

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

Relationship of heat stress index and milk production in Brown Swiss cows in the tropics

Estupiñán-Palma, Patricia Lesly¹, Beteta-Alvarado, Victor Manuel², Romero-Estacio, Jorge Antónío³

¹: Ingeniero Zootecnista y Magister en Gestión Ambiental por la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María. Dirección Legal: Av. Universitaria s/n, Carretera central km 1.3. Código ORCID: [0009-0000-2851-5717](https://orcid.org/0009-0000-2851-5717). Correo electrónico: patricia.estupinan@unas.edu.pe. Autor para correspondencia

²: Ingeniero Ambiental por la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Magister en Gestión Ambiental y Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible por la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Docente Ordinario-Asociado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Dirección Legal: Av. Universitaria s/n, Carretera central km. 1.3. Código ORCID: [0000-0001-7720-9433](https://orcid.org/0000-0001-7720-9433). Correo electrónico: victor.beteta@unas.edu.pe

³: Ingeniero Zootecnista por la Universidad Nacional Agraria de la Selva y Magister en Gestión Pública para el Desarrollo Social por la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Dirección Legal: Jr. Leoncio Prado N° 235 - Huánuco - Huánuco - Huánuco – Perú. ORCID: [0009-0000-2063-4076](https://orcid.org/0009-0000-2063-4076). Correo electrónico: jromero@senamhi.gob.pe

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue relacionar el índice de temperatura y humedad (ITH) con la producción de leche de vacas Brown Swiss en la Granja Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, entre los meses de enero a marzo de 2020. El registro de las variables meteorológicas se realizó con el equipo EHMA del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], ubicado en Tingo María y el registro de datos fue expresados en promedio de las 24 horas por cada mes y la producción de leche fueron registradas en promedio de dos ordeños por día durante 64 días de evaluación, las vacas fueron alimentadas con pasto *king grass* y una ración concentrada que fue ofrecido al momento del ordeño. Los resultados indican que los valores de ITH en enero, febrero y marzo fueron de 68,03, 67,50 y 67,07 respectivamente, y no mostraron una influencia significativa ($p > 0,05$) en la producción de leche, que fue de 7,68, 8,03 y 7,75 kg/vaca/día respectivamente. Además, los niveles de grasa, proteína y sólidos totales en la leche se mantuvieron dentro de los rangos aceptables para la raza Brown Swiss. En conclusión, el ITH no alcanzó niveles que afectaran negativamente a las vacas, por lo tanto, la producción de leche y la composición de sus nutrientes no se vieron afectadas.

Palabras clave: bovinos, humedad, proteína, sólidos totales, temperatura

ABSTRACT

The objective of this work was to relate the temperature and humidity index (ITH) with milk production of Brown Swiss cows at the Zootechnical Farm of the National Agrarian University of the Jungle, from January to March 2020. The meteorological variables were recorded with the EHMA equipment of the National Service of Meteorology and Hydrology of Peru [SENAMHI], located in Tingo Maria and the data recording was expressed in 24-hour average for each month and the milk production was recorded in an average of two milkings per day during 64 days of evaluation, the cows were fed with king grass and a concentrated ration that was offered at the time of milking. The results indicate that the ITH values in January, February and March were 68.03, 67.50 and 67.07, respectively, and showed no significant influence ($p > 0.05$) on milk production, which was 7.68, 8.03 and 7.75 kg/cow/day, respectively. In addition, the levels of fat, protein and total milk solids remained within acceptable ranges for the Brown Swiss breed. In conclusion, the ITH did not reach levels that negatively affected the cows; therefore, milk production and nutrient composition were not affected.

Keywords: bovines, humidity, protein, total solids, temperature

I. INTRODUCCIÓN

Los animales homeotermos son aquellos que pueden regular su temperatura corporal independientemente de las condiciones bioclimatológicas, para regular su temperatura activan una serie de mecanismos fisiológicos y físicos con la característica que tienen un alto precio sobre todo energético (Arias et al., 2008). 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 factores pueden dar lugar a situaciones de estrés térmico que afectan tanto la reproducción como la productividad de los animales (Bohmanova et al., 2007).

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 (Correa et al., 2021; Cerqueira et al., 2016; Arias et al., 2008; Bohmanova et al., 2007; Bouraoui et al., 2002).

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 (Gómez, 2017), 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. Por ello, el objetivo del trabajo fue determinar el índice de temperatura y humedad (ITH), la relación con la producción de leche y sus concentraciones de grasa, proteína y sólidos totales de vacas de la raza Brown Swiss criadas en la Granja Zootecnia -Tingo María, región Huánuco-Perú.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La 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.

2.2. 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.

2.3. 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

2.4. 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	Cant. %	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
Afrecho de trigo	5,00	Fibra detergente ácido, %	18,81
Aceite de palma	30,00	Fibra detergente neutro, %	34,94
Melaza de caña	2,00	Calcio, %	0,94
Carbonato de calcio	4,00	Fósforo, %	0,72
Sal común	2,00		
Premezcla vit. + mineral	0,60		
Total, %	0,20		
	100,00		

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

2.5. Variable independiente

Índice de temperatura y humedad (ITH).

2.6. 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).

2.7. Metodología

2.7.1. 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.

2.7.2. 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).

2.7.3. 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)

$$ITH = (0.81 * T) + (T - 14.4) * \frac{HR}{100} + 46.4$$

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.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. 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 ± 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
Ene.	21,67 ± 1,20	60,42 ± 5,13	68,03 ± 1,29
Feb.	21,14 ± 0,99	63,15 ± 4,60	67,50 ± 1,13
Mar.	20,87 ± 1,53	63,77 ± 8,57	67,07 ± 1,73
Prom.	21,13 ± 1,26	62,92 ± 6,47	67,43 ± 1,43

En las Figuras 1, 2 y 3 se expresan los valores de temperatura ambiental, humedad relativa y el índice de temperatura y humedad (ITH).

Figura 1

Temperatura ambiental (°C) por mes y su promedio

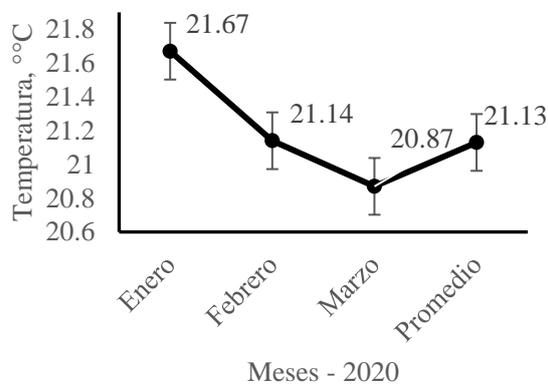


Figura 2

Humedad relativa ambiental (%) por mes y su promedio

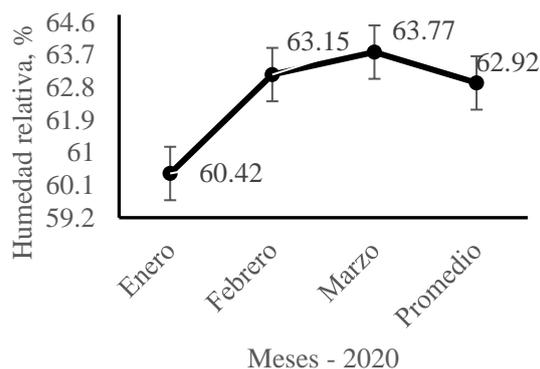
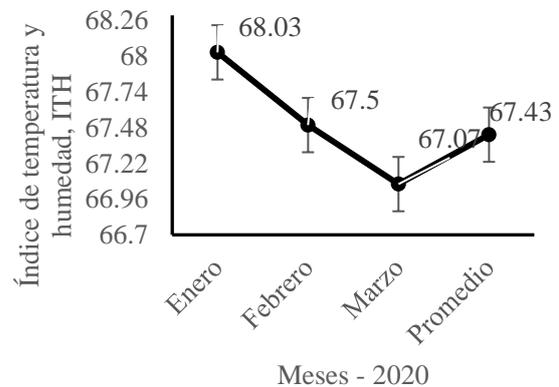


Figura 3

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



La temperatura ambiental ($21,13 \pm 1,26$ °C), la humedad relativa ($62,92 \pm 6,47$) y el índice de temperatura y humedad ($67,43 \pm 1,43$) 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 & Blackshaw, 1994) 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 & 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.

3.2. 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.

Figura 4

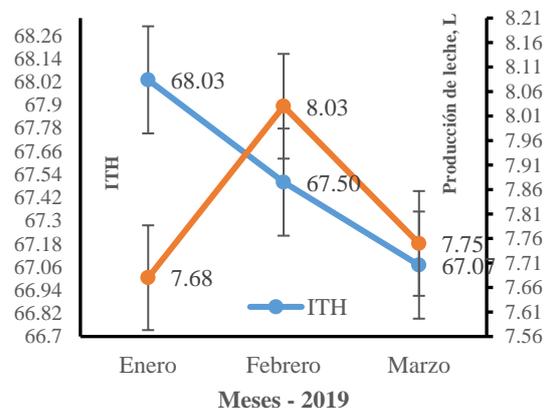
Promedio ± DE del índice de temperatura y humedad y producción de leche de vacas en los diferentes meses de evaluación

Meses	n	ITH	p-valor W	PL, kg/vaca/día ¹	p-valor W	Regresión lineal ²
Enero	11	68,03 ± 1,29	0,789	7,68 ± 0,51	0,705	NS
Febrero	29	67,50 ± 1,13	0,136	8,03 ± 0,83	0,115	NS
Marzo	24	67,07 ± 1,73	0,202	7,75 ± 0,49	0,714	NS
Prom.	64	67,43 ± 1,43	0,595	7,87 ± 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, dónde 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 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.

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, 2007).

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, 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 $19,5 \pm 7,9$ 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 mecanis-

mos 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 $60,19 \pm 0,29$ y $76,25 \pm 0,22$, respectivamente para la localidad de cañete, entretanto en Lurín se reportaron $61,92 \pm 0,25$ y $69,74 \pm 0,29$ 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).

3.3.3. 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 4
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 (Bourroui et al., 2002).

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 $17,34 \pm 0,88$ 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 $17,03 \pm 0,81$ 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 termoregular 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).

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados se concluye que, el índice de temperatura y humedad (ITH) en la Granja Zootecnia entre los meses de enero a marzo de 2020 fue $67,43 \pm 1,43$, índice que no superó el valor crítico de 72, considerándose que las vacas no fueron sometidas a procesos de estrés por alta temperatura. Además, estos índices de temperatura y humedad no afectan la producción de leche y no altera los componentes nutricionales de la leche de vacas Brown Swiss; sin embargo, en ciertas horas del día posiblemente el índice de IHT podría reportarse más de 72; por tanto, se sugiere continuar con las investigaciones para verificar las horas de mayor calor y recomendar la activación de mecanismos que eviten el estrés térmico de las vacas productoras de leche en la Granja Zootecnia.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, R., Mader, T., Escobar, P. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40(1), 7-22. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2008000100002>
- Armstrong, D. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, 77(7), 2044-2050. doi:10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6.
- Blackshaw, J.; Blackshaw, A. (1994). Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 34(2), 285-295. <https://doi.org/10.1071/EA9940285>
- Bohmanova, J., Misztal, I. & Cole, J. (2007). Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 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. *Animal Research*, 51(6), 479-491. doi: 10.1051/animres:2002036
- Cahuascano, B., Rodríguez, H. & 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. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*; 30(4), 1504-1514. doi: 10.15381/rivep.v30i4.17168
- Cerqueira, J., Araújo, J., Blanco-Penedo, I., Cantalapiedra, J., Silvestre, D. & Silva, S. (2016). Predicción de estrés térmico en vacas lecheras mediante indicadores ambientales y fisiológicos. *Archivos de Zootecnia*, 65(251): 357-364. <https://doi.org/10.21071/az.v65i251.697>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2013). *Metodologías de análisis normalizadas para la red de Laboratorios Lácteos que hacen análisis de leche cruda para pago por calidad: vinculación de conocimientos y tecnología*. CORPOICA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1904>
- 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*, 13(2), 488-509. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5832>
- Da Silva, R. (2006). Weather and climate and animal production. En WMO (Ed.). *Update of the guide to agricultural meteorological practices*. World Meteorological Organization. <https://library.wmo.int/viewer/35689/?offset=#page=4&viewer=picture&o=bookmark&n=0&q=>
- 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. *Environmental Research Letters*, 9(6), 1-9. doi:10.1088/1748-9326/9/6/064006.
- Ekine-Dzivenu, C., Mrode, R., Oyieng, E., Komwihangilo, D., Lyatuu, E., Msuta, G., Ojango, K., Okeyo, A. (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(2), 1-7. doi: 10.1016/j.livsci.2020.104314
- Frigeri, K., Kachinski, K., Castilhos, N., Matheus D., Damasceno, F., Barbari, M., Herbut, P. & Corrêa, F. (2023) *Animals*, 13(3), 350. <https://doi.org/10.3390/ani13030350>
- Gaughan, J., Mader, T., Holt, S. & Lisle, A. (2007). A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 86(1), 226-234. doi: 10.2527/jas.2007-0305
- García-Ispuerto, I., López-Gatius, F., Bech- Sàbat, G., Santolaria, Yàñez, J., Nogareda, C., De Rensis, F. & López-Béjar, M. (2007). Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain. *Theriogenology*, 67(8): 1379-1385. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.02.009>

- Gomez, A. (2017). Influencia de los fenómenos climáticos sobre la producción y calidad composicional de la leche en sistemas de producción lechero en Colombia. *Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad la Salle*.
- Gonzalez, L. (2020). Infosat software para análisis estadístico: manual de usuario. *Universidad Nacional de Córdoba*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10346>
- Herbut, P., Angrecka, S., & Walczak, J. (2018). Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle — a review. *International Journal of Biometeorology*, 62(12), 2089–2097. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00484-018-1629-9>
- Lenis, Y., Zuluaga, A. & Tarazona, A. (2016). Adaptive responses to thermal stress in mammals. *Revista de Medicina Veterinaria*, (31), 121-35. <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n31/n31a12.pdf>
- 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>
- Meyer, U., Everinghoff, M., Gadeken, D. & Flachowsky, G. (2004). Investigations on the water intake of lactating cows. *Livestock Production Science* 90(2-3), 117-121. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.03.005>
- Olson, T., Lucena, C., Chase, C. & Hammond, A. (2003). Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in *Bos taurus* cattle. *Journal of Animal Science*, 81(1), 80–90. doi: 10.2527/2003.81180x
- Pawar, M. M., Srivastaba, A.K., Chauhan, H.D., Damor, S. V. (2018). Nutritional strategies to alleviate heat stress in dairy animals – A Review. *International Journal of Livestock Research*, 8(1):8-18. DOI: 10.5455/ijlr.20170425045104
- Polsky, L. & Von Keyserlingk, M. (2017). Invited review: effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100(11): 8645-8657. <https://doi.org.10.3168/jds.2017-12651>.
- Pragna, P., Archana, P., Aleena, J., Sejian, V., Krishnan, G., Bagath, M., Manimaran, A., Beena, V., Kurien, E., Varma, G. & Bhatta, R. (2017). Heat stress and dairy cow: Impact on both milk yield and composition. *International Journal of Dairy Science*, 12(1), 1-11. doi:10.3923/ijds.2017.1.11.
- Richards, S. (1973). *Temperature regulation (The Wykeham science series)*. Wykeham Publications
- Rospigliosi, J. (2017). *Estudio de la ganadería lechera en el Perú: análisis de su estructura, dinámica y propuestas de desarrollo*. Ministerio de Agricultura y Riego. <http://repositorio.minagri.gob.pe:80/jspui/handle/MINAGRI/73>
- Ruiz-Jaramillo, J., Vargas-Leitón, B., Abarca-Monge, S. & Hidalgo, H. (2019). Efecto del estrés calórico sobre la producción del ganado lechero en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 30(3), 733-750. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v30i3.35984>
- 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. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 88-98. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15694>
- Saravia, C. & Cruz, G. (2003). Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. *Facultad de Agronomía de la Universidad de Republica de Uruguay*
- Steadman, R. (1979). The assessment of sultriness. Part II: effect of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. *Journal Applied Meteorology*; 18(7), 874-885. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1979\)018<0874:TAOSPI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1979)018<0874:TAOSPI>2.0.CO;2)
- Subcommittee on Environmental Stress. (1981). Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals. *National Academy Press*.
- Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. (2001). *Nutrient requirements of Dairy Cattle* (7th rev. ed.). National Academy Press.
- Thom, E. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*. 12(2):57-61. <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
- Valdivia-Cruz, J. C., Reyes-González, J. & Valdés-Paneque, G. (2021). Effect of temperature and humidity index (THI) on the physiological responses of grazing dairy cows. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(1), 21-29
- West, J., Mullinix, B. & Bernard. J. (2003). Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 232-242.

Xue, B., Wang, Z., Li, S., Wang, L. & Wang, Z. (2010). Temperature-humidity Index on Performance of Cows. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 37(3). http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTO TAL-GWXXK201003042.htm.