



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA

“EL TERMÓMETRO INFRARROJO COMO ALTERNATIVA DE
MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL EN VACAS
LECHERAS”

Trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de
BACHILLER EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Presentado por:
Magaly Karina Flores Desposorio (0000-0002-3683-0669)

Asesor:
Jorge Luis Vilela Velarde (0000-0003-0015-6323)

Lima - Perú

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE BACHILLER

Lima, 9 de diciembre del 2020.

Los integrantes del Jurado del Trabajo de Investigación:

Presidente: Mg. LUIS FELIPE RUIZ GARCIA
Miembro: Mg. SARA MILAGROS DEL PILAR CORNEJO MONZON
Miembro: M.V. MILENA PAOLA MONTENEGRO VEGA

Se reúnen para evaluar el trabajo de investigación titulado:

"EL TERMÓMETRO INFRARROJO COMO ALTERNATIVA DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA CORPORAL EN VACAS LECHERAS"

Presentada por:

MAGALY KARINA FLORES DESPOSORIO

Para optar el Grado Académico de Bachiller en **Medicina Veterinaria y Zootecnia**

Asesorada por: **Mg. JORGE LUIS VILELA VELARDE**

Luego de haber evaluado el informe final del trabajo de investigación y evaluado el desempeño de la egresada de la carrera de **Medicina Veterinaria y Zootecnia** en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple (-) calificar a:

Tesis: MAGALY KARINA FLORES DESPOSORIO			Nota (en letras): Diecinueve
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena ()	Aprobado - Sobresaliente (X)	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Mg. LUIS FELIPE RUIZ GARCIA
Presidente

Mg. JORGE LUIS VILELA VELARDE
Asesor

Mg. SARA MILAGROS DEL PILAR CORNEJO MONZON
Miembro 1

M.V. MILENA PAOLA MONTENEGRO VEGA
Miembro 2

AGRADECIMIENTO

A mi familia, a Frank Veramendi por su apoyo incondicional y a mi asesor

Jorge Vilela, por su orientación para el trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. La temperatura corporal en vacas como método de diagnóstico	3
2.2. Fisiología de la termorregulación en bovinos	5
2.3. Factores que influyen sobre la temperatura corporal	7
2.4. Instrumentos de medición de la temperatura corporal en vacas	14
2.4.1. Termómetro de mercurio	14
2.4.2. Termómetro digital	15
2.4.3. Termómetro infrarrojo	16
2.4.4. Cámara infrarroja	16
2.4.5. Bolos inteligentes	18
2.4.6. Microchip de identificación por radiofrecuencia	19
2.4.7. Sondass rectales	20
2.5. Termómetro infrarrojo como método de diagnóstico	21
2.5.1. Características de funcionamiento	21
2.5.2. Aplicaciones en ganado lechero	21
2.5.3. Aplicaciones en otras especies	24
2.5.4. Ventajas y desventajas	25
3. CONCLUSIONES	28
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1. Ejemplos de emisividad en diferentes especies.	17

RESUMEN

La temperatura corporal es una constante fisiológica que nos ayuda a conocer el estado de salud de los animales, la cual puede verse afectada por condiciones ambientales tales como, la humedad relativa y la temperatura. El termómetro de mercurio es el instrumento más económico y de fácil uso, para medir la temperatura, sin embargo, el mercurio es un factor peligroso para la salud de las personas y el medio ambiente. Con el avance de la tecnología, se han desarrollado alternativas que sean precisas y confiables para el control de la temperatura corporal tales como los bolos inteligentes, microchips de identificación por radiofrecuencia, cámara termográfica, termómetro infrarrojo y sonda rectal, que disminuyen la mano de obra. Algunas de estas alternativas presentan desventajas con relación al costo del equipo, procesamientos complejos para estimar la temperatura corporal y que pueden ser afectados por el consumo de alimento o agua. El termómetro infrarrojo es un instrumento moderno que mide la temperatura a cierta distancia del animal disminuyendo el estrés, es de fácil uso para el productor y agiliza el monitoreo del rebaño, el objetivo de esta revisión bibliográfica es brindar información del termómetro infrarrojo como una opción para la medida de la temperatura corporal en ganado lechero describiendo sus ventajas, limitaciones y funcionamiento.

Palabras: temperatura corporal, vacas, termómetro infrarrojo

ABSTRACT

Body temperature is a physiological constant that helps us to know the health status of animals, which can be affected by environmental conditions such as relative humidity and temperature. The mercury thermometer is the most economical and easy-to-use instrument for measuring temperature, however, mercury is a dangerous factor for the health of people and the environment. With the advancement of technology, alternatives have been developed that are accurate and reliable for controlling body temperature such as smart boluses, radio frequency identification microchips, thermal imaging camera, infrared thermometer and rectal probe, which decrease the workforce. Some of these alternatives have disadvantages in relation to the cost of the equipment, complex processes to estimate body temperature and that can be affected by the consumption of food or water. The infrared thermometer is a modern instrument that measures the temperature at a certain distance from the animal reducing stress, it is easy to use for the producer and speeds up the monitoring of the herd, the objective of this bibliographic review is to provide information on the infrared thermometer as an option for the measurement of body temperature in dairy cattle describing its advantages, limitations and performance.

Words: body temperature, cows, infrared thermometer

1. INTRODUCCIÓN

El monitoreo de la salud y el bienestar de los animales son aspectos importantes para los médicos veterinarios y los productores (Godyń *et al.*, 2019), lo cual garantiza un mejor rendimiento del ganado y una mayor rentabilidad al productor (Herbut *et al.*, 2018). El control de la salud y el bienestar se realiza a través de los parámetros fisiológicos, los cuales deben conocerse con precisión y controlarse de manera continua para detectar los cambios en la salud (Sellier *et al.*, 2014). La temperatura corporal es un indicador importante dentro de las constantes fisiológicas evaluadas en un examen clínico (Bach *et al.*, 2015). La identificación temprana de animales enfermos permite brindar un tratamiento rápido y una recuperación del estado de salud en menor tiempo (Nakagawa *et al.*, 2015).

El termómetro de mercurio y el termómetro digital (Hine *et al.*, 2015) son dos de los instrumentos más utilizados para medir la temperatura corporal en animales (Naylor *et al.*, 2012). Sin embargo, con el avance del tiempo se han desarrollado nuevas tecnologías para la medición de la temperatura corporal, tal como el termómetro infrarrojo, cámara infrarroja, microchip de identificación por radiofrecuencia, entre otros (Giro *et al.*, 2019). Además, los termómetros de mercurio están siendo reemplazados por representar un peligro para el medio ambiente y la salud de las personas. Actualmente, los países de América latina y el Caribe están tomando medidas para prohibir el uso de instrumentos que contengan mercurio en los próximos 5 años (Organización de las Naciones Unidas, 2019).

Los nuevos instrumentos de medición detectan la temperatura corporal de los animales en menor tiempo y con mucha mayor precisión (Godyn *et al.*, 2019), además de disminuir el estrés y la mano de obra. Los métodos tradicionales requieren moderación y manejo del animal por lo tanto causan cierto grado de estrés (Katsoulos *et al.*, 2016), generando que se alteren constantes fisiológicas como la temperatura corporal y se obtengan datos erróneos (Sellier *et al.*, 2014).

El termómetro infrarrojo es un moderno instrumento que mide la temperatura de los animales, ofreciendo varias ventajas como ser no invasivo, rápido y disminuir el riesgo de propagación de infecciones ya que no hay contacto con el animal (Girwidz & Ireson, 2011; Nakagawa *et al.*, 2015; Yadav *et al.*, 2017). Además, permite medir la temperatura en diferentes zonas del cuerpo accesibles a la vista de la persona las cuales varían según la especie (Kautsolus *et al.*, 2016; Proctor & Carder, 2016; Yadav *et al.*, 2017; Carter *et al.*, 2019; Vilela *et al.*, 2019; Cugas *et al.*, 2020). Asimismo, permitirá a los veterinarios y productores medir la temperatura individual, en un periodo corto de tiempo (Kautsolus *et al.*, 2016) disminuyendo la mano de obra y agilizando el monitoreo a todo el rebaño.

La presente revisión bibliográfica tiene el objetivo de brindar información del termómetro infrarrojo como un instrumento moderno para el diagnóstico de la temperatura corporal en ganado lechero describiendo sus ventajas, limitaciones y funcionamiento. Asimismo, detallar los factores que afectan la temperatura corporal en vacas, así como los diferentes instrumentos de medición usados en ganadería.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La temperatura corporal como método de diagnóstico

La temperatura corporal central es la temperatura interna del cuerpo y se encuentra en el sistema nervioso central, los órganos, el tórax, el abdomen y las extremidades (Godyn *et al.*, 2019). La temperatura normalmente se obtiene insertando un termómetro en el recto del animal (Naylor *et al.*, 2012; Hine *et al.*, 2015), sin embargo, conforme avanza el tiempo se han encontrado otras zonas anatómicas como la nariz, miembro posterior, globo ocular, oído externo, entre otros (Proctor y Carder, 2016; Yadav *et al.*, 2017; Giro *et al.*, 2019; Vilela *et al.*, 2019), para poder medir la temperatura corporal.

La temperatura corporal en vacas es un indicador importante del estado de salud del animal, el cual se toma en cuenta en un examen clínico completo de los animales para obtener buenos resultados de diagnóstico (Duguma, 2016; Lee *et al.*, 2016). Sin un diagnóstico preciso, es poco probable que se optimice el control, el pronóstico y el bienestar de los animales (Abdisa, 2017). Asimismo, la temperatura corporal sirve como una estrategia para evaluar hipertermia en las vacas durante la época de verano (Dalcin *et al.*, 2016), y puede ser muy útil para detección de celo (Wrenn *et al.*, 1958; Suthar *et al.*, 2011; Sakatani *et al.*, 2016).

Los parámetros fisiológicos como la temperatura rectal y la frecuencia respiratoria pueden verse influenciados por el efecto ambiental (Nardone *et al.*, 2010). Dalcin *et al.* (2016), indicaron que las vacas de raza Holstein y $\frac{3}{4}$ Holstein presentaron un aumento de la temperatura rectal y la frecuencia cardíaca a

consecuencia de la temperatura ambiente De igual manera, De Andrade *et al.*, (2017), determinaron que el efecto del ambiente en vacas Holstein generó un aumento de 1.5 °C en la temperatura rectal a diferencia de las vacas que se encontraron en un ambiente termoneutral. El control de la temperatura rectal, frecuencia respiratoria y el Índice de Temperatura - Humedad (Temperature-Humidity Index- THI) sirven para pronosticar el estrés por calor en los animales lecheros (Cerqueira *et al.*, 2016).

La detección del celo en vacas es un procedimiento de rutina que realiza el productor de forma visual (Sakatani *et al.*, 2016). Sin embargo, la temperatura corporal se ha estudiado con la finalidad de poder detectar el celo en vacas. Wrenn *et al.* (1958), determinaron que, en el día del celo, la temperatura aumenta hasta la etapa de la ovulación y luego empieza a disminuir. De igual manera, en vacas inducidas al celo, Suthar *et al.* (2011), detectaron un aumento y disminución de la temperatura corporal al inicio y al final del celo. Este incremento de la temperatura podría estar asociado al comportamiento y aumento hormonal. Por otro lado, Sakatani *et al.* (2016), indicaron que la temperatura vaginal se puede utilizar para la detección de celo en vacas.

2.2. Fisiología de la termorregulación en bovinos.

Los bovinos tienen la capacidad de regular su metabolismo para mantener en equilibrio la temperatura corporal frente a diferentes ambientes (Godyn *et al.*, 2019), esta regulación se realiza a partir de los mecanismos fisiológicos los cuales se dividen en tres fases, sensaciones térmicas aferentes, regulación central y respuestas eferentes. La sensación térmica aferente es captada por termorreceptores (Kurz, 2008). El cuerpo del bovino posee receptores o sensores de temperatura tanto para el calor y frío, las cuales se localizan en diferentes partes del cuerpo como el sistema nervioso central, la piel y en algunos órganos (Tansey & Johnson., 2015). Estos sensores se van a encargar de percibir y llevar la información a través de neuronas aferentes, que enviarán la información hacia la porción anterior o posterior del hipotálamo para iniciar la activación de los mecanismos a fin de eliminar o mantener calor (Kamm & Siemens, 2016).

La regulación central de la temperatura se genera a nivel del hipotálamo, la porción posterior del hipotálamo se estimulará cuando la temperatura corporal disminuye activando los mecanismos de vasoconstricción (Tansey y Johnson., 2015). Por el contrario, si la temperatura corporal aumenta, la porción anterior del hipotálamo activará los mecanismos de vasodilatación (Kurz, 2008).

Las respuestas eferentes se realizan por medio de dos mecanismos: la disipación y conservación de calor. La disipación de calor se divide en radiación, conducción, convección y evaporación (Oyhanart *et al.*, 2017). La radiación es el movimiento de energía en forma de rayos infrarrojos entre el medio ambiente y el

cuerpo del animal. La cantidad de calor radiante que es absorbido por un objeto depende de la temperatura del objeto, 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 es la pérdida de calor por el contacto directo del cuerpo del animal con objetos fríos, causando que la temperatura del objeto y la del cuerpo se equilibren (Picón *et al.*, 2020). La pérdida de calor por convección se logra mediante el movimiento de un fluido 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 eleva alejándose del cuerpo, llevando consigo calor y enfriando así el cuerpo (Kadzere, 2002).

Asimismo, la evaporación es la pérdida de calor por medio de agua a través del sistema respiratorio (jadeo) y por la piel (sudoración) (Collier & Gebremedhin, 2015). Se debe tener en cuenta que el sudor de la superficie del cuerpo depende de la humedad, temperatura y las corrientes de aire (Sanmiguel & Díaz., 2011; Pérez, 2013; Brown, 2018).

Por el contrario, el mecanismo de conservación de calor se divide en reflejo (o autónomo) y de conducta (o voluntario). En los mecanismos reflejos, el sistema nervioso autónomo activa el sistema adrenérgico, generando la contracción de las células de músculo liso vascular y músculos piloerectores para reducir la pérdida de calor (Sammiguel & Días, 2011 Corrales, 2014). De igual manera, los mecanismos de conducta permiten que el animal se movilice a zonas

provistas de sombras cuando percibe que pierde su confort térmico (López, 2014). También, la ingesta de alimento, por ejemplo, permite obtener calor al aumentar el metabolismo oxidativo (Arias *et al.*, 2008; Pérez, 2013). Ambos tipos de regulación contribuyen a conservar la homeostasis térmica (López, 2014).

2.3. Factores que influyen sobre la temperatura corporal

La temperatura ambiental es probablemente el factor más investigado y al mismo tiempo el más ampliamente utilizado como un indicador de estrés en las vacas lecheras (Cerqueira *et al.*, 2016). Alzina *et al.* (2001), mencionan que se debe tener en cuenta que los rangos aceptables de temperatura ambiental para los bovinos son de 10 a 25 °C, y los animales que se encuentran expuestos permanentemente al ambiente puede afectar de manera directa las respuestas fisiológicas y productivas (Liu *et al.*, 2019). La producción de leche se encuentra influenciada por la variabilidad de la temperatura ambiental que afecta negativamente la producción (Echeverri, 2017), de igual manera, la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca y la frecuencia respiratoria presentan variaciones entre el horario de la mañana y la tarde, lo que demuestra el efecto de la temperatura ambiental sobre las vacas (Unchupaico *et al.*, 2020). Cerqueira *et al.* (2016) demostraron que la temperatura ambiental tiene efecto en los animales, ya que en los días de verano con temperaturas ambientales superiores a 34°C el 73,0% de vacas presentaron una temperatura rectal por encima de los 39,1°C.

El fenómeno el Niño (FEN) y las estaciones del año generan cambios en la temperatura ambiente. El FEN es reconocido en muchos países como el principal modulador de la variabilidad climática generando el aumento de la temperatura del mar y del aire (Miranda *et al.*, 2003), que son traducidos en altas temperaturas ambientales, radiación y humedad, así como un bajo movimiento de aire (Chunga, 2017). Las altas temperaturas del FEN generan impacto en la producción pecuaria disminuyendo la producción de carne y leche (Hijar *et al.*, 2016). Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2014, el FEN de 1998 generó un aumento de la temperatura ambiental hasta en 10 °C, provocando una disminución del 50% de la producción de leche y una reducción del 42% de producción de grasa en las vacas de raza Holstein (Anzures *et al.*, 2015).

Por otro lado, las estaciones del año son periodos en donde la variación de clima y temperatura ambiente constante también puede repercutir sobre la temperatura corporal en vacas (Anzures *et al.*, 2015). La época de otoño en Nueva Zelanda generó una temperatura corporal más baja a diferencia de la época de primavera- verano donde se observó una temperatura corporal más alta relacionada a un aumento de la temperatura ambiental y una mayor producción de leche (Kendall & Webster, 2009). Las vacas raza Holstein en la época de invierno lograron mantenerse en su zona de confort térmico, mientras que en verano presentaron cambios fisiológicos como el aumento de la temperatura rectal y la frecuencia respiratoria generados por el aumento de temperatura ambiental (Anzures *et al.*, 2015; Beauregard *et al.*, 2018).

La humedad relativa aumentada es un factor que puede alterar la temperatura corporal porque reduce el intercambio entre el aire y la superficie del animal causando un aumento de estrés calórico (Saravia & Cruz, 2003). Esto se debe a que el cuerpo del animal pierde la capacidad de expulsar el calor a través de la sudoración (Arias *et al.*, 2008) y de la respiración (Cerqueira *et al.*, 2016). Además, el aumento de humedad genera la disminución del consumo de alimento, fallas en la reproducción e interfiere en la productividad de las vacas lecheras (Herbut *et al.*, 2018). La humedad relativa y la temperatura ambiental se utilizan juntos para obtener el THI. El THI es un índice importante que ayuda a evaluar el estrés por calor en vacas lecheras (Liu *et al.*, 2019). Un THI por debajo de 68, permite a las vacas mantener la respiración y la temperatura corporal estables (Xue *et al.*, 2010). Sin embargo, un THI superior a 72 ocasiona que la temperatura corporal se altere y la producción de leche disminuya (Herbut *et al.*, 2018).

La radiación solar también puede afectar a los animales principalmente en ganado al pastoreo (Herbut *et al.*, 2018) generando que se altere la capacidad del animal de poder mantener en equilibrio su temperatura corporal (Davis & Mader, 2003). En el artículo realizado en vacas por Pereira *et al.* (2015), aquellas que estuvieron expuestas a radiación solar durante dos horas presentaron un aumento de la temperatura corporal, sin embargo, algunas vacas lograron controlar su temperatura debido a la masa corporal, el pelo y el mecanismo de sudoración. De igual manera, las vacas a las cuales se les proporcionó sombra presentaron una temperatura corporal estable a diferencia de las vacas expuestas a radiación solar (Tucker *et al.*, 2008).

La velocidad del viento se caracteriza por ayudar a disipar el calor por medio de la evaporación y convección en el ganado reduciendo así la posibilidad de cambios en la temperatura corporal (Mader *et al.*, 2006; Arias *et al.*, 2008), en condiciones de viento el calor es removido por convección, esta pérdida de calor dependerá de la velocidad y dirección del viento, por otro lado, cuando no hay viento el calor es removido mínimamente (Echeverri, 2017). De esta manera, la actividad de pastoreo en ganado bovino se ve favorecida cuando la velocidad de viento aumenta a 2 m/s contribuyendo a una mayor pérdida de calor corporal (Suárez *et al.*, 2013). Theurer *et al.* (2014) encontró una disminución de la temperatura rectal y nasal como resultado de una alta velocidad del viento. De igual manera, existen los métodos efectivos de enfriamiento artificial los cuales consisten en mojar el lomo del animal para generar un intercambio de calor a nivel de piel, que, combinado con ventilación forzada, se remueve el calor en forma de vapor (Leyva *et al.*, 2015).

El ciclo o ritmo circadiano son originados y regulados de forma endógena, este tiene una duración de 24 horas aproximadamente (Rivkees, 2007). Los ritmos circadianos son estables, pero a la vez pueden ser influenciados por el ciclo de luz y oscuridad, la temperatura ambiental, el alimento y el ejercicio (Valdez *et al.*, 2009). La luz es un factor importante el cual regula los procesos fisiológicos, principalmente aquellos que siguen un ritmo circadiano como el sueño y la reproducción (Correa & Fernández, 2017). La mayor parte de la fisiología de los organismos presenta ritmos circadianos, un ejemplo es la temperatura corporal, que aumenta en el día y disminuye en la noche (Valdez *et al.*, 2009). La temperatura corporal en los mamíferos debe mantenerse dentro de un rango estrecho para facilitar el

funcionamiento óptimo de los procesos fisiológicos (Weinert, 2010).

Las fluctuaciones de las funciones fisiológicas son generadas y organizadas por un marcapaso biológico llamado núcleo supraquiasmático (NSQ) localizado en el hipotálamo (Jiménez *et al.*, 2011). El NSQ controla los ritmos mediante vías de señalización neural provocando cambios de los ritmos conductuales y fisiológicos en condiciones de oscuridad o luz constante (Weinert, 2010). La luz que es percibida por las células ganglionares fotosensibles de la retina se transforma en impulsos nerviosos que llegan al NSQ (Jiménez *et al.*, 2011). Desde allí, pasa por los núcleos paraventriculares, la columna de células intermediolaterales torácicas superiores de la médula espinal y luego las neuronas simpáticas del ganglio cervical superior, que inervan la pineal. La glándula pineal en mamíferos es la encargada de traducir la información neural proveniente del ciclo de luz-oscuridad en una señal hormonal (Correa & Fernández, 2017). Esta serie de conexiones que unen la retina al SCN y la glándula pineal se denomina sistema fotoneuroendocrino (Johnston & Skene, 2015).

La estimulación neuronal en la glándula pineal desencadena múltiples reacciones a nivel de los pinealocitos dando como resultado final la producción de melatonina (Weinert, 2010). El ritmo de secreción de melatonina en el organismo influye sobre el ritmo de la temperatura central y periférica (Martínez y Blázquez, 2015), esta hormona comienza a aumentar desde el inicio de la oscuridad y se extiende durante las 18 horas siguientes, decreciendo hasta valores mínimos en presencia de luz (Correa & Fernández, 2017). Martínez y Blázquez (2015), mencionaron que, la melatonina promueve la vasodilatación periférica aumentando la

temperatura de la piel para enfriar el cuerpo y reducir la temperatura corporal central, por otro lado, durante el día genera una vasoconstricción periférica reduciendo la pérdida de calor provocando un aumento de la temperatura central (Weinert, 2010).

El ciclo estral es un conjunto de cambios fisiológicos que está regulado por el eje hipotálamo- hipófisis y el ovario. En vacas tiene una duración de 19 a 23 días y se divide en cuatro etapas: estro, metaestro, diestro y proestro (Hernández, 2016). Algunos estudios señalan que se ha encontrado variación de la temperatura corporal y/o vaginal en vacas durante el ciclo estral. Refinetti y Piccione (2003), menciona que se encontró un aumento de la temperatura corporal de 0,2 a 0,6 ° C el día del estro (38.6 a 39.2 °C.).

Por otro lado, Wang *et al.* (2020), detectaron que la temperatura vaginal en vacas aumentó desde el inicio del estro hasta alcanzar un máximo de 38.84 °C a las 3.5 h, luego empezó a disminuir 4 h antes del término del estro hasta permanecer en un nivel neutral. Sakatani *et al.* (2016), indican que la temperatura vaginal en vacas japonesas se mantuvo alta el día de la administración de progesterona exógena hasta su eliminación, asimismo Samuel *et al.* (2018), menciona que los niveles altos de temperatura vaginal (38.7 °C- 39.8 °C) en el periodo de estro se atribuyen a una mayor concentración de progesterona (45 mg), esto fue corroborado por Wang *et al.* (2020), quienes al administrar prostaglandina en vacas observaron una disminución en la temperatura vaginal, esto a consecuencia de que la prostaglandina genera luteólisis del cuerpo lúteo por lo tanto los niveles de progesterona disminuyen al igual que la temperatura vaginal.

La fiebre es otro factor que puede llegar a alterar la temperatura corporal de los bovinos. La fiebre es una elevación de la temperatura corporal en respuesta al ingreso de pirógenos (bacterias, virus, toxinas) al cuerpo (Lifshitz, 2007). Los pirógenos generaran una respuesta en el organismo mediada por macrófagos y leucocitos generando pirógenos endógenos (IL-1, IL-6, TNF-alfa), los cuales viajan vía sanguínea y llegan a la barrera hematoencefálica. Aquí interactúan con células microgliales para la liberación de prostaglandina E2, que tiene la capacidad de actuar directamente sobre el centro de termorregulación hipotalámico aumentando la temperatura corporal (Álpiza & Medina, 1999; Romero & Farias, 2014). De igual manera, la actividad física en los animales genera un aumento de la temperatura corporal como consecuencia del calor producido por la actividad muscular, sin embargo, esto puede ser controlado por el sistema de termorregulación, la disposición de sombras y uso de aspersores (Brown, 2018).

Estos factores se dan a conocer, debido a que la temperatura corporal es una constante fisiológica que puede verse influenciada por distintos factores (Davis y Mader, 2003; Miranda *et al.*, 2003; Weinert, 2010; Cerqueira *et al.*, 2016) generando pérdidas económicas, reproductivas y productivas. Por lo cual es importante implementar y brindar zonas de confort térmico para obtener un mejor rendimiento de los animales (Brown, 2018).

2.4. Instrumentos de medición de la temperatura corporal en vacas

La temperatura corporal es un indicador importante para el diagnóstico de enfermedades y la determinación del estado fisiológico en vacas lecheras. A lo largo de los años en la práctica ganadera se han utilizado diferentes instrumentos de medición para la estimación de la temperatura corporal facilitando el trabajo de los productores y médicos veterinarios las cuales se detallan a continuación:

2.4.1. Termómetro de mercurio

El termómetro de mercurio es un instrumento muy común para medir la temperatura corporal en personas y animales de granja (Periasami *et al.*, 2017; Burfeind *et al.*, 2010). Está formado por un tubo de vidrio con las escalas termométricas grabadas y los extremos cerrados conteniendo mercurio líquido en su interior (Salomon & Miatello, 2010). El aumento de la temperatura provoca que el mercurio líquido se dilate en el tubo y que se ubique en unas de las escalas indicando la temperatura para su posterior lectura (Morris & Langari, 2012). El termómetro de mercurio es considerado de referencia porque permite una fácil observación, no requiere electricidad y posee una inexactitud de $\pm 1\%$ (Morris & Langari, 2012; Periasami *et al.*, 2017). Además, el termómetro se caracteriza por ser un instrumento pequeño, económico y de fácil acceso (Grodzinsky & Sund, 2019).

Los termómetros de mercurio actualmente están siendo reemplazados por nuevos instrumentos de medición debido a la toxicidad ambiental del mercurio y la susceptibilidad a la ruptura (Naylor *et al.*, 2012). Diferentes países de Latinoamérica y el Caribe están adoptando medidas para que en los próximos cinco años no se permita la fabricación, importación y exportación de instrumentos que contengan mercurio (Centro Coordinador Convenio Basilea-Centro Regional Convenio de Estocolmo para América Latina y el Caribe, 2014; Organización de las Naciones Unidas, 2019). Además, el termómetro de mercurio es poco tolerado por los animales y pueden registrar temperaturas rectales más bajas debido a la presencia de heces y aire en los intestinos (Kreissl & Neiger, 2015).

2.4.2. Termómetro digital

El termómetro digital es un instrumento de medición de la temperatura corporal que capta el calor generado por un cuerpo mediante un sensor, el cual se conecta a un microcontrolador que se encargará de transformar el calor en un valor digital visible (Baura, 2012; Akinloye *et al.*, 2017). La temperatura medida se muestra en forma de un número que se puede leer fácilmente en la pantalla (Periasami *et al.*, 2017). El termómetro digital elimina el riesgo de contaminación por mercurio generado por el termómetro convencional (Wang *et al.*, 2014). Asimismo, emite un sonido audible que indica el término de la toma de temperatura para proceder a retirarlo del recto (Burfeind *et al.*, 2010).

2.4.3. Termómetro infrarrojo

El termómetro infrarrojo es un moderno instrumento electrónico que mide la temperatura a cierta distancia teniendo como guía un láser (Girwidz & Ireson, 2011). Además, se caracteriza por ser no invasivo debido a que reduce la manipulación de los animales y es de fácil uso para el productor (Nakagawa *et al.*, 2015).

El uso del termómetro infrarrojo se ha incrementado en los últimos años, gracias a su precisión para medir la temperatura corporal en varios sitios del cuerpo (Osio & Carnelli, 2007). En base a investigaciones, los médicos veterinarios tienen un mayor interés en utilizar los termómetros infrarrojos para medir la temperatura corporal en comparación con los termómetros digitales (Katsoulos *et al.*, 2016).

2.4.4. Cámara infrarroja

La cámara infrarroja es un instrumento que mide y permite observar la temperatura superficial a través de la captura de fotografías (Martello *et al.*, 2015), que se digitalizan y se procesan en la computadora para obtener un mapa térmico (Mcmanus *et al.*, 2016). Los animales emiten una radiación infrarroja diferente que se interpreta en emisividad (Tabla N.º 1), esta variación de temperatura infrarroja se va a interpretar por colores en la pantalla (Del Carmen *et al.*, 2008).

Tabla N° 1. Ejemplos de emisividad en diferentes especies.

Especie	Nombre común	Emisividad
<i>Bos taurus</i>	Vaca	0.95
<i>Sus scrofa domesticus</i>	Cerdo	0.88 ± 0.02
<i>Capra aegagrus hircus</i>	Cabra	0.89 ± 0.02
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo Europeo	0.88 ± 0.03
<i>Equus ferus caballus</i>	Pura sangre ingles	0.90 ± 0.03

Church *et al.*, 2014 ; McGowan *et al.*, 2018

La cámara infrarroja en animales de producción puede servir como un indicador del estado fisiológico en situaciones de estrés, bienestar, salud y detección de enfermedades (Mcmanus *et al.*, 2016), por ejemplo, en un estudio realizado por Poikalainen *et al.* (2012), determinaron que la temperatura superficial de la ubre en vacas medida por cámara infrarroja no presentó cambios antes ni después del ordeño, por lo que puede ser un instrumento útil para el control del estado de salud de la ubre y del animal. Además, la temperatura de la frente en vacas medida con cámara infrarroja obtuvo una asociación alta (0.90) con la temperatura rectal, siendo beneficiosa para el control de la temperatura corporal en vacas (Salles *et al.*, 2016). Sin embargo, la cámara infrarroja presentará mejores resultados si se reducen las variaciones de las condiciones ambientales, como velocidad de viento y carga solar (Church *et al.*, 2014).

2.4.5. Bolos inteligentes

Los bolos inteligentes (Liang *et al.*, 2013) o bolos trasmisores de temperatura (Boehmer *et al.*, 2015) o bolos ruminales (Ipema *et al.*, 2008), son sensores que se colocan en el retículo o rumen, que permiten un monitoreo automático, continuo y menos laborioso de la temperatura corporal (Liang *et al.*, 2013). Los bolos sirven para controlar de manera constante la temperatura corporal en ganado bovino (Prendiville *et al.*, 2002). Los bolos se introducen vía oral en los animales, son fáciles de usar y requieren mínima mano de obra (Adams *et al.*, 2013). Se han realizado varias investigaciones para medir la temperatura corporal a través de bolos. Boehmer *et al.* (2015), estimaron una correlación alta (0.63) entre la temperatura ruminal y temperatura rectal medidas en vacas de raza Angus. Por otro lado, Bewley *et al.* (2008a), indicaron una correlación de 0.64 entre la temperatura reticular y la temperatura rectal, de igual manera, Ammer *et al.* (2016), determinaron una correlación (0.41) entre la temperatura reticular y rectal en vacas de raza Holstein. Ésta baja correlación puede estar relacionada por la influencia del alimento o agua ingeridos que pueden dar lugar a variaciones en la temperatura ruminal.

Los bolos utilizados para el control de la temperatura corporal presentan varias desventajas. La temperatura del rumen puede verse afectada por la fermentación y el consumo de agua o alimento (Iwasaki *et al.*, 2019). Bewley *et al.* (2008b) determinaron que el consumo de agua fría sostenido y en grandes cantidades puede generar una disminución de 9.2 °C en la

temperatura ruminal. Por otro lado, las estaciones presentan un efecto significativo sobre la temperatura reticular. Liang *et al.* (2013), encontraron una mayor temperatura ruminal en la época de verano (40.4 °C) y una menor temperatura en invierno (40.0 C°), si bien estas temperaturas se consideran elevadas en animales sanos, es importante mencionar que la temperatura de rumen o reticular es 0.5 °C (Prendiville *et al.*, 2002) mayor que la temperatura rectal. Además, la posición parada o acostada y la distancia del animal al centro de control pueden generar pérdidas en la transmisión de la señal generando datos erróneos (Ipema *et al.*, 2008).

2.4.6. Microchip de identificación por radiofrecuencia

El microchip de radiofrecuencia es un instrumento electrónico de pequeño tamaño que se está utilizando para medir la temperatura superficial en vacas (Reid., 2014), está compuesto por vidrio biocompatible o polímero de propileno que encapsulan el microchip de silicio, el condensador de sintonización y la bobina de antena que son esenciales para obtener la información (Razvi *et al.*, 2016). Reid *et al.* (2012), demostraron que la temperatura superficial de la oreja medida con microchip presentó una correlación positiva ($r= 0.3$) con la temperatura rectal en vacas de raza Holstein. Si bien la correlación es positiva, no es lo suficientemente alta para poder considerar al microchip como un instrumento de medición para el control de la temperatura en ganado vacuno.

El microchip como instrumento de medición subcutáneo presenta una capacidad limitada para determinar la temperatura corporal (Giro *et al.*, 2019). La implantación de microchip genera cierta discrepancia ya que la piel del bovino que cubre al tejido subcutáneo es muy delgada y con poca vascularización en comparación con la mucosa rectal (Lee *et al.*, 2016). Además, la profundidad del microchip puede ser un factor negativo en el control de la temperatura, ya que si es muy superficial puede estar influenciado por factores ambientales (Reid *et al.*, 2014). De igual forma, es necesario determinar la especificidad y sensibilidad del microchip, es decir detectar a los animales que verdaderamente no están enfermos de los que sí están, para poder utilizarlo con mayor seguridad en animales de granja o en la práctica veterinaria (Auclair *et al.*, 2020).

2.4.7. Sondas rectales

Las sondas son dispositivos que permiten monitorear la temperatura rectal de los animales disminuyendo la mano de obra y el estrés generado por la manipulación (Reuter *et al.*, 2010). Además, pueden ser una alternativa precisa y sensible para medir la temperatura corporal en vacas (Koltes *et al.*, 2018). Sin embargo, las sondas rectales en el ganado bovino solo deben insertarse hasta un máximo de cinco días entre períodos de medición para evitar que se genere la irritación del ano (Brown *et al.*, 2003). De igual manera, este dispositivo solo almacena datos, si se desea evaluarlos, deben descargarse asincrónicamente mediante un dispositivo externo, por lo tanto, el uso es más para un entorno de investigación (Burdick *et al.*, 2012).

2.5. Termómetro infrarrojo como instrumento de diagnóstico

2.5.1. Características de funcionamiento

El termómetro infrarrojo se caracteriza por medir la temperatura de un objeto o cuerpo a cierta distancia (Girwidz & Ireson, 2011), captando la radiación infrarroja de un cuerpo en forma de señal eléctrica para transformarlo en señal digital, luego, pasará al microcontrolador para el procesamiento de los datos y su posterior visualización en la pantalla (Zhang, 2018). La intensidad de radiación infrarroja emitida o absorbida por un cuerpo depende de la emisividad de la piel (Poikalainen *et al.*, 2012), que es la capacidad que tiene todo cuerpo para emitir la radiación infrarroja presentando valores desde 0 hasta 1 (Church *et al.*, 2014). Por otro lado, el termómetro infrarrojo mide la temperatura en un punto de la superficie del animal, este es un área pequeña determinada por la relación de la distancia al objeto y el diámetro del área de medición (Sellier *et al.*, 2014). Pusta *et al.* (2012), señalaron que el termómetro infrarrojo presentó buenos resultados utilizando una distancia de 30 a 40 cm y un área de 2 cm².

2.5.2. Aplicaciones en ganado lechero

El termómetro infrarrojo es un instrumento que se ha utilizado para el control de la temperatura corporal, por lo que en esta sección se menciona los estudios y aplicaciones en ganado bovino realizados en los últimos años. El termómetro infrarrojo puede ser un instrumento para detectar el bienestar y confort de las vacas; el miembro posterior y anterior pueden ser útiles para el diagnóstico del estrés por calor ambiental, además, medir la temperatura

del muslo puede usarse como alternativa en lugar de la medición de la temperatura rectal ($r = 0.75$, Yadav *et al.*, 2017). Asimismo, el termómetro infrarrojo se utilizó para medir la temperatura superficial de la oreja y determinar si existe una relación con la hipocalcemia, determinando que por cada disminución de $0.39\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la temperatura hay una disminución de 0.1 mmol/L en la concentración de calcio en sangre. Sin embargo, su uso para la detección de hipocalcemia puede ser limitado por el efecto ambiental (Venjakob *et al.*, 2016).

De igual forma, ayuda al diagnóstico de laminitis (Nakagawa *et al.*, 2015), se observó una correlación positiva ($r = 0.61$) entre la temperatura de la pezuña en vacas que presentaron cojera a diferencia de las vacas sin cojera. El termómetro infrarrojo podría usarse como una técnica de detección de vacas que requieran una evaluación en las pezuñas (Lin *et al.*, 2018). Asimismo, Main *et al.* (2012), demostraron que un termómetro infrarrojo de bajo costo puede detectar diferencias significativas en la temperatura de las patas traseras con o sin lesiones con una especificidad y sensibilidad del 78% con un umbral temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Por otro lado, el termómetro infrarrojo se utilizó para medir la temperatura cutánea en diferentes regiones del cuerpo en 30 vacas raza Holstein expuestas a radiación solar y bajo sombra en establos, los autores determinaron que la temperatura va a depender mucho del color de piel que presente el animal, obteniéndose que en zonas del cuerpo no pigmentadas se obtuvieron valores bajos sobre todo en extremidades ($32.22 \pm 0.611\text{ }^{\circ}\text{C}$),

mientras que en zonas con pigmentación oscura la temperatura varió entre 36.13 ± 0.838 °C en colita de cuadril y 41.26 ± 0.529 °C en el área del hombro. Este estudio nos indica que la obtención de la temperatura cutánea puede servir para indicar el estrés por calor en aquellas vacas que fueron expuestas a radiación solar (Pusta *et al.*, 2012). Estos demostraron que el termómetro infrarrojo puede ser un instrumento de control de la temperatura corporal de manera confiable y precisa, pero es importante también tomar en cuenta los factores que pueden influenciar los valores obtenidos (Main *et al.*, 2012; Yadav *et al.*, 2017).

El uso de nuevos instrumentos desarrollados como termómetros infrarrojos y dinamómetros puede ayudar en el diagnóstico temprano de mastitis en vacas. (Waseem *et al.*, 2019). Wollowski *et al.* (2019), determinaron que los cuartos de ubre con mastitis clínica presentaron una mayor temperatura (35.1 °C) a diferencia de ubre con mastitis subclínica y sanas (33.7 y 34.4 °C), de igual manera, la ubre con mastitis clínica severa y grave reflejaron temperaturas más altas con respecto a ubre con mastitis leve. La medición de la temperatura de la ubre para detectar mastitis debería tener en cuenta el ritmo circadiano y condiciones ambientales para mejorar la precisión y detectar cambios en la superficie corporal (Nakagawa *et al.*, 2015).

2.5.3. Aplicaciones en otras especies

El termómetro infrarrojo como instrumento de medición se ha utilizado en muchas especies para el control de la temperatura superficial. En caballos se observó una correlación de ($r = 0.8$) entre la temperatura rectal y la zona del canto medial del ojo medida con termómetro infrarrojo (Carter *et al.*, 2019), este nuevo instrumento parece muy confiable, rápida y de fácil uso para caballos a quienes les incomoda la toma de la temperatura por vía rectal (Ramey *et al.*, 2011).

Asimismo, en perros la temperatura inguinal medida con termómetro infrarrojo demostró buena correlación (0.6) con la temperatura rectal, además, el termómetro infrarrojo logró detectar a pacientes con hipertermia con una sensibilidad hasta del 90%, siendo importante el control del ambiente y el proceso de aclimatación del perro (Cugmas *et al.*, 2020).

De igual forma, en ovejas determinaron que el área inguinal medida con termómetro infrarrojo presentó un 83% de concordancia con la temperatura rectal, siendo un instrumento útil para controlar el estado de salud (Katsoulos *et al.*, 2016). En alpacas Huacaya se encontró una correlación alta entre la zona de la nariz y el oído medio con la temperatura rectal (0.69 y 0.75 respectivamente), por lo que el termómetro infrarrojo se puede utilizar como un instrumento en la clínica diaria con alpacas (Vilela *et al.*, 2019). Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente en los estudios, se puede observar que el termómetro infrarrojo es un instrumento útil para el

control de la temperatura corporal en otras especies.

2.5.4. Ventajas y desventajas

La utilización del termómetro infrarrojo como alternativa para medir la temperatura corporal sería muy ventajosa, por la posibilidad de tomar las mediciones en diferentes partes del cuerpo del ganado como el muslo (Yadav *et al.*, 2017), nariz (Proctor *et al.*, 2016), oído (timpánico), la vagina, la ubre, entre otros; evitando accidentes en los trabajadores.

Es un instrumento que proporciona una alta confiabilidad para el control y diagnóstico de pacientes. Chiappini *et al.* (2011), menciona que el termómetro infrarrojo posee una sensibilidad y especificidad de 88.7% y 89.9% con respecto al termómetro de mercurio.

El termómetro infrarrojo no requiere gran capacidad de memoria de almacenamiento de datos para el registro, ni de procesamientos complejos para ser usado en animales de producción (Zhang, 2018), ya que la temperatura del cuerpo medida con el termómetro infrarrojo se obtiene de manera inmediata.

Así también, permite medir la temperatura a cierta distancia del cuerpo del animal (Girwidz y Ireson, 2011) disminuyendo el riesgo de propagación de infecciones entre animales (Yadav *et al.*, 2017), el estrés por manipulación y la mano de obra en el establo. Además, el termómetro infrarrojo contribuye al cuidado del medio ambiente debido a que no

presenta entre sus componentes el mercurio.

El termómetro infrarrojo presenta un menor costo en comparación a los otros instrumentos digitales descritos en esta revisión, como el microchip implantable, los bolos y sondas que deben ser colocados en cada animal (Giro *et al.*, 2019; Adams *et al.*, 2013; Reuter *et al.*, 2010), y por lo tanto necesitan de otros equipos complementarios para poder medir la temperatura representando un mayor costo para el productor.

Sin embargo, el termómetro infrarrojo puede verse afectado por la temperatura ambiente (Anzures *et al.*, 2015) y la humedad (Liu *et al.*, 2019), lo cual puede proporcionar datos erróneos al momento de medir la temperatura corporal de los animales.

La temperatura ambiental presenta un efecto sobre la temperatura cutánea, en climas cálidos la temperatura se incrementa por mecanismo de vasodilatación, por el contrario, la temperatura de la piel es más baja en climas fríos por un efecto termorregulador (Soerensen & Pedersen, 2015). En ambientes fríos las lecturas de temperatura de la piel tomadas con termómetro infrarrojo no reflejan con precisión la temperatura central medida con termómetro de mercurio (Erenberk *et al.*, 2013).

La distancia entre el cuerpo y el termómetro infrarrojo no puede ser muy lejana, ya que provocaría tener datos erróneos. Esto fue corroborado por Carter *et al.* (2019), quien al realizar mediciones de globo ocular demasiado lejos obtuvo lecturas bajas de temperatura.

La exactitud del termómetro infrarrojo se ve afectada por la exposición al polvo y la humedad del agua (Sellier *et al.*, 2014), los cuales causan que se obstruya el lente del termómetro, dándonos resultados poco precisos.

3. CONCLUSIONES

El termómetro infrarrojo es un instrumento que mide la temperatura a cierta distancia del animal y en varias áreas anatómicas facilitando el monitoreo de la temperatura corporal en vacas lecheras, además de contribuir al bienestar de las personas, animales y del medio ambiente. Los estudios en vacas lecheras y en otras especies han determinado que el termómetro infrarrojo presenta una alta correlación con la temperatura rectal además de tener una alta sensibilidad y especificidad (88.7% y 89.9%), convirtiéndolo en un moderno instrumento para el control de la temperatura en vacas lecheras. Se debe tener en cuenta que la distancia, el área y un ambiente termo neutral son importantes para evitar datos erróneos.

La elección de los instrumentos de medición en ganadería lechera está en función de la necesidad, cantidad de animales, forma de trabajo, economía y disposición de tiempo, considerando las ventajas y desventajas que presentan cada uno de ellos buscando que favorezcan al productor.

1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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>
2. Adams, A. E., Olea-Popelka, J., & Roman, N. (2013). Using temperature-sensing reticular boluses to aid in the detection of production diseases in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(3), 1549–1555. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5822>
3. Akinloye, B. O., Onyan, A. O., & Oweibor, D. E. (2017). Design and implementation of a digital thermometer with clock. *Global Journal of Engineering Research*, 15(1), 1–10. <https://doi.org/10.4314/gjer.v15i1.1>
4. Ammer, S., Lambertz, C., & Gauly, M. (2016). Comparison of different measuring methods for body temperature in lactating cows under different climatic conditions. *Journal of Dairy Research*, 83(2), 165–172. <https://doi.org/10.1017/s0022029916000182>
5. Anzures-Olvera, F. ., Macías-Cruz, U. ., Álvarez-Valenzuela, F. D. ., Correa-Calderón, A. ., Díaz-Molina, R. ., Hernández-Rivera, J. A. ., & Avendaño-Reyes, L. . (2015). Effect of season (summer vs. winter) on physiological variables, milk production and antioxidant capacity of Holstein cows in an arid zone of northwestern Mexico [Efecto de época del año (verano vs. invierno) en variables fisiológicas, producción de leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47(1), 15–20. Recuperado de <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84938092633&partnerID=40&md5=1005d4d284d1739de0e058223170de41>
6. Arias, R. A., Mader, T. L., & Escobar, P. C. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40(1), 7–22. <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2008000100002>
7. Auclair-ronzaud, J., Benoist, S., Dubois, C., Frejaville, M., Jousset, T., Jaffrézic, F., ... Chavatte-Palmer, P. (2020). No-Contact Microchip Monitoring of Body Temperature in Yearling Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 86, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.102892>
8. Baura, G. D. (2012). Thermometers. *Medical Device Technologies*, 257–274. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374976-5.00012-8>
9. Beauregard-García, Jesús, Prado-Rebolledo, Omar, García-Márquez, Luis, García-Casillas, Arturo, Macedo-Barragán, Rafael, & Hernández-Rivera, Juan. (2018). Productividad de vacas lecheras Holstein sin sombra en dos épocas del año. *Abanico veterinario*, 8(3), 51-67. <https://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.3>
10. Bewley, J. M., Einstein, M. E., Grott, M. W., & Schutz, M. M. (2008a). Comparison of reticular and rectal core body temperatures in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(12), 4661–4672. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0835>
11. Bewley, J. M., Grott, M. W., Einstein, M. E., & Schutz, M. M. (2008b). Impact of Intake Water Temperatures on Reticular Temperatures of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 91(10), 3880–3887. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1159>
12. Boehmer, B. H., Pye, T. A., & Wettemann, R. P. (2015). Ruminant temperature as a measure of body temperature of beef cows and relationship with ambient temperature. *The Professional Animal Scientist*, 31(4), 387–393. <https://doi.org/10.15232/pas.2014-01336>
13. 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>
14. Brown-brandl, T. M., Yanagi, T., Xin, J. H., Gates, R., Bucklin, A., & Ross, G. S. (2003). A New Telemetry System for Measuring Core Body Temperature In Livestock And Poultry. *American Society of Agricultural Engineers*, 19(5), 583–589. <https://doi.org/10.13031/2013.15316>
15. Burdick, N. C., Carroll, J. A., Dailey, J. W., Randel, R. D., Falkenberg, S. M., & Schmidt, T. B. (2012). Development of a self-contained, indwelling vaginal temperature probe for use in cattle research. *Journal of Thermal Biology*, 37(4), 339–343. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2011.10.007>
16. Burfeind, O., von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M., Veira, D. M., & Heuwieser, W. (2010). Short communication: Repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows. *Journal of Dairy*

- Science, 93(2), 624–627. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2689>
17. Carter, A. J., Dimitrova, A., & Hall, E. J. (2019). Field testing two animal-specific non-contact thermometers on healthy horses. *Veterinary Nursing Journal*, 34(4), 96–101. <https://doi.org/10.1080/17415349.2018.155911>
 18. Centro Coordinador Convenio Basilea-Centro Regional Convenio de Estocolmo para América Latina y el Caribe, CCCB/CRCE (2014). El Convenio de Minamata sobre el Mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*, 10. Recuperado de http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/informe_Minamata_LAC_ES_FINAL.pdf
 19. Cerqueira, J. O. L., Araújo, J. P. P., Blanco-Penedo, I., Cantalapiedra, J., Silvestre, A. M. D., & Silva, S.J. C. R. (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>
 20. Chiappini, E., Sollai, S., Longhi, R., Morandini, L., Laghi, A., Osio, C. E., De Martino, M. (2011). Performance of non-contact infrared thermometer for detecting febrile children in hospital and ambulatory settings. *Journal of Clinical Nursing*, 20(9–10), 1311–1318. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21492277/>.
 21. Chunga, W. I. (2017). Efecto del fenómeno de el niño 1997 – 1998 en la reproducción de tres establos de la cuenca lechera de lima zona puente piedra (Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3371>
 22. Church, J. S., Hegadoren, P. R., Paetkau, M. J., Miller, C. C., Regev-shoshani, G., Schaefer, A. L., & Schwartzkopf-Genswein, K. S. (2014). Influence of environmental factors on infrared eye temperature measurements in cattle. *Research in Veterinary Science*, 96(1), 220–226. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.11.006>
 23. 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>
 24. 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%20humaye%20corrales%20linares.pdf?sequence=1>
 25. Correa, L. M., & Fernández, J. L. (2017). Influencia de la Melatonina sobre la fisiología y la conducta de ungulados. *Revista de Investigaciones Altoandín*, 19(3), 337-350. <https://doi.org/10.18271/ria.2017.298>
 26. Cugas, B., Šušterič, P., Ružič, N., & Plavec, T. (2020). Comparison between rectal and body surface temperature in dogs by the calibrated infrared thermometer. *Veterinary and Animal Science*, 9(May), 1– 8. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2020.100120>
 27. 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>
 28. Davis, S., & Mader, T. L. (2003). *Adjustments for Wind Speed and Solar Radiation to the Temperature- Humidity Index*. (January).
 29. De Andrade Ferrazza, R., Mogollón Garcia, 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>
 30. Del Carmen, P., Sánchez, A., Carvajal, J., Blanco, J., & Sánchez -Vizcaíno, J. M. (2008). Aplicación de la termografía en el estudio de la ubre de los grandes rumiantes y es sus posibles complicaciones patológicas. *Revista Complutense de las Ciencias Veterinarias*, 2(2), 66–72. Recuperado de <https://revistas.ucm.es/index.php/RCCV/article/download/RCCV0808220066A/22517>
 31. 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>
 32. 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_2016_EfectoCondic

- ionesMeteoorologicas.pdf?fbclid=IwAR1zfkvgKxHyfJM_QEgh4tug_Fe0nv4KBQkPtTw0UeW4UbGD6d7U-FzN_gA
33. Erenberk, U., Torun, E., Ozkaya, E., Uzuner, S., Demir, A. D., & Dundaroz, R. (2013). Skin temperature measurement using an infrared thermometer on patients who have been exposed to cold. *Pediatrics International*, 55(6), 767-770. <https://doi.org/10.1111/ped.12188>Giro, A., Bernardi, A. C. de C., Barioni Junior, W., Lemes, A. P., Botta, D., Romanello, N., ...García, A. R. (2019). Application of microchip and infrared thermography for monitoring body temperature of beef cattle kept on pasture. *Journal of Thermal Biology*, 84, 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.06.009>
 34. Girwidz, R., & Ireson, G. (2011). The infrared thermometer in school science: Teaching physics with modern technologies. *Physics Education*, 46(1), 64–72. <https://n9.cl/6seo>
 35. 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>
 36. Grodzinsky, E., & Sund Levander, M. (2019). History of the Thermometer. *Understanding Fever and Body Temperature: A Cross-disciplinary Approach to Clinical Practice*, 23–35. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21886-7_3
 37. 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>
 38. Hernández, J. (2016). *Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos Lecheros* (1 ed.). Recuperado de https://fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia_Clinica.pdf
 39. Hijar, G., Bonilla, C., Munayco, C., Gutierrez, E., & Ramos, W. (2016). Fenómeno El Niño y desastres naturales: intervenciones en salud pública para la preparación y respuesta. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 33(2), 300-302. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.332.2205>
 40. 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>
 41. Ipema, A. H., Goense, D., Hogewerf, P. H., Houwers, H. W. J., & van Roest, H. (2008). Pilot study to monitor body temperature of dairy cows with a rumen bolus. *Computers and Electronics in Agriculture*, 4, 49–52. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.05.009>
 42. Iwasaki, W., Ishida, S., Kondo, D., Ito, Y., Tateno, J., & Tomioka, M. (2019). Monitoring of the core body temperature of cows using implantable wireless thermometers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163(August 2018), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.06.004>
 43. Jiménez-Rubio, Graciela, Solís-Chagoyán, Héctor, Domínguez-Alonso, Aline, & Benítez-King, Gloria. (2011). Alteraciones del ciclo circadiano en las enfermedades psiquiátricas: papel sincronizador de la melatonina en el ciclo sueño-vigilia y la polaridad neuronal. *Salud mental*, 34(2), 167-173. Recuperado en 05 de noviembre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252011000200010&lng=es&tlng=es
 44. Johnston, J. D., & Skene, D. J. (2015). 60 YEARS OF NEUROENDOCRINOLOGY: Regulation of mammalian neuroendocrine physiology and rhythms by melatonin. *Journal of Endocrinology*, 226(2), T187-T198. <https://doi.org/10.1530/joe-15-0119>
 45. Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., & Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, 77(1), 59-91. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(01\)00330-x](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(01)00330-x)
 46. Kamm, G. B., & Siemens, J. (2016). The TRPM2 channel in temperature detection and thermoregulation. *Temperature*, 4(1), 21–23. <https://doi.org/10.1080/23328940.2016.1258445>
 47. Katsoulos, P. D., Athanasiou, L. V., Karatzia, M. A., Valasi, I., Boscós, C., & Karatzias, H. (2016). Comparison of a non-contact infrared thermometer with a rectal digital thermometer for use in ewes. *Small Ruminant Research*, 143, 84–88. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.09.004>

48. Kendall, P. E., & Webster, J. R. (2009). Season and physiological status affects the circadian body temperature rhythm of dairy cows. *Livestock Science*, 125(2–3), 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.04.004>
49. Koltcs, J. E., Koltcs, D. A., Mote, B. E., Tucker, J., & Hubbell, D. S. (2018). Automated collection of heat stress data in livestock: new technologies and opportunities. *Translational Animal Science*, 2(3), 319–323. <https://doi.org/10.1093/tas/txy061>
50. Kreissl, H., & Neiger, R. (2015). Measurement of body temperature in 300 dogs with a novel noncontact infrared thermometer on the cornea in comparison to a standard rectal digital thermometer. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 25(3), 372–378. <https://doi.org/10.1111/vec.12302>
51. 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>
52. 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>
53. Leyva Corona, J. C., Armenta Castelo, D. I., Zamorano Algandar, R., Thomas, M. G., Rincon, G., Medrano, J. F., Rivera Acuña, F., Reyna Granados, J. R., & Luna Nevárez, P. (2015). Variables climáticas asociadas a la producción de leche en vacas Holstein criadas bajo condiciones de estrés por calor del Valle del Yaqui, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 11(1), 1-11. http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/106-variables-climaticas-asociadas.pdf
54. Liang, D., Wood, C. L., McQuerry, K. J., Ray, D. L., Clark, J. D., & Bewley, J. M. (2013). Influence of breed, milk production, season, and ambient temperature on dairy cow reticulorumen temperature. *Journal of Dairy Science*, 96(8), 5072–5081. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6537>
55. Lifshitz, A. (2007). Fiebre y otras formas de elevación térmica. *Revista de Investigación Clínica*, 59(2), 130-138. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ric/v59n2/v59n2a7.pdf>
56. Lin, Y. C., Mullan, S., y Main, D. C. J. (2018). Optimising lameness detection in dairy cattle by using handheld infrared thermometers. *Veterinary Medicine and Science*, 4(3), 218–226. <https://doi.org/10.1002/vms3.104>
57. 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>
58. López Dávila, A. J. (2014). Actualidad en la termorregulación. *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 12(2), 1-36. <https://www.redalyc.org/pdf/4420/442042967005.pdf>
59. Mader, T. L., Davis, M. S., & Brown-Brandl, T. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle1,2. *Journal of Animal Science*, 84(3), 712-715. <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>
60. Main, D. C., Stokes, J. E., Reader, J. D., & Whay, H. R. (2012). Short Communications Detecting hoof lesions in dairy cattle using a hand-held thermometer. *Veterinary Record*, 117(20), 8–11. <http://dx.doi.org/10.1136/vr.100533>
61. Martello, L. S., da Luz e Silva, S., da Costa Gomes, R., da Silva Corte, R. R. P., & Leme, P. R. (2015). Infrared thermography as a tool to evaluate body surface temperature and its relationship with feed efficiency in *Bos indicus* cattle in tropical conditions. *International Journal of Biometeorol*, 60, 173–181. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00484-015-1015-9>
62. Martínez Nicolás, A., & Blázquez Manzanera, A. (2015). La hora de nuestro cuerpo. Monitorización Ambulatoria Circadiana. *Revista Eubacteria*, 33, 22-28. https://www.um.es/eubacteria/cronobiologia_ambulatoria.pdf
63. Mcmanus, C., Tanure, C. B., Peripolli, V., Seixas, L., Fischer, V., Gabbi, A. M., ... Costa Jr, J. B. G. (2016). Infrared thermography in animal production: An overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.01.027>
64. Miranda M, Jaime, Cabezas S, César, Maguiña V, Ciro, & Valdivia M, Juan. (2003). Hipertemia durante el fenómeno de el niño, 1997-98. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 20(4), 200-205. Recuperado en 05 de noviembre de 2020, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342003000400005&lng=es&tlng=es.

65. Morris, A. (2012). Temperature Measurement. En R. Langari (Ed.), *Measurement and Instrumentation* (pp. 373-376). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381960-4.00014-0>
66. Nakagawa, Y., Nassary, N. A., Fukuyama, K., & Kobayashi, I. (2015). Measurement of udder surface temperature in cows using infrared thermometer. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 387, 429–434. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23204-1_43
67. 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>
68. 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>
69. Organización de las Naciones Unidas. (2019). Convenio de Minamata sobre el Mercurio. Recuperado de <http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/COP3-version/Minamata-Convention-booklet-Sep2019-SP.pdf>
70. Osio, C. E., & Carnelli, V. (2007). Comparative study of body temperature measured with a non-contact infrared thermometer versus conventional devices. The first Italian study on 90 pediatric patients. *Minerva Pediatrica*. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17947839/>
71. 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>
72. Pereira, A., Baccari, F., Titto, E., & de Almeida, A. (2015). Effect of shade after exposure to direct solar radiation on body temperature dynamic responses in Alentejana and Limousine beef cattle. *Proc. Livestock Environment Symposium VI ASAE*, (January 2001). <https://doi.org/10.13031/2013.7102>
73. 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>
74. Periasami, V., Naaraayan, S. A., & Vishwanathan, S. (2017). Diagnostic accuracy of digital thermometer compared to mercury in glass thermometer for measuring temperature in children. *International Journal of Contemporary Pediatrics*, 4(4), 1476–1479. <https://doi.org/10.18203/2349-3291.ijcp20172689>
75. 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>
76. Poikalainen, V., Praks, J., Veermäe, I., & Kokin, E. (2012). Infrared temperature patterns of cow ' s body as an indicator for health control at precision cattle farming. *Agronomy Research*, (1), 187–194. Retrieved from <https://agronomy.emu.ee/vol10Spec1/p10s121.pdf>
77. Prendiville, D. J., Lowe, J., Earley, B., Spahr, C., & Kettlewell, P. (2002). *Radiotelemetry Systems for Measuring Body Temperature* (Silsoe Research Institute). Retrieved from <https://tstor.teagasc.ie/bitstream/handle/11019/1358/eopr-4806.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
78. 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>
79. Pusta, D., Sobolu, R., & Pasca, I. (2012). Determination of the Cutaneous Temperature by Infrared Thermometry in Holstein Cows. *Bulletin UASVM Agriculture*, 69, 166–170. Retrieved from <http://journals.usamvcluj.ro/index.php/veterinary/article/view/8425/7130>
80. Ramey, D., Bachmann, K., & Lee, M. L. (2011). A Comparative Study of Non-contact Infrared and Digital Rectal Thermometer Measurements of Body Temperature in the Horse. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(4), 191–193. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.02.009>
81. Razvi, R., Para, P. A., & Ganguly, S. (2016). Implantation of microchip in animals : A Review. *International Journal of Pharmacy & Biomedical Research*, 3(1), 19–20. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/297088924_Implantation_of_microchip_in_animals_A_Review
82. Refinetti, R., & Piccione, G. (2003). Thermal chronobiology of domestic animals. *Frontiers in Bioscience*, 8(6), 258-261. <https://doi.org/10.2741/1040>

83. Reid, E. D. (2014). *The use of implantable microchips for body temperature collection in cattle* (University of Illinois at Urbana Champaign). Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/29175064.pdf>
84. Reid, E. D., Fried, K., Velasco, J. M., & Dahl, G. E. (2012). Correlation of rectal temperature and peripheral temperature from implantable radio-frequency microchips in Holstein steers challenged with lipopolysaccharide under thermoneutral and high ambient temperatures 1. *Journal of Animal Science*, *90*, 4788–4794. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23048156/>
85. Reuter, R. R., Carroll, J. A., Hulbert, L. E., Dailey, J. W., & Galyean, M. L. (2010). Technical note : Development of a self-contained, indwelling rectal temperature probe for cattle research. *Journal of Animal Science*, *88*(10), 3291–3295. <https://doi.org/https://doi.org/10.2527/jas.2010-3093>
86. Rivkees, S. A. (2007). The Development of Circadian Rhythms: From Animals to Humans. *Sleep Medicine Clinics*, *2*(3), 331-333. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2007.05.010>
87. Romero, F. R., & Farías, J. M. (2014). La fiebre. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, *57*(4), 20-33. <http://www.scielo.org.mx/pdf/facmed/v57n4/0026-1742-FACMED-57-04-00020.pdf>
88. Rutherford, NH, Gordon, AW, Lively, FO y Arnott, G. (2019). El efecto del comportamiento y la dieta sobre la temperatura del rumen de los toros Holstein. *Animales: una revista de acceso abierto de MDPI*, *9* (11), 1000. <https://doi.org/10.3390/ani9111000>
89. 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>
90. Salles, M. S. V., da Silva, S. C., Salles, F. A., Roma, L. C., El Faro, L., Bustos Mac Lean, P. A., ... Martello, L. S. (2016). Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, *62*, 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.10.003>
91. Salomon, S. E., & Miatello, R. M. (2010). *El termómetro: historia de uno de los instrumentos básicos de la práctica médica cotidiana* (pp. 1–8). pp. 1–8. Recuperado de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/3195/salomonrmu6-1.pdf
92. Samuel, F., Kolo, H., Fanaiye, G., & Okoro, L. (2018). Variation in Rectal Temperature Following Estruos Synchronization Using Different Concentrations of Flourogeston Actetate Sponge in Red Sokoto Does. *Nigerian Journal of Animal Science and Technology*, *1*(2), 125-129. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/329471342_Variation_in_Rectal_Temperature_Following_Estruos_Synchronization_Using_Different_Concentrations_of_Flourogeston_Actetate_Sponge_in_Red_Sokoto_does
93. 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%20fisiol%C3%B3gicos%20de%20la%20termorregulaci%C3%B3n%20en%20animales%20de%20producci%C3%B3n.pdf>
94. 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
95. 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>
96. Sellier, N., Guettier, E., & Staub, C. (2014). A Review of Methods to Measure Animal Body Temperature in Precision Farming. *American Journal of Agricultural Science and Technology*, *2*(2), 74–99. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01512238>
97. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2014). *El fenómeno EL NIÑO en el Perú*. Recuperado de https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/Dossier-El-Ni%C3%B1o-Final_web.pdf
98. Soerensen, D. D., & Pedersen, L. J. (2015). Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. *Acta Veterinaria Scandinavica*, *57*(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13028-015-0094-2>

99. Suárez P., E., Reza G., S., Díaz A., E., García C., F., Pastrana V., I., Cuadrado C., H., & Espinosa C., M. (2013). Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(2), 209-212. https://doi.org/10.21930/rcta.vol13_num2_art:257
100. Suthar, V. S., Burfeind, O., Patel, J. S., Dhami, 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>
101. 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>
102. Theurer, M. E., Anderson, D. E., White, B. J., Miesner, M. D., & Larson, R. L. (2014). Effects of weather variables on thermoregulation of calves during periods of extreme heat. *American Journal of Veterinary Research*, 75(3), 297-300. <https://doi.org/10.2460/ajvr.75.3.296>
103. Tucker, C. B., Rogers, A. R., & Schutz, K. E. (2008). Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*, 109, 141–154. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.03.015>
104. 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>
105. Valdez-Ramírez, Pablo, Ramírez-Tule, Candelaria, García-García, Aída, & Talamantes-López, Javier. (2009). Ritmos circadianos en la eficiencia para responder en una prueba de ejecución continua. *Revista mexicana de análisis de la conducta*, 35(1), 75-91. Recuperado en 05 de noviembre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-45342009000100005&lng=es&tlng=es.
106. Venjakob, P. L., Borchardt, S., Thiele, G., & Heuwieser, W. (2016). Evaluation of ear skin temperature as a cow-side test to predict postpartum calcium status in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6542–6549. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10734>
107. 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>
108. Wang, G., Wang, W., Li, K., & Liu, H. (2014). A digital thermometer with fast response and high precision. *2014 7th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics*, 504–510. <https://doi.org/10.1109/bmei.2014.7002827>
109. Wang, S., Zhang, H., Tian, H., Chen, X., Li, S., Lu, Y., ... Wang, D. (2020). Alterations in vaginal temperature during the estrous cycle in dairy cows detected by a new intravaginal device—a pilot study. *Tropical Animal Health and Production*, 52(5), 2266-2270. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02199-5>
110. Waseem Ghani, M., Bin, L., Waseem Birmani, M., Nawab, A., Guan Cun, L., Ye, L., & Mei, X. (2019). Impact of Subclinical Mastitis on Reproductive Performance of Dairy Animals. *International Journal of Veterinary Sciences Research*, 5(2), 48-57. <https://doi.org/10.18488/journal.110.2019.52.48.57>
111. Weinert, D. (2010). Circadian temperature variation and ageing. *Ageing Research Reviews*, 9(1), 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2009.07.003>
112. Wollowski, L., Bertulat, S., Kossatz, A., & Heuwieser, W. (2019). Short communication: Diagnosis and classification of clinical and subclinical mastitis utilizing a dynamometer and a handheld infrared thermometer. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 6532-6539. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15509>
113. 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)
114. 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-GWXXK201003042.htm
115. 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_measurements_for_monitoring_heat_stress_and_welfare_of_crossbred_cattle
- 116.Zhang, J. (2018). Development of a Non-contact Infrared Thermometer. *Advances in Engineering Research* , 153, 308–312. <https://doi.org/10.2991/aetr-17.2018.59>