en la leche de vacas según la raza. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/determinacion-niveles-solidos-totales-t29898.htm>.
- Blackshaw, J.; Blackshaw, A. (1994). Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 34, 285-295.
- Bohmanova, J., I. Misztal, and J. Cole. (2007). Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* 90:1947-1956. doi:10.3168/jds.2006-513
- Bouraoui R, Lahmar M, Majdou A, Djemali M, Belyea R. (2002). The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a mediterranean climate. *Anim Res* 2002;51:479-491.
- Brown, T. M. (2018). Understanding heat stress in beef cattle. *Brazilian Journal of Animal Science*, 47(0), 1-7. <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>
- Cahuascanco-Quispe, B., Rodríguez-Huanca, F., Aranibar, M. (2019). Efecto de la suplementación de proteína y energía sobre la producción láctea, densidad, sólidos totales, grasa y nitrógeno ureico en la leche de vacas Brown Swiss en condiciones hipobáricas naturales. *Rev Inv Vet Perú* 2019; 30(4): 1504-1514.

- Cerqueira, J., Araújo, J. P., Blanco-Penedo, I., Cantalapiedra, J., Silvestre, A. M., Silva, S. J. (2016). Predicción de estrés térmico en vacas lecheras mediante indicadores ambientales y fisiológicos. *Arch. Zootec.* 65 (251): 357-364.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA (2013). Metodologías de análisis normalizadas para la red de Laboratorios Lácteos que hacen análisis de leche cruda para pago por calidad. Bogotá Colombia, 36p.
- Collier, R., & Gebremedhin, K. (2015). Thermal Biology of Domestic Animals. *Annual Review of Animal Biosciences*, 3(1), 10.2-10.7. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110659>
- Corrales, I. E. H. (2014). Efecto de estrés calórico en bovinos de leche (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7133/ire%20estanley%20humayel%20corrales%20lineares.pdf?sequence=1>.
- Correa-Calderón, A., Avendaño-Reyes, L., López-Baca, M., Macías-Cruz, U. (2021). Estrés por calor en ganado lechero con énfasis en la producción de leche y los hábitos de consumo de alimento y agua. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. V.13(2):488-509.
- Da Silva, R. G. (2006). Weather and climate and animal production. In: Update of the guide to agricultural meteorological practices. WMO-No.134 published in 1982.
- Dash, S., Chakravarty, A. K., Singh, A., Upadhyay, A., Singh, M., Yousuf, S. (2016). Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: a review. *Vet World* 9: 235-244. doi: 10.14202/vetworld.-2016.235-244.
- Dalcin, V. C., Fischer, V., Daltro, D. dos S., Alfonzo, E. P. M., Stumpf, M. T., Kolling, G. J., McManus, C. (2016). Physiological parameters for thermal stress in dairy cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(8), 458–465. <https://doi.org/10.1590/s1806-92902016000800006>.
- De Andrade Ferrazza, R., Mogollón García, H. D., Vallejo Aristizábal, V. H., de Souza Nogueira, C., Veríssimo, C. J., Sartori, J. R., Pinheiro Ferreira, J. C. (2017). Thermoregulatory responses of Holstein cows exposed to experimentally induced heat stress. *Journal of Thermal Biology*, 66, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.03.014>.

- Duguma, A. (2016). Practical Manual on Veterinary Clinical Diagnostic Approach. *Journal of Veterinary Science & Technology*, 7(4), 4-10. <https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000337>
- Dunn, R. J. H., Mead, N. E., Willet, K. M. and Parker, D. E. (2014). Analysis of heat stress in UK dairy cattle and impact on milk yields. *Environ. Res. Lett.* 9:064006. doi:10.1088/1748-9326/9/6/064006.
- Echeverri, D. M. (2017). Efecto de las condiciones meteorológicas sobre el desempeño productivo, comportamental y temperatura superficial de vacas Holstein, en dos hatos lecheros del departamento de Antioquia (Colombia) (Universidad de Antioquia). Recuperado de http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/5641/1/EcheverriEcheverriD_2016EfectoCondicionesMeteoorologicas.pdf?fbclid=IwAR1zfkvgKxHyfJM_QEgh4tug_Fe0nv4KBQkPtTw0UeW4UbGD6d7U-FzN_gA
- Ekine-Dzivenu, C. C., Mrode, R., Oyieng, E., Komwihangilo, D., Lyatuu, E., Msuta, G., Ojango, J. M. K., Okeyo, A. M. (2020). Evaluating the impact of heat stress as measured by temperature-humidity index (THI) on test-day milk yield of small holder dairy cattle in a sub-Saharan African climate. *Livestock Science* 242 (2020) 104314.
- Frigeri, K., Kachinski, K., Ghisi, N., Deniz, M., Damasceno, F., Barbari, M., Herbut, P., Corrêa-Vieira, F. (2023) *Animals*. 13, 350. <https://doi.org/10.3390/ani13030350>.
- Garcia, A., N. Angeli, L. Machado, F. de-Cardoso, and F. Gonzalez. (2015). Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in southern Brazil. *Trop. Anim. Health Prod.* 47:889-894. doi:10.1007/s11250-015-0804-9.
- Gaughan, J. B., Mader, T. L., Holt, S. M., Lisle, A. (2007). A new heat load index for feedlot cattle. *J Anim Sci* 2007, jas.2007-0305v1.
- Godyń, D., Herbut, P., y Angrecka, S. (2019). Measurements of peripheral and deep body temperature in cattle – A review. *Journal of Thermal Biology*, 79, 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.11.011>
- Hammami, H., J. Bormann, N. M'hamdi, H. Montaldo, and N. Gengler. (2013). Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. *J. Dairy Sci.* 96:1844-1855. doi:10.3168/jds.2012-5947.
- Herbut, P., Angrecka, S., & Walczak, J. (2018). Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle — a review. *International Journal of Biometeorology*, (662), 2089–2097. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00484-018-1629-9>

- Hine, L., Laven, R. A., & Sahu, S. K. (2015). An analysis of the effect of thermometer type and make on rectal temperature measurements of cattle, horses, and sheep. *New Zealand Veterinary Journal*, 63(3), 171–173. <https://doi.org/10.1080/00480169.2014.967325>
- Hyder, I., P. Ravi Kanth Reddy, Jakkula Raju, P. Manjari, Ch. Srinivasa Prasad, K. Aswani Kumar & Veerasamy Sejian (2017). Alteration in Rumen Functions and Diet Digestibility During Heat Stress in Sheep, en Sejian, V. et al. (Ed.), *Sheep Production Adapting to Climate Change*, Singapore, Springer.
- García-Ispierto, F., Lòpez-Gatius, G., Bech-Sabat, P., Santolaria, J.L., Yàñiz, C., Nogareda, F., De Rensis, M., Lòpez-Béjar. 2007. "Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain". *Theriogenology*, 67(8): 1379-1385, ISSN: 0093-691X, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.02.009>.
- Gomez-Paraquiva, A. F. (2017). Influencia de los fenómenos climáticos sobre la producción y calidad composicional de la leche en sistemas de producción lechero en Colombia. Informe de Investigación. Universidad la Salle Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá Colombia. P. 13.
- INFOSTAT. (2020). Software para análisis estadístico. Córdoba, Argentina.
- Kadzere, C., Murphy, M., Silanikove, M., y Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livest. Prod. Sci.*, 77(1), 59-91. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X).
- Kamm, G. B., & Siemens, J. (2016). The TRPM2 channel in temperature detection and thermoregulation. *Temperature*, 4(1), 21–23. <https://doi.org/10.1080/23328940.2016.12>.
- Kurz, A. (2008). Physiology of Thermoregulation. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 22(4), 627–644. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2008.06.004>
- Lee, Y., Bok, J. D., Lee, H. J., Lee, H. G., Kim, D., Lee, I., Choi, Y. J. (2016). Body Temperature Monitoring Using Subcutaneously Implanted Thermo-loggers from Holstein Steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 29(2), 299–306. <https://doi.org/https://doi.org/10.5713/ajas.15.0353>.
- Lenis, S.; Zuluaga, A.; Tarazona, M. (2016). Adaptive responses to thermal stress in mammals. *Rev. Med. Vet.* (31):121-35.
- Leu, B. M., M. P. Hoffman, and H. L. Self. (1977). Comparison of confinement, shelter and no shelter for finishing yearling steers. *J. Anim. Sci.* 44:7171.
- Liu, J., Li, L., Chen, X., Lu, Y., & Wang, D. (2019). Effects of heat stress on body temperature, milk production , and reproduction in dairy cows : a novel idea for monitoring and

- evaluation of heat stress—A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(9), 1332–1339. <https://doi.org/https://doi.org/10.5713/ajas.18.0743>
- Liu Y, Li H, Zhou X, Wang G. (2011). A novel SNP of the ATP1A1 gene is associated with heat tolerance traits in dairy cows. *Mol Biol Rep* 2011;38:83-88.
- Mader, T. L. (2003). Environmental stress in confined beef cattle. *J. Anim Sci* 81, E110-E119.
- Meyer, U., Everinghoff, M., Gadeken, D., Flachowsky, G. (2004). Investigations on the water intake of lactating cows. *Livest Prod Sci* 90, 117-121.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S., & Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(1–3), 57– 69. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>
- [MINAGRI] Ministerio de Agricultura y Riego. 2017. Estudio de la ganadería lechera en el Perú: análisis de su estructura, dinámica y propuestas de desarrollo. 84 p. [Internet]. Disponible en: <http://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2018?download=13414:ganaderia-lechera-en-el-peru-2017>.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). (1981). Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals. National Academy Press. Washington DC, USA.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). (2001). Nutrient requirements of Dairy Cattle. 7 rev. ed. Washington, DC., USA. National Academy Press. 381 p.
- Naylor, J. M., Streeter, R. M., & Torgerson, P. (2012). Factors affecting rectal temperature measurement using commonly available digital thermometers. *Research in Veterinary Science*, 92(1), 121–123. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2010.10.027>
- Olson, T. A., C. Lucena, C. C. Chase, Jr., and A. C. Hammond. (2003). Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in *Bos taurus* cattle. *J. Anim. Sci.* 2003. 81:80–90
- Oyhanart, L., Insaugarat, J., Yurno, O. (2017). Estrés térmico en bovinos de carne (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires). Recuperado de <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1300/Oyhanart%2C%20Lucas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pawar, M. M., Srivastaba, A.K., Chauhan, H.D., Damor, S. V. (2018). Nutritional strategies to alleviate heat stress in dairy animals – A Review. *Int J Livest Res* 2018;8(1):8-18.
- Perez, H. (2013). Termorregulación. en fisiología animal II (Universidad Nacional Agraria ed., pp. 33-44). Recuperado de <https://cenida.una.edu.ni/textos/nl50p438f.pdf>.
- Picon-Jaimes, Y., Orozco- Chinome, J., Molina-Franky, J., & Franky-Rojas, M. (2020). Control central de la temperatura corporal y sus alteraciones: fiebre, hipertermia e hipotermia.

Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud, 23(1), 120-125.
<https://doi.org/10.29375/01237047.3714>

- Polsky, L. & Von Keyserlingk, M.A.G. (2017). "Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare". *Journal of Dairy Science*, 100(11): 8645-8657, ISSN: 0022-0302, DOI: <https://doi.org.10.3168/jds.2017-12651>.
- Pragna, P., P. Archana, J. Aleena, V. Sejian, G. Krishnan, M. Bagath, A. Manimaran, V. Beena, E. Kurien, G. Varma, and R. Bhatta. (2017). Heat stress and dairy cow: Impact on both milk yield and composition. *Int. J. Dairy Sci.* 12:1-11. doi:10.3923/ijds.2017.1.11.
- Proctor, H., & Carder, G. (2016). Can changes in nasal temperature be used as an indicator of emotional state in cows? *Applied Animal Behaviour Science*, 184, 1–6.
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.07.013>
- Rhoads, M. L., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, R. J. Collier, S. R., Sanders, W. J. Weber, B. A. Crooker, and L. H. Baumgard. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.* 92:1986–1997. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1641>.
- Richards, S. A. (1973). *Temperature regulation*. Wykeham Publications, London, Great Britain, Pp 52.
- Romero-Estacio, J., Robles-Huaynate, R., Pérez, G., Rosas-Vara, L. (2019). Estimación del índice de temperatura y humedad (ITH) para ganado bovino (bos tauros) en trópico. XLII Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA-2019) Tingo María – Perú.
- Ruiz-Jaramillo, J. K., Vargas-Leitón, B., Abarca-Monge, S., Hidalgo, H. (2019). Efecto del estrés calórico sobre la producción del ganado lechero en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. v.30(3):733-750. Septiembre-diciembre, 2019.
- Ruiz, L., Carcelen, F., Sandoval-Monzón, R. (2019). Evaluación de los indicadores de estrés calórico en las principales localidades de lechería intensiva del departamento de Lima, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 2019; 30(1): 88-98.
- Sakatani, M., Takahashi, M., & Takenouchi, N. (2016). The efficiency of vaginal temperature measurement for detection of estrus in Japanese Black cows. *Journal of Reproduction and Development*, 62(2), 201–207. <https://doi.org/10.1262/jrd.2015-095>
- Sanmiguel, R. & Diaz, V. (2011). Mecanismos fisiológicos de la termorregulación en animales de producción (Physiological mechanisms involved in thermoregulation of production animals). *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1), 88-92. Recuperado de <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1302/1/RIUT-LB-spa-2011-Mecanismos%20fi>

siol%C3%B3gicos%20de%20la%20termorregulaci%C3%B3n%20en%20animales%20de%20producci%C3%B3n.pdf

- Saravia, C., & Cruz, G. (2003). Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal (pp. 1–36). pp. 1–36. Recuperado de http://dedicaciontotal.udelar.edu.uy/adjuntos/produccion/662_academicas/academicaarchivo.pdf
- Scharf, B. A. (2008). Comparison of thermoregulatory mechanisms in heat sensitive and tolerant breeds of bos taurus cattle (University of Missouri). Recuperado de <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/5689/research.pdf?Sequence=3&isAllowed=y>
- Sejian, V., Gaughan, J., Baumgard, L. & Prasad, C. (2015). Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation. Ed. Springer, New Delhi, India, p. 532, ISBN: 978-81-322-2265-1, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2265-1>.
- Steadman, R. (1979). The assessment of sultriness. Part II: effect of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. *Journal Applied Meteorology*. 1979; 18:861 - 863.
- Suthar, V. S., Burfeind, O., Patel, J. S., Dhimi, A. J., & Heuwieser, W. (2011). Body temperature around induced estrus in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94(5), 2368–2373. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3858>.
- St-Pierre, N. R., Cobanov, B., Schnitkey, G. (2003). Economic losses from heat stress by us livestock industries. *J Dairy Sci* 86: 52-77. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5
- Tansey, E. A., & Johnson, C. D. (2015). Recent advances in thermoregulation. *Advances in Physiology Education*, 39(3), 139–148. <https://doi.org/10.1152/advan.00126.2014>
- Thom, E. (1958). The discomfort index. *Weatherwise*. 12(2):57-61.
- Unchupaico P., I., Bazán A., L., Quispe E., C., & Ancco G., E. (2020). Temperatura ambiental y su efecto sobre parámetros fisiológicos en vacas Nellore y cruces bajo condiciones del trópico peruano. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(1), e17549. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17549>
- Valdivia-Cruz, J. C., Reyes-González, J. J., Valdés-Paneque, G. R. (2021). Effect of temperature and humidity index (THI) on the physiological responses of grazing dairy cows. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 5, Number 1, 2021.
- Vilela, J. L., Ascue, J., Callan, M., Goycochea, G., Jauregui, A., Miranda, A., Veramendi, F. (2019). PSX-13 Correlation between superficial body temperatures measured with an infrared thermometer in alpacas. *Journal of Animal Science*, 97(3), 463–464. <https://doi.org/10.1093/jas/skz258.913>

- West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J Dairy Sci* 86, 2131-2144.
- West, J. W., Mullinix, Bernard. J. (2003). Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating cows. *J Dairy Sci* 86, 232-242.
- Wheelock J, Rhoads R, Vanbaale M, Sanders S, Baumgard L. (2010). Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating holstein cows. *J Dairy Sci* 93: 644-655. doi: 10.3168/jds.2009-2295.
- Wrenn, T. R., Bitman, J., & Sykes, J. F. (1958). Body Temperature Variations in Dairy Cattle during the Estrous Cycle and Pregnancy. *Journal of Dairy Science*, 41(8), 1071–1076. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(58\)91053-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(58)91053-1).
- Xue, B., Wang, Z., Li, S., Wang, L., & Wang, Z. (2010). Temperature-humidity Index on Performance of Cows. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 3. Retrieved from http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-GWXK201003042.htm
- Yadav, B., Singh, G., & Wankar, A. (2017). The use of infrared skin temperature measurements for monitoring heat stress and welfare of cross bred cattle. *Indian Journal of Dairy Science*, 70(January), 1–5. Reserch in <https://www.researchgate.net/publication/312045096> [The_use_of_infrared_skin_temperature_](https://www.researchgate.net/publication/312045096) [measurements_for_monitoring_](https://www.researchgate.net/publication/312045096) [heat_stress_and_welfare_of_crossbred_cattle](https://www.researchgate.net/publication/312045096)

VIII. ANEXO

Anexo 1. Datos de temperatura, humedad e ITH en los meses de enero, febrero y marzo de 2020 en la Granja Zootecnia d Tingo María

ENERO			
Hora	Temperatura	Humedad	ITH
0.00	19.1	72.0	64.9
1.00	19.1	72.0	64.9
2.00	18.9	72.6	64.6
3.00	18.8	72.7	64.4
4.00	18.8	73.2	64.3
5.00	18.6	74.8	64.0
6.00	18.5	76.2	63.8
7.00	18.6	76.0	64.1
8.00	19.6	72.0	65.5
9.00	21.0	64.0	67.2
10.00	22.6	56.3	68.9
11.00	24.2	48.6	70.3
12.00	25.3	44.7	71.2
13.00	25.7	44.1	71.6
14.00	26.1	41.7	71.9
15.00	25.7	43.3	71.5
16.00	25.3	44.8	71.2
17.00	24.5	47.3	70.5
18.00	23.3	51.4	69.4
19.00	21.7	56.7	67.7
20.00	20.7	62.7	66.7
21.00	20.6	64.0	66.6
22.00	20.2	66.5	66.0
23.00	19.9	68.3	65.8

FEBRERO			
Hora	Temperatura	Humedad	ITH
0.00	18.47	69.74	62.83
1.00	18.12	71.42	62.38
2.00	17.71	73.41	61.84
3.00	17.49	74.33	61.54
4.00	17.27	75.62	61.23
5.00	17.21	75.56	61.13
6.00	17.05	76.13	60.92
7.00	17.14	75.68	61.05
8.00	17.93	72.75	62.16
9.00	19.40	66.43	64.02
10.00	21.05	59.50	65.85
11.00	22.67	51.68	67.38
12.00	24.11	46.17	68.64
13.00	24.92	43.24	69.42
14.00	25.07	42.10	69.50
15.00	24.98	42.16	69.41
16.00	24.71	42.56	69.19
17.00	23.63	46.40	68.24
18.00	22.19	51.26	66.85
19.00	21.19	54.72	65.79
20.00	20.35	59.28	64.95
21.00	19.71	62.33	64.26
22.00	19.30	64.90	63.80
23.00	18.84	67.82	63.30

MARZO			
Hora	Temperatura	Humedad	ITH
0.00	18.63	73.02	64.22
1.00	18.30	74.73	63.80
2.00	17.81	77.44	63.17
3.00	17.73	77.47	63.07
4.00	17.61	78.30	62.91
5.00	17.42	78.53	62.62
6.00	17.44	78.54	62.65
7.00	17.66	77.42	62.91
8.00	18.90	71.96	64.58
9.00	20.56	64.37	66.58
10.00	22.42	56.08	68.54
11.00	24.23	48.53	70.15
12.00	25.58	43.92	71.30
13.00	26.15	42.40	71.88
14.00	26.09	42.49	71.82
15.00	25.80	43.43	71.56
16.00	25.41	44.69	71.24
17.00	24.22	48.45	70.16
18.00	22.77	53.48	68.76
19.00	21.52	58.69	67.45
20.00	20.37	64.70	66.22
21.00	19.79	66.52	65.51
22.00	19.43	68.69	65.16
23.00	19.01	70.87	64.69



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARÍA



FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

LABORATORIO
CALIDAD Y ANÁLISIS SENSORIAL


INFORME

MUESTRA : LECHE DE VACA
 PROCEDENCIA :
 MÉTODO DE MUESTREO: AL AZAR
 FECHA DE ANÁLISIS : MUESTRA 01 :24/01/2020
 MUESTRA 02 :29/02/2020
 MUESTRA 03 :24/03/2020
 MÉTODOS DE ANÁLISIS: GRASA - Método Gerber
 PROTEÍNA - Método Kjeldhal
 SÓLIDOS TOTALES - Método AOAC

RESULTADOS

MUESTRAS	GRASA	PROTEÍNA	SÓLIDOS TOTALES	OBSERVACIONES
Muestra 1	3.79	3.25	12.55	Ninguna
Muestra 2	3.89	3.43	12.70	Ninguna
Muestra 3	3.61	3.19	12.30	Ninguna

Tingo Maria, 24 Marzo 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

 Ing. Edlardo A. Caceres Almonara
 JEFE
 LABORATORIO CALIDAD Y ANALISIS SENSORIAL
 CIP 33657





UTM: 18L
390468mE 8970540mN
Elevación: 648.62±5 m
Precisión: 4.9 m
Nota: Lechería



UTM: 18L
390467mE 8970540mN
Elevación: 648.79±5 m
Precisión: 4.9 m
Nota: Lechería





