UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

ESCUELA DE POSGRADO

Maestría en Ciencias con Mención Ingeniería Ambiental

Tesis

Relación del índice de temperatura ambiental y humedad relativa con el bienestar y producción de vacas lecheras en verano-otoño 2024 en Lambayeque

Para obtener el grado académico de:

Maestra en Ciencias con Mención en Ingeniería Ambiental

Autora:

Bach. Díaz Julián, Rocío Jeanett
(ORCID id: 0009-0009-4750-7160)

Asesor

Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos
(ORCID id: 0000-0002-0236-1593)

Lambayeque – Perú

2026

Relación del índice de temperatura ambiental y humedad relativa con el bienestar y producción de vacas lecheras en verano-otoño 2024 en Lambayeque

Bach. Rocío Jeanett Díaz Julián
Autora

Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos
Asesor

Tesis presentada a la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para optar el grado académico de:

MAESTRA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Aprobado por:

Dr. Walter Antonio Campos Ugaz
Presidente del Jurado

Dr. Rafael Antonio Guerrero Delgado
Secretario del Jurado

Dr. Napoleón Corrales Rodríguez
Vocal del Jurado

Lambayeque – Perú
2026

Acta de sustentación

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DE MAESTRÍA N° 06-2026 / FCCBB-UI

Siendo las 10:00 horas del día 24 de julio de 2026, en la Sala de sesiones - sustentaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, se reunieron los miembros del Jurado designado mediante **Resolución N° 049-2024-VIRTUAL-FCCBB/D de fecha 15 de febrero de 2024, proyecto aprobado mediante Resolución N° 421-2025-FCCBB/D de fecha 29 de agosto de 2025** conformado por:

Dr. Walter Antonio Campos Ugaz- Presidente
Dr. Rafael Antonio Guerrero Delgado- Secretario
Dr. Napoleón Corrales Rodríguez- Vocal
Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos- Asesor

con la finalidad de evaluar la sustentación de tesis de maestría titulada: **Relación del índice de temperatura ambiental y humedad relativa con el bienestar y producción de vacas lecheras en verano -otoño 2024 en Lambayeque,** a cargo de la maestrante ROCÍO JEANETT DÍAZ JULIÁN.

Sustentación autorizada por **RESOLUCIÓN N° 239-2026-FCCBB-D, de fecha 16 de julio de 2026** la misma que tuvo una duración de 30 minutos y luego de absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, obteniendo VEINTE puntos que equivale al calificativo de EXCELENTE.

Por el que la sustentante queda **APTA** para obtener el **Grado académico de Maestra en Ciencias con mención en Ingeniería Ambiental** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Biológicas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:15 horas se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Dr. Walter Antonio Campos Ugaz
Presidente

Dr. Rafael Antonio Guerrero Delgado
Secretario

Dr. Napoleón Corrales Rodríguez
Vocal

Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos
Asesor

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr., usuario revisor de tesis [x]
Trabajo de suficiencia profesional [ ] y/o Trabajo académico [ ]
Titulado **Relación del índice de temperatura ambiental y humedad relativa con el bienestar y producción de vacas lecheras en verano-otoño 2024 en Lambayeque**
Cuyo autor(es) es: Bach. Rocío Jeanett Díaz Julián con DNI N°16746214; declaro que la evaluación por el programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 9% verificables en el resumen del reporte automatizado de similitudes que se acompaña.
El suscrito analizó el reporte y concluyo que cada una de las coincidencias dentro del porcentaje de similitud no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos,
Se cumple con adjuntar el recibo digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 20 de Diciembre de 2025



_____
Firma (Asesor)
Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos
DNI 16407252

Defina modalidad con (X)
Adjunta:
Resumen de Reporte automatizado de similitudes
Recibo digital

Reporte Turnitin

Relación del índice de temperatura ambiental y humedad relativa con el bienestar y producción de vacas lecheras en verano-otoño 2024 en Lambayeque

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	2%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	ica.mxl.uabc.mx Fuente de Internet	1%

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 50 words
Excluir bibliografía	Activo		



Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos
DNI 16407252
Asesor

Recibo digital Turnitin

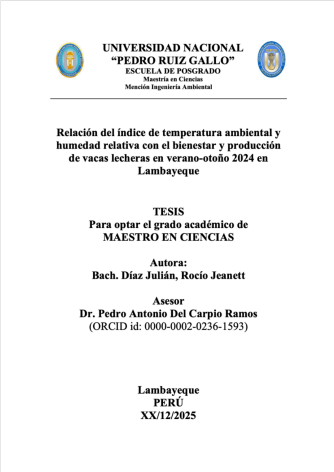
turnitin

Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Rocío Díaz Julián
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	Relación del índice de temperatura ambiental y humedad rela...
Nombre del archivo:	a_con_el_bienestar_y_produccio_n_de_vacas_lecheras_en_vera...
Tamaño del archivo:	4.52M
Total páginas:	41
Total de palabras:	10,566
Total de caracteres:	52,814
Fecha de entrega:	22-dic-2025 05:48p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2850733589



UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"
ESCUELA DE POSGRADO
Maestría en Ciencias
Mención Ingeniería Ambiental

Relación del índice de temperatura ambiental y humedad relativa con el bienestar y producción de vacas lecheras en verano-otoño 2024 en Lambayeque

TESIS
Para optar el grado académico de
MAESTRO EN CIENCIAS

Autora:
Bach. Díaz Julián, Rocío Jeanett

Asesor
Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos
(ORCID id: 0000-0002-0236-1593)

Lambayeque
PERÚ
XX/12/2025

Derechos de autor 2025 Turnitin. Todos los derechos reservados.



Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos
DNI 16407252
Asesor

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Díaz Julián, Rocío Jeanett, investigador principal, y Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, asesor, del trabajo de investigación **Relación del índice de temperatura ambiental y humedad relativa con el bienestar y producción de vacas lecheras en verano-otoño 2024 en Lambayeque**, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso de que se demuestre lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y, por ende, el proceso administrativo a que hubiera lugar, que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, diciembre de 2025.



Díaz Julián, Rocío Jeanett



Del Carpio Ramos, Pedro Antonio

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis:

En primer lugar, a ***Dios***, por concederme la vida, la fortaleza y la perseverancia necesarias para culminar este importante proceso académico.

A mis padres, ***JOSE*** y ***AUREA***, por ser el fundamento de mis valores y principios, quienes ejercieron una profunda influencia en mi vida.

A mis hermanos (***NAPOLEÓN***, ***ALFREDO***, ***ARTURO***, ***FREDY***, ***JOSE***, ***MILAGRO***, ***RAFAEL*** e ***INGRID***), por su apoyo constante, comprensión y aliento incondicional durante cada etapa de este proceso académico.

Asimismo, dedico este trabajo a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, contribuyeron a que este objetivo académico se convierta en una realidad.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento al propietario del establo lechero Santa Beatriz, rama San Nicolás, **Ing. CÉSAR ALEJANDRO CÁRPENA BENZAQUÉN**, por permitirme desarrollar el presente trabajo de investigación durante los meses que duró la fase de campo.

De manera especial, agradezco a mi **Asesor de tesis, Dr. PEDRO ANTONIO DEL CARPIO RAMOS**, por su orientación experta, acompañamiento constante, apoyo académico y valiosos aportes, los cuales fueron fundamentales para la culminación de esta tesis. Al **Dr. NAPOLEÓN CORRALES RODTÍGUEZ**, por toda la ayuda brindada.

Agradezco de manera especial a la **Ing. LUZ ELENA ARÉVALO RIOJA, M. Sc.**, mi colega y, sobre todo, amiga; por su valiosa colaboración y apoyo constante durante el desarrollo del proceso de campo.

Asimismo, expreso mi agradecimiento al **Ing. LUIGI REQUEJO ROJAS**, por su apoyo y disposición en la toma de datos, contribuyendo de manera significativa al desarrollo de la investigación.

De igual manera, agradezco a **LUZ QUISPE PEÑA**, **FERNANDO SANTÍN MATUTE** y **ROSAELENA LEÓN SÁNCHEZ**; por su colaboración, apoyo y acompañamiento durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

Asimismo, extiendo mi gratitud a los Docentes del Programa de **MAESTRIA EN CIENCIAS con mención en INGNIERIA AMBIENTAL**, quienes con su conocimiento y exigencia académica contribuyeron significativamente en esta fase de mi formación científica.

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"**, por brindarme la oportunidad de fortalecer mis conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

N° Cap.	Título del Capítulo	N° Pág.
	Información General	**XIV**
	Resumen	**XIV**
	Abstract	**XV**
	Introducción	**01**
I	**DISEÑO TEÓRICO**	
	1.1. Antecedentes	**04**
	1.2. Bases Teóricas	**09**
	1.2.1. Definiciones conceptuales	**10**
	1.3. Operacionalización de Variables	**12**
	1.4. Hipótesis	**12**
II	**DISEÑO METODOLÓGICO**	
	2.1. Tipo de Investigación	**13**
	2.2. Método de Investigación	**13**
	2.3. Diseño de Contrastación	**13**
	2.4. Población, Muestra y Muestreo	**13**
	2.5. Técnicas, Instrumentos, Equipos y Materiales de Recolección de Datos	
	2.5.1. Técnicas	**14**
	2.5.2. Instrumentos	**14**
	2.5.3. Materiales de recolección de datos	**14**
	2.6. Procesamiento y Análisis de Datos	**15**
III	**RESULTADOS**	
	3.1. Componentes del ITH	**16**
	3.2. Determinaciones en las Vacas	**19**
	3.3. Correlaciones	**21**
IV	**DISCUSIÓN**	**24**
V	**CONCLUSIONES**	**27**
VI	**RECOMENDACIONES**	**28**
	BIBLIOGRAFÍA	**29**
	ANEXOS	**32**

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	*Estadísticas descriptivas de la temperatura ambiental registrada según los meses del año*	16
2	*Estadísticas descriptivas de la humedad relativa registrada según los meses del año*	16
3.	*Estadísticas descriptivas del ITH ddeterminado según los meses del año*	16
4.	*Estadísticas descriptivas de la temperatura ambiental registrada según los corrales del establo*	18
5.	*Estadísticas descriptivas de la humedad relativa registrada según los corrales del establo*	19
6.	*Estadísticas descriptivas del ITH determinado según los corrales del establo*	19
7	*Estadísticas descriptivas de la producción de leche diaria, promedio por vaca, determinado según los meses del año*	19
8	*Estadísticas descriptivas de la temperatura externa corporal, promedio por vaca, determinado según los meses del año*	20
9	*Estadísticas descriptivas de la temperatura externa de la ubre, promedio por vaca, determinado según los meses del año*	20
10	*Estadísticas descriptivas de la temperatura externa corporal, según los corrales del establo*	20
11	*Estadísticas descriptivas de la temperatura externa de la ubre, según los corrales del establo*	21
12	*Valores genertales de correlación de Pearson*	21
13	*Valores de correlación (Pearson) entre el índice temperatura humedad (ITH) con la temperatura corporal (TC), temperatura de ubre (TU) y producción de leche (PL)*	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	***Comparativo porcentual según meses para la temperatura ambiental dentro de los corrales***	**17**
2	***Comparativo porcentual según meses para la humedad relativa dentro de los corrales***	**17**
3	***Comparativo porcentual según meses para el ITH dentro de los corrales***	**18**
4	***Imágenes de corrales de descanso con muy poca área sombreada y aprovechando recostarse debajo de un poco de sombra***	**23**

ANEXOS

Nº	Título	Pág. Nº
1	Prueba de normalidad para el ITH en el mes de enero	32
2	Prueba de normalidad para el ITH en el mes de febrero	32
3	Prueba de normalidad para el ITH en el mes de marzo	33
4	Prueba de normalidad para el ITH en el mes de abril	33
5.	Prueba de normalidad para el ITH en el mes de mayo	34
6.	Prueba de normalidad para el ITH en el mes de junio	34
7.	Galería fotográfica durante la realización de la fase de campo	35-38

INFORMACIÓN GENERAL

Título: Relación del índice de temperatura ambiental y humedad relativa con el bienestar y producción de vacas lecheras en verano-otoño 2024 en Lambayeque

Autor: Bach. Rocío Jeanett Díaz Julián

Asesor: Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos

Línea de Investigación / programa de investigación

Ciencias Naturales y del Ambiente

Lugar: Establo Santa Beatriz; Lambayeque, Lambayeque

RESUMEN

El establo lechero Santa Beatriz es una empresa tradicional que, por generaciones de sus propietarios, explota ganado vacuno lechero y es un referente para la producción pecuaria de la región Lambayeque. En esta empresa se implementó la investigación para determinar el Índice Temperatura Humedad (ITH), herramienta poderosa para la determinación del estrés térmico, y su relación con la producción de leche, la temperatura externa del cuerpo y la temperatura externa de la ubre empleando para ello a la totalidad de las vacas en ordeño, durante el verano y otoño del año 2024. En los meses de enero, febrero y marzo el ITH alcanzó valores medios (81.883, 81.911 y 80.538, respectivamente) por encima del valor de 76, considerado como máximo por West (2003); en tanto que en abril, mayo y junio (74.138, 73.118 y 69.312, respectivamente) acercándose al valor medio de 72 indicado por el mismo autor referencial. Con la información acumulada, el ITH obtenido en cada uno de los corrales de la empresa se correlacionó con la producción diaria de leche por vaca ($r = -0.21$; $p=0.0001$), con la temperatura externa de cuerpo ($r = 0.395$, $p=0.001$) y con la temperatura externa de la ubre ($r = 0.374$, $p=0.0001$); con la inforamación desagregada por meses la correlación entre ITH y producción de leche alcanzó mayor magnitud, sobre todo en el mes de junio ($r= - 0.843$) indicando que conforme se incrementa el ITH la producción de leche disminuye y se incrmenta la temperatura externa del cuerpo y de la ubre. Es recomendable que la empresa implemente estrategias para mitigar el efecto del calor, las que podrían financiarse con las mejoras productivas y reproductivas que se obtengan como consecuencia de la explotación de las vacas en condiciones de bienestar.

Palabras clave: ITH; Producción de leche; temperatura ambiental; temperatura corporal.

ABSTRACT

The Santa Beatriz dairy farm is a traditional business that, for generations of its owners, has raised dairy cattle and is a benchmark for livestock production in the Lambayeque region. Research was conducted at this farm to determine the Temperature-Humidity Index (THI), a powerful tool for assessing heat stress and its relationship to milk production, external body temperature, and external udder temperature. The study included all milking cows during the summer and autumn of 2024. In January, February, and March, the THI reached average values (81.883, 81.911, and 80.538, respectively) above the maximum value of 76, as determined by West (2003). In April, May, and June, the THI values (74.138, 73.118, and 69.312, respectively) approached the average value of 72 indicated by the same author. With the accumulated information, the THI obtained in each of the company's pens was correlated with daily milk production per cow ($r = -0.21$; $p=0.0001$), with external body temperature ($r = 0.395$, $p=0.001$) and with external udder temperature ($r = 0.374$, $p=0.0001$); with the information disaggregated by months, the correlation between THI and milk production reached a greater magnitude, especially in the month of June ($r= - 0.843$), indicating that as the THI increases, milk production decreases and external body and udder temperatures increase. It is recommended that the company implement strategies to mitigate the effects of heat, which could be financed by the productive and reproductive improvements resulting from raising cows under welfare conditions.

Keywords: THI; Milk production; ambient temperature; body temperature.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las vacas lecheras ocupan un rol importante en el abastecimiento de un alimento de primera calidad nutricional y en la industria láctea, generando trascendentes movimientos económicos; rol que ha sido resaltado por Hempel et al. (2019) cuando mencionan que… *en Europa las vacas tienen una gran importancia económica*; lo que no es, necesariamente, diferente para otras regiones del planeta. Tanto el mundo desarrollado como el que está en vías de desarrollo requieren de alimentos de primera calidad para que su población sea sana, bien desarrollada y productiva (intelectual como físicamente).

Dentro del ganado vacuno existen especializaciones, una de ellas es la lechera; razas vacunas como Holstein, Brown Swiss, Jersey, Ayrshire, Guernsey, entre otras de origen europeo, también algunas de origen índico, pero sobre todo las de origen europeo, son altamente especializadas en la producción de leche, lo que se debe a la enorme presión de selección para características de cantidad y calidad de la leche, tal que se reproducen los animales que genéticamente son capaces de elevar la capacidad productiva en la siguiente generación.

La raza lechera predominante en el mundo es la Holstein, esta es originaria de los Países Bajos (regiones de Holstein y Friesian), que es una zona templada, por encima de los 30° de latitud norte; en consecuencia, para esta raza se consideran temperaturas ambientales óptimas las que se encuentran entre 13 y 20°C. Pero, esta raza ha sido introducida a casi todas las regiones del mundo, incluidas aquellas tropicales. Por tal motivo, es explotada comercialmente en Lambayeque.

Entre los productores se ha asumido que, si se les proporciona las instalaciones y técnicas de explotación adecuadas, las vacas de la raza Holstein serían más económicas que las de cualquier otra raza; no obstante, es común observar que en los meses del verano lambayecano manifiestan síntomas de estrés térmico, debido a que las temperaturas ambientales máximas superan fácilmente los 30°C durante buena parte del día. Por lo que resulta necesario determinar qué tanto de malestar ambiental sufre el ganado a lo largo del verano y si hay algún cambio conforme se ingresa a la época menos calurosa del otoño.

Formulación del Problema de Investigación

Problema General

¿Cuál es el Índice Temperatura – Humedad (ITH) que soportan las vacas lecheras originarias de zonas templadas explotadas en un establo comercial durante el verano – otoño de Lambayeque y su relación con la temperatura corporal, de la ubre y producción de leche?

Problemas específicos

- ¿Cuál es el ITH durante el verano-otoño en Lambayeque?
- ¿Cuál es la producción de leche promedio durante el verano – otoño y su relación con la producción de leche en un establo de Lambayeque?
- ¿Cuál es la temperatura corporal de las vacas lecheras durante el verano – otoño en un establo de Lambayeque?
- ¿Cuál es la temperatura externa de la ubre de las vacas lecheras durante el verano – otoño en un establo de Lambayeque?
- ¿cuál es la relación entre el ITH y la producción de leche, la temperatura corporal y de la ubre?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Evaluar el Índice Temperatura – Humedad (ITH) que soportan las vacas lecheras originarias de zonas templadas explotadas en un establo comercial durante el verano – otoño en Lambayeque y su relación con la temperatura externa del cuerpo, temperatura externa de la ubre y producción de leche.

Objetivos específicos

1- Determinar el ITH durante los meses del verano y otoño 2024 en un establo lechero comercial de lambayeque.

2- Medir la temperatura externa del cuerpo de las vacas lecheras durante el verano y el otoño 2024 en Lambayeque.

3- Medir la temperatura externa de la ubre de las vacas.

4- Determinar la relación entre el ITH con la temperatura externa del cuerpo, la temperatura externa de la ubre y la producción de leche.

La ejecución de la presente investigación se justificó debido a que muy poca labor se ha realizado en Lambayeque con la finalidad de determinar la asociación entre factores climáticos y el bienestar de ganado lechero; principalmente con un indicador dearrollado, precisamente, para determinar el impacto sobre las vacas, como es el Índice Temperatura – Humedad (ITH) y así establecer sobre que condiciones están siendo explotadas.

Por otro lado, existe una corriente de opinión globalizada de un presunto calentamiento del planeta que podría hacer ingresar en estrés climático al ganado originario de zonas templadas explotado en ambientes tropicales o subtropicales como es Lambayeque, lo que podría conducir al deterioro productivo y económico de las empresas que se dedican a la producción de un alimento tan importante como la leche.

En el presente documento se ha considerado el siguiente desarrollo: **Introducción**, en la que se consigna la situación problemática, el problema de investigación planteado y los objetivos; **Diseño Teórico**, en el que se considera los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y las definiciones conceptuales, operacionalización de variables e hipótesis; **Diseño Metodológico**, en la que se consigna las estrategias y herramientas para la gestión de la investigación; **Resultados**, que implicó la consignación de los resultados obtenidos, en forma de tablas, figuras y fotografías; **Discusión**, en la que se discuten y contrastan los resultados obtenidos; **Conclusiones**, que se relaciona con la hipótesis científica y los objetivos específicos; **Recomendaciones**, aportes con la finalidad de realizar investigaciones futuras para cerrar progresivamente la brecha del conocimiento; **Bibliografía**, listado de los autores citados, de actualidad en el tema.

I. DISEÑO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Investigaciones realizadas en diferentes lugares del mundo han resaltado la importancia del ITH como indicador de estrés térmico para el ganado vacuno lechero.

Antanaitis et al. (2024) estudiaron el efecto del estés por calor sobre el proceso de rumia, consumo de agua y comportamiento del movimiento de vacas Holstein en Lituania, a lo largo de diferentes momentos del año (I, estrés alto ITH>78; II, estrés medio, ITH de 72 – 78; y III, estrés bajo, ITH <72). Empleando los medios tecnológicos avanzados y apropiados para monitoreo del ganado, pudieron determinar un cambio en la actividad de 12.82% mayor en el período de bajo estrés térmico en comparación con el período de estrés medio ($P<0.01$). Así mismo, determinaron que las vacas con alto estrés exhibieron niveles más altos de N ureico en sangre (BUN) en comparación con las vacas con estrés térmico medio ($P<0.01$). Los investigadores consideraron que las alteraciones que se observaron en la rumia, ingestión de agua ycomportamientos locomotores, además del equilibrio ácido básico, permitieron resaltar los múltiples impactos de la variación del estrés por calor sobre las respuestas ficiológicas y conductuales de las vacas lecheras. Consideraron la importancia de regular las prácticas de alimentación a través del control de las proporciones de BUN, con la finalidad de promover el bienestar y óptima productividad de las vacas.

Boonkum et al. (2024) implementaron un estudio para estimar los parámetros genéticos que afectan la producción y reproducción en condiciones de estrés por calor en ganado lechero y poder determinar el punto límite del estrés por calor para la producción de leche (PL), la relación grasa: proteína (RGP) y la tasa de concepción (TC) en ganado lechero Holstein tailandés. El umbral de estrés térmico se identificó con un ITH de 76, con el que se observó disminuición en PL, RGP de la leche y la TC. Las estimaciones de heredabilidad para PL, RGP y TC fueron de 0.347 ± 0.032, 0.293 ± 0.021 y 0.032 ± 0.001, respectivamente; la correlación genética entre PL y la RGP de la leche, y entre PL y TC fue de – 0.24 y – 0.53, respectivamente; en tanto que las correlaciones entre RGP de la leche y la tolerancia al calor, así como entre TC y tolerancia al calor, fueron de – 0.48 y – 0.49, respectivamente. Según los autores de la investigación, los resultados revelaron que es posible considerar simultáneamente la PL, la RGP de la leche, la TC y las características de tolerancia al calor del ganado lechero Holstein tailandés.

Borshch et al. (2024) realizaron una investigación para estudiar la influencia de diferentes valores de ITH sobre la duración del reposo recostado, el consumo de alimento, la productividad y la producción de calor de vacas lecheras en dos variantes de corrales de engorde (con y sin refugios). El ITH fue dividido en tres categorías, I: 66 – 71, normal (14 días); II: 72 – 79, alerta (16 días); III: >80, peligroso (9 días). El mayor incremento en los valores de ITH, que afectaron a las vacas se observó en los corrales abiertos sin refugios. Allí, en los períodos de alerta y peligro, la duración del consumo de alimento disminuyó en 8.0 y 23.1 minutos; el tiempo en reposo recostado en 17 y 38 minutos; la productividad en 2.3 Kg (8.77%) y 3.6 Kg (13.74%) y el consumo de energía en 4.7 y 9.6 Mj, respectivamente, en comparación con la categoría normal.

Lovarelli et al. (2024) evaluaron la respuesta de vacas lecheras en condiciones de estrés térmico, tanto cortas como prolongadas (de 1 a 28 días), expresada en cambios en su comportamiento (actividad, tiempo de descanso, períodos de descanso, tasa de descanso, descanso por período e inquietud). Los rasgos de producción considerados fueron: la producción diaria de leche, el tiempo promedio de ordeño, el recuento de células somáticas, el porcentaje de grasa, el porcentaje de proteína y el porcentaje de lactosa. El estrés térmico se analizó considerando el ITH promediado en 28 ventanas temporales diferentes de estrés térmico continuo. Los resultados obtenidos mostraron que el tiempo de descanso y la producción de leche fueron los dos rasgos más afectados por el aumento del ITH. El tiempo de descanso se vio inmediatamente afectado por un ITH elevado, mostrando una marcada disminución ya desde la ventana de 1 día y manteniéndose así en las demás ventanas. Así mismo, se observó que el tiempo de descanso y la tasa de descanso sólo se correlacionaron ligeramente de forma negativa con la producción de leche (– 0.14 y – 0.15). También determinaron que el estrés térmico tuvo efecto diferente según el número de parto y el estado de lactancia. Los investigadores concluyeron indicando que el estrés térmico aumentó la actividad y comprometió la producción de leche, el tiempo de descanso y la calidad de la leche. Así mismo, los resultados sugirieron que el tiempo de descanso puede ser un parámetro más eficaz que la actividad para describir los efectos del estrés térmico en el ganado lechero.

Nam et al. (2024) emplearon el ITH para evaluar el estrés, por alta temperatura, de vacas lecheras; utilizaron datos de temperatura del aire, humedad relativa, productividad de leche, componentes lácteos, componentes sanguíneos y sensores ruminales. El ITH osciló entre 46.9 y 81.0 durante el período experimental, y se observó una disminución significativa en la producción de leche en el mes de agosto ($P<0.05$). Se

pudo determinar que la producción de leche disminuyó en 1.8% debido al estrés por elevadas temperaturas durante el período experimental. Se observó una correlación negativa, significativamente alta, entre el ITH de la temperatura diurna y la temperatura ruminal ($r = - 0.744$; $P<0.01$).

Vinet et al. (2024) realizaron un estudio, con información de ganado lechero Holstein y Montbéliarde, con la finalidad de (1) estimar las interacciones genéticas e ITH para la fertilidad, y (2) evaluar la relación entre producción y fertilidad con valores crecientes de ITH. Se determinó que, para la fertilidad, las correlaciones genéticas entre los diferentes valores de ITH fueron superiores a 0.75; sugiriendo interacciones débiles entre genotipo e ITH para la tasa de concepción de ambas razas. Las correlaciones genéticas entre los valores reproductivos de la tasa de concepción al ITH promedio actual (ITH= 50, correspondiente a una temperatura promedio de 8ºC por 24 horas, con una humedad relativa de 50%) y sus pendientes (es decir, posible reordenamiento) para escenarios de estrés térmico (ITH>70) fueron diferentes para cada raza. Los investigadores concluyeron indicando que dentro del rango de condiciones climáticas estudiadas, no se espera que el incremento de las temperaturas agrave el equilibrio entre fertilidad y producción.

Más recientemente, Ferrari et al. (2025) investigaron el patrón de seis parámetros conductuales (baja actividad, mediana actividad, alta actividad, tiempo de rumia, tiempo de alimentación y respiración pesada) en vacas lecheras Holstein sometidas a estrés térmico (ET), empleando un enfoque estadístico de modelo aditivo mixto generalizado (GAMM); además, se evaluó la eficacia de una mezcla comercial de electrolitos, osmolitos y antioxidantes para mitigar los efectos adversos inducidos por el ET. Los resultados indicaron variaciones significativas en un solo parámetro de actividad, ya que las vacas tratadas mostraron un aumento en la actividad muscular (AM) con el aumento de ITH. El tiempo de alimentación disminuyó con el aumento del ET, especialmente en el grupo tratado, sugiriendo un posible alivio del ET. El tiempo de rumia disminuyó con el aumento de los niveles de ET, pero también aumentó con la producción de leche y la etapa de lactancia. Los investigadores mencionaron que, como era de esperar, la respiración agitada se incrementó significativamente con el ITH, especialmente por encima de 80, y se vio influenciada por la producción de leche y la etapa de lactancia, pero no por el tratamiento.

Jo y Lee (2025) evaluaron el efecto de proporciones de humedad relativa (HR) sobre el consumo de materia seca, producción y composición de la leche, la respuesta

fisiológica, la hematología sanguínea, los metabolitos, las hormonas y la expresión génica de la proteína de choque térmico de los folículos pilosos. Se empleó un diseño factorial 2 x 2, dos temperaturas (25 y 31ºC) y dos proporciones de humedad (50%, baja, y 80%, alta); todas las vacas se alojaron en cámaras con clima controlado. Los resultados mostraron que, en comparación con la baja, la alta humedad relativa a ambas temperaturas, redujo el consumo de materia seca, la produccion de leche, la grasa láctea, la leche corregida por energía y la leche corregida por grasa al 3.5%. También la alta HR aumentó la temperatura rectal, la frecuencia cardiaca, la glucosa, el N ureico en sangre, el cortisol y la proteína de choque térmico 90 en folículos pilosos. Según los investigadores, los resultados mostraron que, incluso a temperaturas moderadas, la alta HR afecta el rendimiento de las vacas lecheras y altera las funciones fisológicas y metabólicas, por lo que debe evitarse los impactos de estrés por calor húmedo.

Komisarek et al. (2025) evaluaron los efectos de la temperatura ambiental (TA) y la humedad relativa (HR) durante el período de transición posparto sobre la producción de leche, la fertilidad e índices inmunometabólicos sanguíneos de vacas en la lactancia posterior. La investigación permitió a los investigadores determinar que con el aumento de TA y HR posparto se disminuyó gradualmente la producción diaria promedio de leche en los primeros 150 días de lactación. La leche de vacas expuestas a un aumento de TA y HR presentó menor contenido de proteína y lactosa, y mayor contenido de grasa, urea en la leche y conteo de células somaticas. Así mismo, establecieron que la TA durante el posparto tuvo efecto negativo sobre la fertilidad, la que no se vio afectada por la HR. Dentro de los rangos utilizados, el incremento de TA y HR, durante el período de 0 – 14 días post parto, condujo a una disminución de la calificación de la condición corporal en el día 21, de apróximadamente 0.48 a 0.51 puntos, respectivamente. Además, la TA y HR en el día del parto se asocian con índices bioquímicos sanguíneos alterados el día 21 después del parto, indicando balance energético negativo más severo y estado de inflamación.

Leliveld et al. (2025) analizaron el efecto del calor sobre parámetros conductuales conocidos y novedosos de 390 vacas lecheras en lactación de tres granjas lecheras comerciales durante 7.5 meses, desde finales de invierno hasta principios de otoño. Se colocaron collares con sensores acelerométricos a las vacas para medir la Aceleración Corporal Dinámica Global (ACDG) y sus categorías de comportamiento. Los sensores en el establo midieron la temperatura, la humedad (para calcular ITH), la luz y la velocidad del viento. Los resultados obtenidos mostraron variación considerable en la respuesta al

estrés térmico entre las tres granjas. Se observó que un aumento en el ITH condujo a un incremento del tiempo gastado de pie, rumiando de pie, y una disminución del tiempo gastado comiendo, la ACDG y el rendimiento lechero. Según opinión de los investigadores, el estudio permitió identificar nuevos indicadores, sensibles y potenciales, de estrés calórico; como la rumia de pie, que podrían combinarse con indicadores establecidos, como el consumo de alimento, para mejorar la detección temprana y el manejo eficaz del estrés calórico en diversas granjas de ganado lechero.

Ojo et al. (2025) emplearon el ITH como indicador para evaluar las condiciones de estrés térmico y los rasgos de fertilidad en vacas Holstein en Países Bajos. El estudio reveló cambios considerables en los rasgos de fertilidad (tasa de concepción, intérvalo parto – primer servicio, intérvalo primer – último servicio, e intérvalo entre partos) durante períodos de estrés calórico; con un umbral de ITH de 60 para la tasa de concepción y el intérvalo primer – último servicio, y de 50 para el intérvalo parto – primer servicio, y el intérvalo entre partos. Los investigadores determinaron, curiosamente, que a medida que aumentaban los valores de ITH también los hizo la variabilidad genética y la heredabilidad, lo que indicó que a mayores valores de ITH, asociados con fertilidad reducida, es mayor la variación genética de los rasgos de fertilidad. Así mismo, se observaron interacciones significativas entre genotipo y ambiente para los cuatro rasgos de fertilidad, sugiriendo cambios en la clasificación de los sementales entre valores de ITH por debajo y por encima del umbral.

Ratni et al. (2025) investigaron las variaciones temporales y espaciales del ITH, la temperatura del aire y la humedad relativa en una granja lechera de gran altitud durante la temporada de lluvias en Sumatra Occidental, Indonesia. Los valores más altos de ITH se registraron fuera del corral, durante el mediodía (12:00 – 14:00), con una media de 80.18±3.76 en comparación con 76.17±1.96 en el corral ventilado por ventilador y 74.96±1.88 en el corral no ventilado. Los investigadores destacaron que no se observaron diferencias significativas en el ITH entre los dos ambientes interiores, indicando que el empleo de ventiladores tuvo limitada eficacia. Todos los valores de ITH en interiores reflejaron un estrés térmico moderado. El análisis de correlación reveló un valor fuerte y negativo entre la temperatura y la humedad ($r = -0.88$ a -0.97; $P<0.05$) en todas las ubicaciones.

Tu et al. (2025) indicaron que el ITH es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar los efectos del estrés por calor en el ganado. Así mismo, consideraron que el estado fisiológico influyó significativamente en las respuestas al estrés por calor, por lo

que resulta imperativo establecer límites específicos de ITH para vacas en lactación y secas, para implementar medidas de gestión del estrés térmico. Los investigadores implementaron un estudio utilizando el ITH para determinar la relación entre la temperatura rectal (TR), la frecuencia respiratoria (FR) y la tasa de sudoración (TS) en vacas en lactación y secas. Así mismo, estudiaron la relación entre la producción de leche en diferentes etapas de la lactación y los límites de ITH. Los resultados obtenidos les permitió inferir que las vacas lactantes y secas poseen diferentes umbrales de ITH, en función de sus respuestas fisiológicas inmediatas. Las vacas secas presentaron límites más altos para TR, FR y TS. Concluyendo que, para las vacas en lactación, es recomendable implementar medidas de enfriamiento cuando el ITH alcanza entre 66 y 67, en tanto que para vacas secas se recomienda esperar hasta que el ITH alcance 73.

1.2. Bases Teóricas

La concatenación de la producción, bienestar e impacto ambiental en las vacas lecheras es un aspecto complejo (multifactorial) y puede asumirse que las vacas explotadas en condiciones inadecuadas en las instalaciones podrían estar en condiciones difíciles o de no bienestar, así como puede mermarse la calidad del producto (Bokharaeian et al., 2023). Para algunos productores las instalaciones (sombras, espacios, etc.) pueden ser secundarias, pero no tienen en cuenta que la calidad y cantidad del producto (leche) depende del bienestar de los animales (Schütz et al., 2008, 2009, 2010); el problema se vuelve crítico cuando se explota ganado lechero de origen europeo bajo condiciones tropicales como las del verano de Lambayeque y se espera que las vacas produzcan grandes cantidades de leche (Del Carpio, 2021).

Es probable que el estrés más difícil para la vaca lechera es el térmico, pero, muchas veces, no se le presta la atención debida; se ha definido el estrés térmico como "cualquier cambio en la relación térmica entre un organismo y su entorno que, si no se compensa con la regulación de la temperatura, daría como resultado hipertermia o hipotermia". Por lo tanto, el signo aparente de una vaca estresada por el calor es el aumento de la temperatura corporal. El punto de referencia de la temperatura corporal del ganado lechero es 38.5ºC (Lambertz et al., 2014).

Por otro lado, Avendaño et al. (2007) indicaron que altas temperaturas, elevada humedad relativa, o ambas, provocan una reducción en los principales parámetros productivos y reproductivos del ganado lechero; que, cuando es sometido a estas condiciones adversas, su temperatura corporal se incrementa y se induce una serie de eventos fisiológicos que conducen a una nueva homeostasis y, finalmente, a una

reducción de la productividad. Consideran que, en condiciones de estrés por calor, algunos de los cambios observados en el ganado son: reducción en el consumo de alimento, disminución de la actividad física en general, búsqueda de sombra o viento, aumento de la tasa respiratoria, incremento en el flujo sanguíneo periférico, sudoración y disminución en la producción.

El efecto negativo del estrés calórico es más marcado cuando la densidad es elevada, al calor ambiental se suma el calor corporal y la competencia por la sombra, el agua o los lugares más frescos de los corrales; en algunos casos se manifiestan problemas de comportamiento agresivo entre las vacas, debido a que las vacas de mayor jerarquía desalojan a las de menor jerarquía de las sombras o de las fuentes de agua, lo que atenta en contra del bienestar y, en consecuencia, del rendimiento (Schütz et al., 2010).

La Teoría de la Asignación de Recursos en Ganadería ha planteado que los animales domésticos de interés zootécnico se deben catalogar como bio artefactos, toda vez que fueron domesticados para satisfacer necesidades humanas; en consecuencia, son dependientes del cuidado y condiciones que los humanos les brinden para cumplir con la finalidad de su domesticación (Cuevas, 2008; Rauw, 2009). No obstante, en muchas situaciones, lejos de brindarse los recursos adecuados estos no necesariamente son suministrados; es el caso de explotar animales de razas procedentes de zonas templadas en zonas tropicales, ignorándose las interacciones genotipo – medioambiente que pueden darse, lo que implicaría que los mejores genotipos productivos en zonas templadas pueden ser completamente improductivos en zonas tropicales (Rauw y Gómez-Raya, 2015).

1.2.1. Definiciones conceptuales

1.2.1.1. Índice Temperatura – Humedad (ITH)

Los efectos de la temperatura y de la humedad relativa han sido ampliamente estudiados en el ganado vacuno lechero; por lo que estos dos parámetros ambientales son combinados en un índice único, al que se le denomina Índice Temperatura – Humedad y que se abrevia como ITH, empleándose para la evaluación del estrés calórico y las pérdidas en producción de leche, además de monitorizar la termorregulación (Costa et al., 2020).

Según Ul Umar et al. (2021), este índice fue propuesto por primera vez por Thom en 1958; así mismo, indicaron que se ha empleado extensivamente para evaluar el estrés térmico en condiciones calóricas moderadas. En base a su revisión bibliográfica, consideraron que no tiene umbrales críticos unificados para este índice para delimitar

diferentes grados de estrés calórico, que estos umbrales son dependientes de la localización geográfica, así como de la raza, edad y condición fisiológica del animal.

1.2.1.2. Producción de leche

Cantidad de leche que es extraída de una vaca, con fines comerciales, y que se expresa en litros o kilos; puede representar la cantidad producida en un día o en un período determinado (por ejemplo, lactación de 305 o 365 días), la producción de leche es una variable altamente sensible a los efectos negativos del calor o estrés térmico, debido a que la vaca ha perdido bienestar (Tao et al., 2020).

1.2.1.3. Temperatura de la ubre

La ubre es la parte del cuerpo de la vaca en la que se sintetiza la leche; la síntesis láctea implica que el metabolismo de la ubre sea muy intenso y, en consecuencia, se produce una elevación de su temperatura (Park y Haenlein, 2011), la temperatura de la ubre debe ser superior a la temperatura promedio del cuerpo y bajo condiciones de alta temperatura del ambiente se podrían ver afectados negativamente los procesos de síntesis de leche y, consecuentemente, ocasionar menor producción (Vinet et al., 2023).

1.2.1.4. Bienestar animal (Welfar)

El bienestar de las vacas lecheras comprende una serie de condiciones mediante las que se puede asumir que los animales se encuentran bien (salud, condición corporal, comportamiento, etc.), estas condiciones se interrelacionan, tal que el deterioro de una afecta negativamente a otra u otras. Leliveld y Provolo (2020) plantearon que “para evaluar el bienestar de los animales de granja a menudo se plantean tres preguntas importantes: (1) ¿Está funcionando bien el animal? (2) ¿Se siente bien el animal? (3) ¿puede el animal vivir una vida razonablemente natural? Todas estás interrogantes se vinculan con el rendimiento animal y son influenciados en gran medida por factores climáticos; sobre todo si las instalaciones en las que son mantenidas cada vez soportan mayor densidad poblacional (Beaver et al., 2019).

1.3. Operacionalización de Variables

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos
1. Índice temperatura – humedad relativa (ITH)	El ITH es un índice bioclimático comúnmente utilizado para el estudio del estrés por calor en la cría de animales (Dimov et al., 2020).	Condiciones ambientales	Temperatura en grados celsius (°C) (0 – 40)	Temómetro
			Humedad relativa del aire (0 – 100%)	Higrómetro
2. Temperatura corporal	Cantidad de calor corporal proveniente de las diferentes funciones metabólicas	Temperatura	Temperatura corporal de las vacas en grados celsius	Termografía infrarroja
3. Temperatura externa de la ubre	Cantidad de calor que se registra en el exterior de la ubre debido a su metabolismo intenso tiende a ser superior a la temperatura corporal (Bang et al., 2022).	Temperatura	Temperatura de la ubre de las vacas en grados celsius	Termografía infrarroja
4. Producción de leche	Cantidad de leche producida por la vaca con fines comerciales (Hempel et al., 2019).	Comercial	Unidad de producción expresada en litros	Indicador volumétrico

1.4. Hipótesis

El Índice Temperatura – Humedad (ITH) está asociado negativamente con la producción de leche y positivamente con la temperatura corporal y de la Ubre.

II. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de Investigación

Investigación correspondiente al método **cuantitativo** de tipo **correlacional**, de corte **longitudinal**. Dado que la recolección de datos es de tipo numérico, estandarizado y cuantificable mediante procedimientos estadísticos (Hernández et al., 2010; Muñoz, 2011); valores de temperatura ambiental, corporal y de la ubre, así como de humedad relativa del aire son cantidades numéricas y que se colectaron en vacas de diferentes edades al mismo tiempo y a lo largo de los meses del verano y del otoño de 2024, definen a la investigación que se realizó.

2.2. Método de Investigación

Investigación no experimental y correlacional; la investigación realizada no consideró la manipulación de ninguna variable para determinar su efecto sobre otra (s) variable (s). La explicación se sustentó en el valor de la asociación entre las variables (Medianero, 2022).

2.3. Diseño de Contrastación

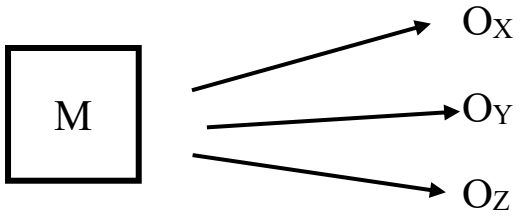
Las hipótesis estadísticas se plantearon de la siguiente manera:

H_0: No hay correlación ($\rho = 0$, $P>0.05$)

H_1: Si hay correlación ($\rho \neq 0$, $P<0.05$)

Al contrastarse para rechazar una de ellas se tuvo en consideración 5% como máxima probabilidad de cometer error de tipo I (error α) (Ostle, 1979; Scheffler, 1981).

El diseño de contrastación fue el siguiente:



M: representó a la muestras

O_X, O_Y, O_Z: las observaciones o variables recolectoras.

2.4 Población, Muestra y Muestreo

La población estuvo constituida por las vacas en ordeño, de diferentes campañas (1, 2, 3 y posteriores) del establo lechero Santa Beatriz, rama San Nicolás, distrito, provincia y departamento de Lambayeque. El establo cuenta con 60 vacas en ordeño, con predominancia de la raza Holstein y algunos ejemplares cruzados entre Holstein x otras razas europeas; se trabajó con todas las vacas en ordeño (estudio transversal), en consecuencia la muestra es del mismo tamaño que la población.

Las evaluaciones se realizaron los meses del verano (enero, febrero, marzo) y los del otoño (abril, mayo, junio) de 2024; los meses del otoño sirvieron para determinar una posible tendencia a lo largo de ambas estaciones del año (estudio longitudinal).

2.5 Técnicas, Instrumentos, Equipos y Materiales de Recolección de Datos

2.5.1 Técnicas

Tempertura del aire, Humedad relativa e ITH

Con un termohigrómetro digital se tomó la temperatura y la humedad relativa. Para poder determinar el índice de temperatura y humedad (ITH) se aplicó la fórmula descrita por Fabris et al. (2019):

$$ITH = (1.8 \times TA + 32) – (0.55\text{-}0.0055 \times HR) \times (1.8 \times TA – 26)$$

Donde: TA corresponde a la temperatura ambiental (ºC), HR a la humedad relativa (%).

Los **valores críticos de ITH** han sido fijados por West (2003) en 64 (**mínimo**), 72 (**medio**) y 76 (**máximo**), los que se tuvieron en consideración en el presente estudio.

El ITH se determinó para todos los corrales de descanso y se observó si las vacas se mantienen de pie o echadas.

Temperatura externa del cuerpo y de la ubre

Con un lector infrarrojo se midió la temperatura en el lado izquierdo anterior de la ubre y del cuerpo del animal (parte media del costillar), en ambos casos a 15 cm de distancia.

Producción de leche

. La cantidad de leche producida se determinó volumétricamente en balde contenedor graduado. Debido al acopio que realiza la empresa, se tuvo disponibilidad de la información relacionada con la producción total del establo; se utilizó la producción promedio por vaca en ordeño.

Toda la información recopilada se anotó en una libreta de campo y posteriormente se trasfirió a una hoja de cálculo hasta su análisis.

2.5.2 Instrumentos

- Termohigrómetro digital, para interiores y exteriores (968H), fabricado en China.
- Lector portátil infrarrojo de temperatura.
- Cámara fotográfica digital.
- Procesador de texto (Laptop).

2.5.3 Materiales de Recolección de Datos

- Libreta de campo.
- Bolígrafo.
- Ordenador electrónico.

- Cámara fotográfica.

2.6 Procesamiento y Análisis de Datos

Se aplicó el software estadístico Minitab 18 para la determinación de los estadígrafos descriptivos, así como para determinar los valores de correlación (Pearson), en el caso de la correlación en el mes de mayo aplicó la corrlación no paramétrica de Spearman, debido a que en ese mes la distribución no fue normal (Scheffler, 1981; Ostle, 1079).

III. RESULTADOS

3.1. Componentes del ITH

En la Tablas 1, 2 y 3, se presentan las estadísticas descriptivas de la temperatura ambiental, de la humedad relativa y del ITH.

Tabla 1.
Estadísticas descriptivas de la temperatura ambiental registrada según los meses del año

Meses	N	Media	EE_{media}	D. E.	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
Enero	10	32.010	0.721	2.279	07.12	27.90	31.40	36.00
Febrero	20	31.075	0.433	1.936	06.11	28.40	32.00	34.60
Marzo	16	31.250	0.698	2.792	08.94	27.00	31.70	35.00
Abril	20	26.160	0.546	2.442	09.34	23.30	25.40	33.00
Mayo	34	25.088	0.561	3.274	13.05	20.60	24.90	31.50
Junio	30	22.553	0.396	2.167	09.61	19.20	22.35	26.70

Tabla 2.
Estadísticas descriptivas de la humedad relativa registrada según los meses del año

Meses	N	Media	EE_{media}	D. E.	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
Enero	10	56.40	2.770	2.279	15.51	46.00	54.50	71.00
Febrero	20	58.40	1.620	1.936	12.43	42.00	57.50	67.60
Marzo	16	54.13	2.050	2.792	15.17	42.00	55.50	68.00
Abril	20	57.35	0.546	0.689	05.38	52.00	57.50	65.00
Mayo	34	61.53	0.561	0.847	08.02	53.00	62.00	70.50
Junio	30	69.77	0.396	0.867	07.94	51.00	59.00	70.00

Tabla 3.
Estadísticas descriptivas del ITH ddeterminado según los meses del año

Meses	N	Media	EE_{media}	D. E.	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
Enero	10	81.883	0.618	1.955	2.39	78.357	82.126	85.276
Febrero	20	81.911	0.575	2.573	3.14	77.870	81.835	87.106
Marzo	16	80.538	0.880	3.518	4.37	75.006	81.151	86.115
Abril	20	74.138	0.747	3.341	4.51	70.083	73.059	83.685
Mayo	34	73.118	0.823	4.779	6.56	66.764	72.753	83.466
Junio	30	69.312	0.522	2.858	4.12	64.771	69.068	75.328

En las Figuras 1, 2 y 3 se presenta el comparativo porcentual entre meses para las medias de la temperatura ambiental, la humedad relativa y el ITH. En todos los casos se hizo como referente a lo determinado para el mes de enero.

Figura 1.
Comparativo porcentual según meses para la temperatura ambiental dentro de los corrales

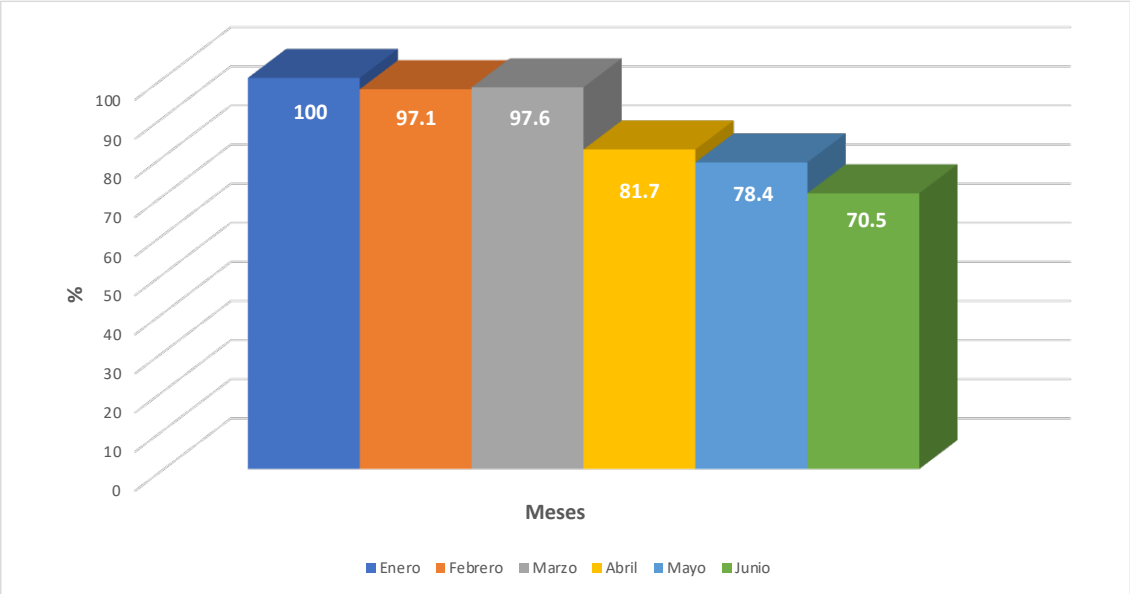
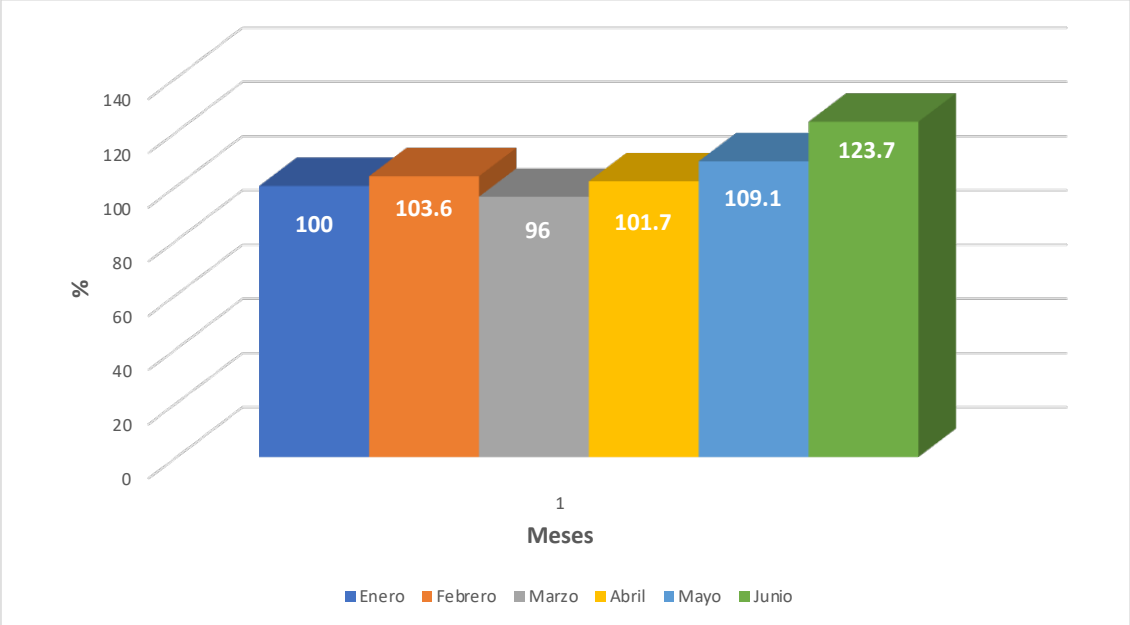
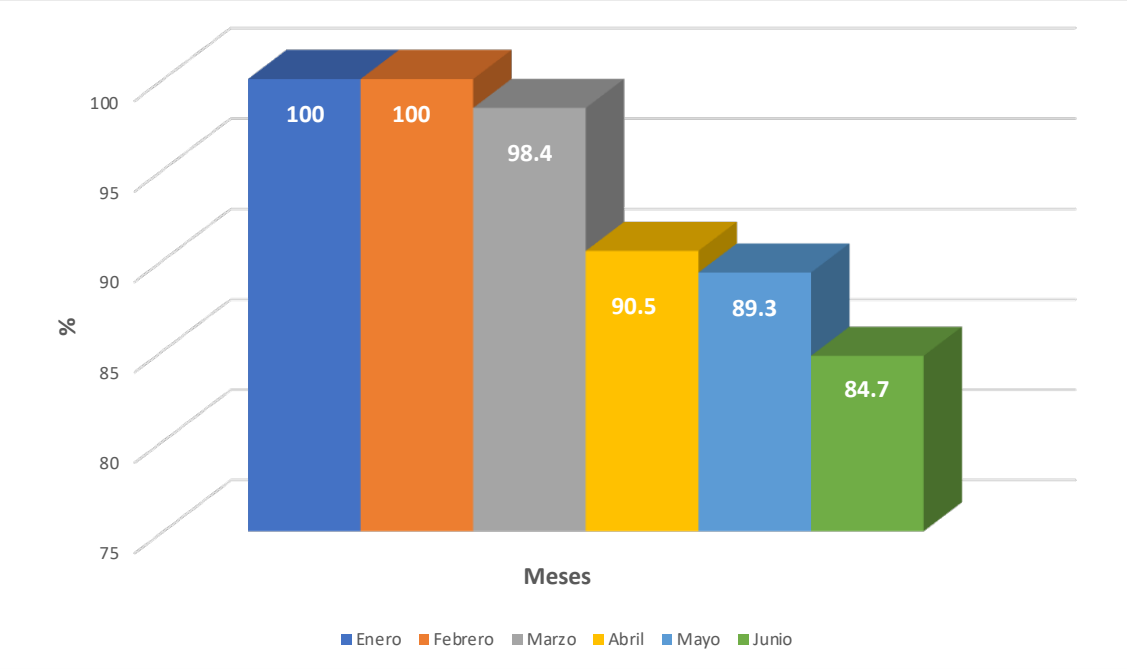


Figura 2.
Comparativo porcentual según meses para la humedad relativa dentro de los corrales



La temperatura descendió marcadamente después de marzo (Figura 1), en tanto que la humedad relativa tendió a aumentar (Figura 2); sin embargo, el aumento de la HR no fue tan marcado en los cinco primeros meses del año, recién el incremento se hizo de magnitud considerable en el mes de junio.

Figura 3.
Comparativo porcentual según meses para el ITH dentro de los corrales



Al comparar las Figuras 1 y 3 se aprecia una tendencia a disminuir en la temperatura como con el ITH conforme trascurrieron los meses; pero, el ITH, a diferencia de la temperatura, presentó un descenso muy marcado en el segundo trimestre del año; según la tipifación de West (2003), el ITH de los tres primeros meses estuvo por encima del valor máximo de 76; en tanto que el ITH de cada uno de los meses del segundo trimestre estuvo dentro de la tipicación de medio.

En las Tablas 4, 5 y 6 se presentan las estadísticas descriptivas del temperatura ambiental, humedad relativa e ITH según los corrales.

Tabla 4.
Estadísticas descriptivas de la temperatura ambiental registrada según los corrales del establo

Corrales	N	Media	EE_{media}	D. E.	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
Uno	28	26.400	0.804	4.257	16.12	19.20	25.80	35.00
Dos	28	26.686	0.778	4.116	15.43	19.20	26.60	34.20
Tres	28	27.407	0.852	4.506	16.44	19.80	26.60	34.60
Cuatro	28	27.507	0.859	4.546	16.53	20.80	26.90	34.90
Cinco	18	26.830	1.250	5.280	19.69	20.70	25.30	36.00

Se apreció que la temperatura fue muy parecida en todos los corrales.

Tabla 5.
Estadísticas descriptivas de la humedad relativa registrada según los corrales del establo

Corrales	N	Media	EE_{media}	D. E.	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
Uno	28	60.29	1.12	5.94	09.85	44.00	61.50	71.00
Dos	28	60.00	1.11	5.88	09.80	44.00	59.50	70.00
Tres	28	58.46	1.14	6.02	10.30	42.00	58.00	70.00
Cuatro	28	56.89	1.29	6.84	12.03	43.00	58.00	69.00
Cinco	18	57.33	1.51	6.41	11.18	42.00	58.00	66.00

Como con la temperatura se apreció que la HR tiende a ser similar en todos los corrales.

Tabla 6.
Estadísticas descriptivas del ITH determinado según los corrales del establo

Corrales	N	Media	EE_{media}	D. E.	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
Uno	28	74.76	1.11	5.88	07.87	64.77	73.81	86.11
Dos	28	75.12	1.07	5.68	07.56	64.77	74.52	87.11
Tres	28	75.91	1.14	6.04	07.96	66.05	75.17	84.16
Cuatro	28	75.82	1.12	5.94	07.83	67.21	75.24	85.34
Cinco	18	74.91	1.61	6.83	09.12	67.09	73.34	85.70

Las medias del ITH de todos los corrales estuvieron muy próximas al valor máximo de 76 reportado por West (2003). Como se puede observar en la Tabla 6, los valores mìnimos correspondieron a los meses del otoño, en tanto que los valores máximos a los meses del verano.

3.2. Determinaciones en las vacas

En Tablas 7, 8 y 9 se muestran los valores de la producción de leche diaria, promedio por vaca, de la temperatura externa corporal y de la temperatura externa de la ubre.

Tabla 7.
Estadísticas descriptivas de la producción de leche diaria, promedio por vaca, determinado según los meses del año

Meses	N	Media	EE_{media}	D. E.	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
Enero	10	23.900	0.200	0.632	2.65	23.30	23.90	24.50
Febrero	20	25.762	0.145	0.648	2.51	24.70	26.01	26.34
Marzo	16	26.273	0.280	1.121	4.27	24.73	26.28	27.80
Abril	20	21.390	0.214	0.958	4.48	20.20	21.75	22.60
Mayo	34	25.197	0.363	2.117	8.40	21.70	24.80	29.47
Junio	30	26.192	0.072	0.394	1.50	25.45	26.26	26.61

Tabla 8.
Estadísticas descriptivas de la temperatura externa corporal, promedio por vaca, determinado según los meses del año

Meses	N	Media	EE_{media}	D. E.	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
Enero	140	36.067	0.104	1.230	3.41	32.30	36.40	39.30
Febrero	257	36.100	0.084	1.351	3.74	32.20	36.50	39.70
Marzo	255	36.274	0.078	1.238	3.41	32.50	36.50	39.10
Abril	245	35.366	0.084	1.319	3.73	31.70	35.70	39.50
Mayo	385	35.362	0.078	1.533	4.34	32.00	35.60	41.20
Junio	379	35.468	0.061	1.196	3.37	26.10	35.90	38.90

Tabla 9.
Estadísticas descriptivas de la temperatura externa de la ubre, promedio por vaca, determinado según los meses del año

Meses	N	Media	EE_{media}	D. E.	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
Enero	140	35.515	0.099	1.163	3.28	32.10	35.60	37.90
Febrero	257	35.709	0.097	1.554	4.35	26.30	36.20	39.70
Marzo	255	35.832	0.095	1.522	4.25	32.00	36.40	39.10
Abril	245	34.764	0.089	1.398	4.02	32.00	34.80	38.10
Mayo	385	34.938	0.078	1.522	4.36	31.20	35.10	38.70
Junio	379	34.893	0.067	1.298	3.72	32.00	35.10	37.90

En las Tablas 10 y 11 se presentan los resultados de temperatura externa corporal y temperatura externa de la ubre de acuerdo a los corrales. Debido a que se dispuso de la producción diaria de todo el establo no se presenta el arreglo por corrales, ya que los valores generados serían similares para todos los corrales, lo que no ocurrió con el arreglo mensual de la información.

La temperatura corporal externa estuvo por debajo de la temperatura corporal determinada rectalmente (38.0 a 39.3ºC) (Lambertz et al., 2014), pero hubo varias vacas por encima de tales valores, como se observa en los valores máximos.

Tabla 10.
Estadísticas descriptivas de la temperatura externa corporal, según los corrales del establo

Corrales	N	Media	EE_{media}	D. E.	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
Uno	413	35.66	0.07	1.37	03.85	32.00	36.00	39.30
Dos	321	35.81	0.08	1.40	03.92	26.10	36.20	38.60
Tres	386	35.55	0.07	1.27	03.58	32.10	35.90	39.70
Cuatro	352	35.61	0.08	1.53	04.30	32.00	35.90	41.20
Cinco	189	36.08	0.09	1.21	03.35	32.10	36.30	39.30

Tabla 11.
Estadísticas descriptivas de la temperatura externa de la ubre, según los corrales del establo

Corrales	N	Media	EE_{media}	D. E.	C. V.	Mínimo	Mediana	Máximo
Uno	413	35.19	0.07	1.47	04.18	31.20	35.60	39.10
Dos	321	35.42	0.08	1.37	03.88	32.00	35.80	38.70
Tres	386	35.12	0.08	1.48	04.23	26.30	35.20	39.70
Cuatro	352	34.99	0.09	1.62	04.63	32.00	35.10	39.20
Cinco	189	35.47	0.10	1.42	03.99	32.00	36.00	39.00

3.3. Correlaciones

En la Tabla 12 se presentan los valores generales de correlación determinados (por encima de la diagonal) y los valores de la probabilidad de error (por debajo de la diagonal).

Tabla 12.
Valores generales de correlación de Pearson

	ITH	TA	HR	PL/ V	TC	TU
ITH	**1**	**0.988**	**- 0.207**	**- 0.201**	**0.395**	**0.374**
TA	0.0001	**1**	**- 0.352**	**- 0.202**	ND	ND
HR	0.018	0.0001	**1**	0.147	ND	ND
PL/ V	0.022	0.021	0.095	**1**	ND	ND
TC	0.0001	ND	ND	ND	**1**	**0.515**
TU	0.0001	ND	ND	ND	0.0001	**1**

Notas:
ITH: Índice Temperatura Humedad; TA: Temperatura Ambiental; HR: Humedad Relativa;
PL/ V: Producción de Leche/ Vaca por Día; TC: Temperatura Externa del Cuerpo; TU: Temperatura Externa de la Ubre

El ITH estuvo más asociado por la temperatura ambiental que con la humedad relativa; en ambos casos las correlaciones fueron significativas, sobre todo entre ITH y HR.

El ITH se asoció negativamente con la producción de leche; sin embargo, en baja magnitud, a pesar de la significación (P=0.022). Esto indicaría que al ser la expresión de la producción de leche de carácter multifactorial, el ITH solo explicaría una fracción limitada de la disminución de la producción. Pero la acumulación del calor ocacionaría disminución del consumo de materia seca y desviación de la menor energía alimentaria ingerida para procesos de refrigeración, ocasionando las mermas que se observan, sobre todo en los primeros tres meses del año.

El ITH se asoció en forma positiva con las temperaturas externas del cuerpo y de la ubre, en ambos casos en forma altamente significativa (P=0.0001); pero, en magnitudes relativamente bajas, tal que solo se explicaría entre 15.6 y 14% de los cambios en ambas

temperaturas por parte del ITH. Esto podría evidenciar el comportamiento del organismo para enfrentar el estrés por calor.

Valor de correlación de magnitud media se encontró entre la temperatura externa del cuerpo y la temperatura externa de la ubre (P=0.0001), que indicó que alrededor de 26.5% de las variaciones en la temperatura externa de la ubre podrían explicarse por las variaciones en la temperatura externa del cuerpo.

Sin embargo, dada la variabilidad típica de los indicadores climáticos con relación al tiempo, se procedió a la aplicación de la prueba de normalidad para el ITH dentro de cada mes (anexos 1, 2, 3, 4, 5, 6); los resultados indicaron que las distribuciones se comportaron normalmente en cinco de los seis meses considerados. En el mes de abril no hubo normalidad (P<0.010); este comportamiento motivó para que las correlaciones entre el ITH con la temperaturas (corporal y de la ubre) y con la producción de leche se determinaran dentro de cada mes (Tabla 13).

Tabla 13.
Valores de correlación (Pearson) entre el índice temperatura humedad (ITH) con la temperatura corporal (TC), temperatura de ubre (TU) y producción de leche (PL)

Mes	ITH- TC	ITH-TU	ITH-PL
Enero			
r	0.088	- 0.132	- 0.316
p	0.299	0.121	0.374
CD, %	0.774	1.742	9.99
Febrero			
r	**0.427**	**0.227**	- 0.374
p	0.0001	0.0001	0.104
CD, %	18.233	5.153	13.99
Marzo			
r	**0.309**	**0.274**	**- 0.768**
p	0.0001	0.0001	0.001
CD, %	9.548	7.508	58.98
Abril			
r	**0.318**	**0.355**	0.344
p	0.0001	0.0001	0.138
CD, %	10.112	12.603	11.83
Mayo			
r	**0.453**	**0.407**	**- 0.723**
p	0.0001	0.0001	0.0001
CD, %	20.521	15.565	52.27
Junio			
r	**0.278**	**0.280**	**- 0.843**
p	0.0001	0.0001	0.0001
CD, %	7.728	7.84	71.07

Nota: r, valor de correlación; p, probabilidad de error al rechazar H0; CD, coeficiente de determinación.

Entre ITH – TC la correlación fue significativa (P<0.0001) en febrero, marzo, arbril, mayo y junio; sin embrago, el valor más alto del coeficiente de determinaciónn fue de 20.5%. Entre ITH – TU, como en el caso anterior, la correlación fue significativa de febrero a junio; pero, con coeficientes de determinación aún menores, el más alto fue de 16.6% en junio. Entte ITH – PL, fue significativa en marzo, mayo y junio, con signo negativo y coeficientes de determinación por encima del 50%; en el mes de junio el coeficiente de determinación fue superior al 70%.

Figura 4.

Imágenes de corrales de descanso con muy poca área sombreada y aprovechando recostarse debajo de un poco de sombra



IV. DISCUSIÓN

La importancia del ITH sobre el rendimiento y bienestar de las vacas lecheras ha sido resaltado por diferentes investigadores (Antanaitis et al., 2024; Boonkum et al., 2024; Borshch et al., 2024; Lovarelli et al., 2024; Nam et al., 2024; Vinet et al., 2024; Ferrari et al., 2025; Leliveld et al., 2025; Ojo et al., 2025; Ratni et al., 2025; Tu et al., 2025); sobre todo si se tiene consideración que los valores de ITH de los tres primeros meses del año estuvieron por encima de 80, que es considerado alto por Antanaitis et al. (2024), quienes indicaron que bajo esas condiciones se altera negativamente la actividad de los animales, los patrones de rumiación (Ferrari et al., 2025). El deterioro del descanso de los animales tamhién ha sido indicado por Lovarelli et al. (2024) con valores altos de ITH.

En la Tabla 3 se puede apreciar que los valores mínimo y máximo del ITH, sobre todo el máximo, estuvieron por encima del que es considerado alto por Antanaitis et al. (2024) y Boonkum et al. (2024). El problema se torna muy dificil para el ganado cuando no se dispone de estructura (sombras o ventiladores) para menguar o disipar el calor acumulado (Borshch et al., 2024).

Es impotante resaltar que los valores de humedad relativa (Tabla 2) no fueron muy altos, con valores medios entre 50 y 60%; caso contrario se hubiera agravado el ITH y el estado de los animales (Jo y Lee, 2025; Komisarek et al., 2025; Ratni et al., 2025). Motivo por el que los valores obtenidos de ITH estuvieron más en función de la temperatura ambiental; en la Tabla 12 se puede apreciar que la correlación entre el ITH y la temperatura ambiental fue de 0.988 (P=0.0001), en tanto que con la humedad relativa la correlación fue de – 0.207 (P=0.018).

Se apreció (Tabla 12) que la correlación entre ITH y la producción de leche fue de – 0.201, cifra muy parecida a la de la correlación entre la temperatura ambiental y la Producción de leche (– 0.202), por lo que se puede asumir que, en este estudio, el ITH dependió fundamentalmente de la temperatura ambiental más que de la humedad relativa, reiterando que esto se dio por los valores bajos de humedad relativa. Cuando se disgregó la determinación de la correlación por meses (Tabla 13), llamó la atención el comportamiento en mayo y junio, con coeficientes de determinación de 52.27 y 71.07%, respectivamente; siendo mayo y junio los meses de menor temperatura ambiental, con medias de 25 y 22.6ºC, una variación a la alza en el ITH ocasionaría mayor comportamiento negativo en la producción de leche. Los valores de los coeficientes de determinación indican que 52 y 71% de las modificaciones en la producción de leche

hacia la baja serían explicadas por el incremento en el valor del ITH en estos meses, en el que habría influido el incremento en la HR.

La temperatura exterior del cuerpo y la temperatura exterior de la ubre estuvieron mejor asociadas (r = 0.515), la diferencia entre ambos valores fue de alrededor de medio grado Celsius. Se puede asumir que la carga calórica de la ubre se incrementaría si sube la carga calórica del cuerpo, lo que afectaría negativamente los procesos de síntesis láctea. Es decir, el incremento del calor corporal por acumulación haría que la ubre suba su temperatura, afectándose negativamente sus funciones.

Debido a las características de los corrales, es evidente que las vacas están siendo explotadas en disconfort (ausencia de suficientes estrucuturas para brindar sombras), aun cuando se llega a los meses del otoño, en los que el ITH disminuyó hasta medias adecuadas; debido a que la ausencia de sombras deja a las vacas expuestas a los efectos de la radiación y, además, calentando el suelo; por lo que muy pocas vacas se recuestan para descansar, permaneciendo paradas y moviéndose, hasta las 5 de la tarde en que la sombra de las paredes se proyectan al interior de los corrales. La importancia de diferentes indicadores conductuales para mitigar el estrés por calor bajo condiciones de elevados valores de ITH han sido destacados por diferentes investigadores (Borshch et al., 2024; Ferrari et al., 2025; Leliveld et al., 2025), resaltando la posible acción negativa sobre el proceso de rumiación.

Aun cuando en la presente investigación se incide sobre la producción de leche, debido a que es el producto que se comercializa diariamente, otros aspectos son afectados negativamente por valores elevados de ITH que, a veces, pasan desapercibidos. Estos aspectos son los relacionados con la reproducción (Boonkun et al., 2024; Vinet et al., 2024; Komisarek et al., 2025; Ojo et al., 2025), la que al verse afectada se retarda la reanudación reproductiva, incrementando el intérvalo entre partos sucesivos y disminuyendo la cantidad de campañas y la producción por vida del ganado.

Durante el desarrollo de la investigación se determinó que los corrales de las vacas no disponían de piso, los animales viven sobre le suelo; bajo condiciones de derrame de agua desde los bebederos, se generan aniegos que permanecen por mucho tiempo debido a que los corrales no disponen de drenaje. Bajo estas condiciones los animales no disponen ni de sombra, ni de superficies adecuadas sobre las que deseen recostarse para mitigar las condiciones de los alto ITH veraniegos, encontrándose bajo condiciones de no bienestar, lo que definitivamente afecta sus niveles productivos y reproductivos

(Schütz et al., 2008, 2009, 2010), afectándose la calidad de la leche producida (Bokharaeian et al., 2023).

Resulta evidente que, como la estudiada en la presente investigaciones, las explotaciones de ganado lechero de Lambayeque deben implementar estrategias para mitigar el impacto de elevados valores de ITH del verano, lo que conllevaría a un costo de instalación que podría financiarse con la mejora en los niveles productivos y reproductivos de las vacas (Tao et al., 2020; Borshch et al., 2024; Nam et al., 2024; Jo y Lee, 2025). El tipo y diseño de estrategias a implementar dependerán de las investigaciones pertinentes.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el ITH se asoció negativamente con la producción de leche y positivamente con la temperatura externa del cuerpo y la temperatura externa de la ubre.

2. Durante el verano el ITH manifestó medias por encima de valores críticos indicando que las vacas se encontraron fuera de la zona de confort y con evidente peligro para su salud; en los meses de otoño el ITH logró valores promedio entre medios y bajos.

3. La producción de leche diaria, promedio por vaca en los meses de enero a junio varió entre 21.4 y 26.2 kilos; con indicativos de que podrían lograrse producciones próximas a los 30 kilos.

4. La temperatura externa del cuerpo fue superior a los 36 grados en todos los meses del verano y superior a los 35 grados celsius en los meses de otoño; las vacas no mostraron comportamiento de bienestar.

5. La temperatura externa de la ubre fue superior a los 35 grados celsius en los meses del verano y superior a los 34 grados durante los meses de otoño.

6. El ITH se correlacionó negativamente con la producción de leche (en general, $r = -0.201$; $p=0.0001$), con mayor intensidad en mayo y junio, y positivamente con la temperatura externa del cuerpo ($r = 0.395$, $p=0.0001$) y con la temperatura externa de la ubre ($r = 0.374$, $p<0.0001$).

VI. RECOMENDACIONES

1. Emplear el ITH determinado en las instalaciones que permita estimar el verdadero impacto sobre la producción de leche y el bienestar de las vacas.

2. Desarrollar investigaciones, técnicas y económicas, con la finalidad de determinar las mejores estrategias para mitigar el efecto del ITH.

3. Determinar la vinculación del ITH con el comportamiento reproductivo de las vacas lecheras y la calidad de la leche.

4. Implementar estudios que permitan determinar el ITH en los corrales en horas de la noche y madrugada, con la finalidad de establecer si las vacas podrían recuperar el equilibrio térmico.

BIBLIOGRAFÍA

Antanaitis, R., Dzermeikaite, K., Kristolaityte, J., Ribelyte, I., Bespalovaite, A., Bulviciuta, D., Palubirrskas, G., and Anskiene, L. (2024), The impacts of heat stress on rumination, drinking, and locomotory behavior, as registered by innovative technologies, and acid-base balance in Fresh multiparous dairy cows. *Animals*, 14, 1169. https://doi.org/10.3390/ani114081169

Avendaño, L., Álvarez, F., Correa, A., Saucedo, J., Rivera, F., Verdugo, F., Aréchiga, C., y Robinson, P. (2007). Evaluación de un sistema de enfriamiento aplicado en el periodo seco de ganado lechero durante el verano. *Técnica Pecuaria en México*, 45(2): 209-225. [http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61345207]

Beaver, A., Ritter, C., von Keyserlingk, M. A. G. (2019). The dairy cattle housing dilemma: Natural behavior *versus* animal care. *Vet. Clin. Food Anim.* 35, 11–27. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.11.001

Bokharaeian, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., Ghassemi Nejad, J., Esfahani, I. J. (2023). Quantitative associations between season, month, and Temperature-Humidity Index with milk yield, composition, somatic cell counts, and microbial load: A comprehensive study across ten dairy farms over an annual cycle. *Animals,* 13, 3205. https://doi.org/10.3390/ani13203205

Boonkum, W., Teawyoneyong, W., Chankitisakul, V., Duangsinda, M., and Buaban, S. (2024). Impact of heat stress on milk yield, milk fat-to-protein ratio, and conception rate in Thai-Holstein dairy cattle: A phenotypic and genetic perspective. *Animals*, 14, 3026. https://doi.org/10.3390/ani14203026

Borshch, O. O., Ruban, S., Borshch, O. V., Matvieiev, M., Prudnikov, V., Sobolev, O., Bilkevych, V., and Fodorchenko, M. (2024). Cow behavior and milk yield during different categories temperature-humidity indices. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 35(1): e25305. https://doi.org/10.15381/rivep.v35i1.25305

Costa, A., De Marchi, M., Battisti, S., Guarducci, M., Amatiste, S., Bitonti, G., Borghese, A., and Boselli, C. (2020). On the effect of the Temperature-Humidity Index on buffalo bulk milk composition and coagulation traits. *Frontiers in Veterinary Science*, 7:577758. Doi: 10.3389/fvets.2020.577758

Cuevas, A. (2008). Los bioartefactos: Viejas realidades que plantean nuevos problemas en la adscripción funcional. Universidad de Salamanca. *Argumentos de Razón Técnica*, 11: 71-96.

Del Carpio H., S. R. B. (2021). Caracterización ambiental de la explotación del ganado lechero en la Asociación de Ganaderos de Lambayeque, 2019. *Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería Ambiental*. Escuela de Post Grado, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Lambayeque, Perú. https://hdl.handle.net/20.500.12893/10049

Fabris, T. F., Laporta, J., Skibiel, A. L., Corra, F. N., Senn, B. D., Wohlgemoth, S. E., and Dahl, G. E. (2019). Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 102:5647–5656. https://doi.org/10.3168/jds.2018-15721

Ferrari, C. Evangelista, C., Basirico, L., Catellani, S., Biffani, S., and Bernabucci, U. (2025). Application of generalized additive mixed model in time series study of dairy cow behavior under hot summer conditions. *Journal of Dairy Science*, 108: 1554-1572. https://doi.org/10.3168/jds.2024-25001

Hempel, S., Menz, C., Pinto, S., Galán, E., Janke, D., Estellés, F., Müschner-Siemens, T., Wang, X., Heinicke, J., Zhang, G., Amen, B., del Prado, A., and Amon, T. (2019). Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change

scenarios – Uncertainties and potential impacts. *Earth System Dynamics,* 10, 859-884. https://doi.org/10.5194/esd-10-859-2019

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. 5ta edición. McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A. de C.V.: México, D.F.

Jo, J. and Lee, H. (2025). Impact of relative humidity on heat stress responses in early-lactation Holstein cows. *Animals*, 15, 1503. https://doi.org/10.3390/ani15111503

Komisarek, J., Stefanska, B., and Nowack, W. (2025). The effect of ambient temperature and relative humidity in postpartum dairy cows on productivity and reproductive performance and biochemical blood indices in the subsequent lactation. *Ann. Anim. Sci.*, 25(2): 759-775. Doi: 10.2478/aoas-2024-0112

Lambertz, C., Sanker, C., and Gauly, M. (2014). Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. *Journal of Dairy Science*, 97 :319–329. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7217

Leliveld, L. M. C. and Provolo, G. (2020). A review of welfare indicators of indoor-housed dairy cow as a basis for integrated automatic welfare assessment systems. *Animals,* 10, 1430. Doi:10.3390/ani10081430

Leliveld, L. M. C., Lovarelli, D., Riva, E., and Provolo, G. (2025). Dairy cow behavior and physical activity as indicators of heat stress. *Italian Journal of Animal Science*, 24 (1): 772-783. https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2471545

Lovarelli, D., Minozzi, G., Arazi, A., Guarino, M., and Tiezzi, F. (2024). Effect of extended heat stress in dairy cows on productive and behavioral traits. *Animal*, 18: 101089. https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101089

Medianero B., M. (2022). *¿Cómo Trabajan los Científicos?: Obtención de leyes científicas con el método correlacional*. Cempro Estudios. Lima, Perú. ISBN: 978-612-45874-1-2

Muñoz R., C. (2011). *Cómo Elaborar y Asesorar una Investigación de Tesis.* 2da ed. Pearson Educación: México. ISBN: 978-607-32-0456-9

Nam, K. T., Choi, N., Na, Y., and Choi, Y. (2024). Effect of the temperature-humidity index on the productivity of dairy cows and the correlation between the temperature-humidity index and rumen temperature using a rumen sensor. *Animals*, 14, 2848. https://doi.org/10.3390/ani14192848

Ojo, T. O., Vandenplas, J., Mulder, H. A., van Pelt, M. L., and Calus, M. P. L. (2025). Genetic analysis of the impact of heat stress on fertility traits in dairy cows in the Netherlands. *Journal of Dairy Science*, 108: 1699-1713. https://doi.org/10.3168/jds.2024-25316

Ostle, B. (1979). *Estadística Aplicada: Técnicas de la Estadística Moderna, Cuándo y Dónde Aplicarlas*. Limusa. México. 629 pp. ISBN: 968-18-0734-0

Park, Y. W. y Haenlein, G. F. W. (2011). *Manual de la Leche de los Mamíferos no Bovinos*. Acribia: Zaragoza. ISBN: 978-84-200-1156-1

Ratni, E., Lendrawati, Islam, D., and Rachman, K. I. (2025). Temporal and spatial variations of temperature-humidity index related to heat stress in high-altitude dairy cattle farms. *Andalasian Livestock*, 2(1): 98-106. Doi: 10.25077/alive.v2.n1

Rauw, W. M. (2009). Introduction. In: *Resource Allocation Theory Applied to Farm Animal Production*. (Rauw, W. M., ed.) CAB International: London.

Rauw, W. M. and Gómez-Raya, L. (2015). Genotype by environment interaction and breeding for robustness in livestock. *Front. Genet.*, 6:310. Doi: 10.3389/fgene.2015.00310

Scheffler, E. (1982). Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A. 280 pp.

Schütz, K. E., Cox, N. R., and Matthews, L. R. (2008). How important is shade to dairy cattle? Choice between shade or lying following different levels of lying deprivation. *Applied Animal Behaviour Science*, 114: 307–318. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.04.001

Schütz, K. E., Rogers, A. R., Cox, N. R., and Tucker, C. B. (2009). Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. *Applied Animal Behaviour Science*, 116: 28–34. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.07.005

Schütz, K. R., Rogers, A. R., Poulouin, Y. A., Cox, N. R., and Tucker, C. B. (2010). The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 93 :125–133. https://doi.org/10.3168/jds.2009-2416

Tao, S., Orellana R., R. M., Marins, T. N., Chen, Y.-C., Gao, J., and Bernard, J. K. (2020). Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. *Theriogenology*, 150: 437-444. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048

Tu, P. A., Yeh, Y. H., Shiau, J. W., Lin, T. Y., Banhazi, T., and yang, M. K. (2025). Stage-specific milk yield loses and associated sweating, respirations and rectal temperature responses under varying temperature-humidity index thresholds in lactating and dry cows. *Journal od Dairy Science*, 108:2023-2035. https://doi.org/10.3168/jds.2024-25392

Ul Umar, S. I., Konwar, D., Khan, A., Bhat, M. A., Javid, F., Jeelani, R., Nabi, B., Najar, A. A., Kumar, D., and Brahma, B. (2021). Delineation of temperature-humidity index (THI) as indicator of heat stress in riverine buffaloes (Bubalus bubalis) of a sub-tropical Indian region. *Cell Stress and Chaperones*, https://doi.org/10.1007/s12192-021-01209-1

Vinet, A., Mattalia, S., Vallée, R., Bertrand, C., Cuyabano, B. C. D., and Boichard. (2023). Estimation of genotype by temperature-humidity index interactions on milk production and udder health traits in Montebeliarde cows. *Genetics Selection Evolution*, 55:4. https://doi.org/10.1186/s12711-023-00779-1

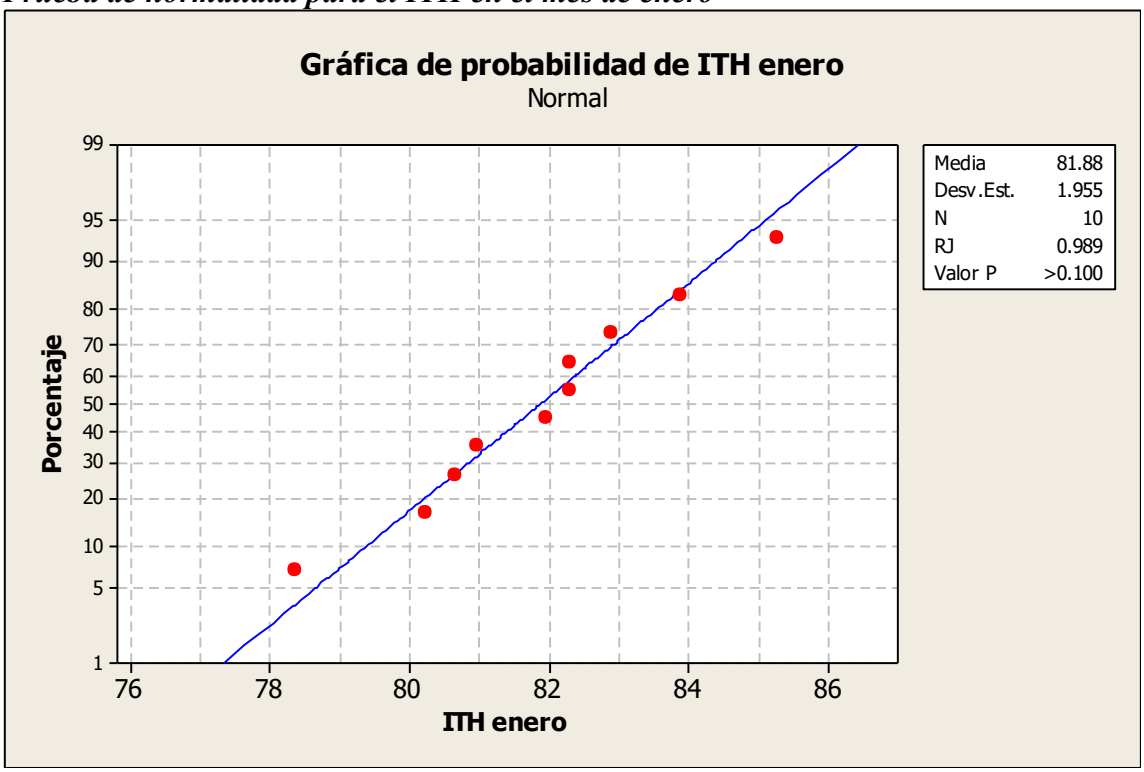
Vinet, A., Mattalia, S., Vallée, R., Bertrand, C., Barbat, A., Promp, J., Cuyabano, B. C. D., and Boichard, D. (2024). Effect of temperature-humidity index on the evolution of trade-offs between fertility and production in dairy cattle. *Genetics Selection Evolution*, 56: 23. https://doi.org/10.1186/s1274-024-00889-4

West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86:2131–2144. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X

ANEXOS

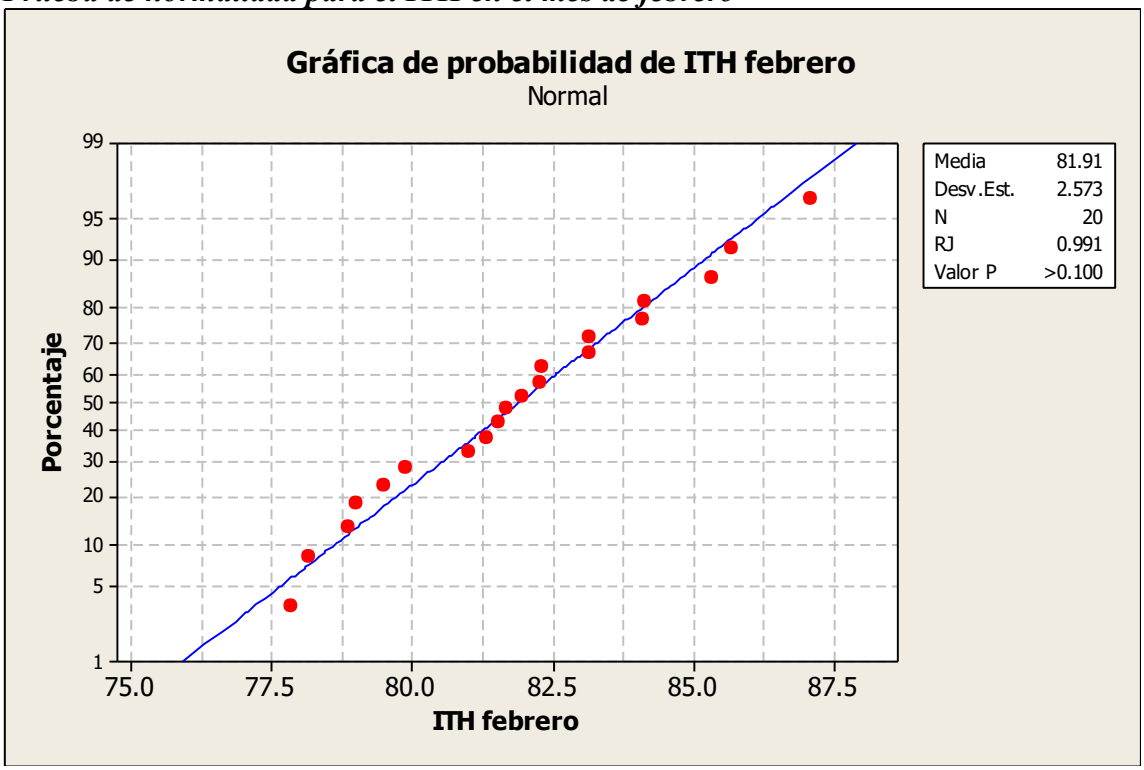
Anexo 1.

Prueba de normalidad para el ITH en el mes de enero



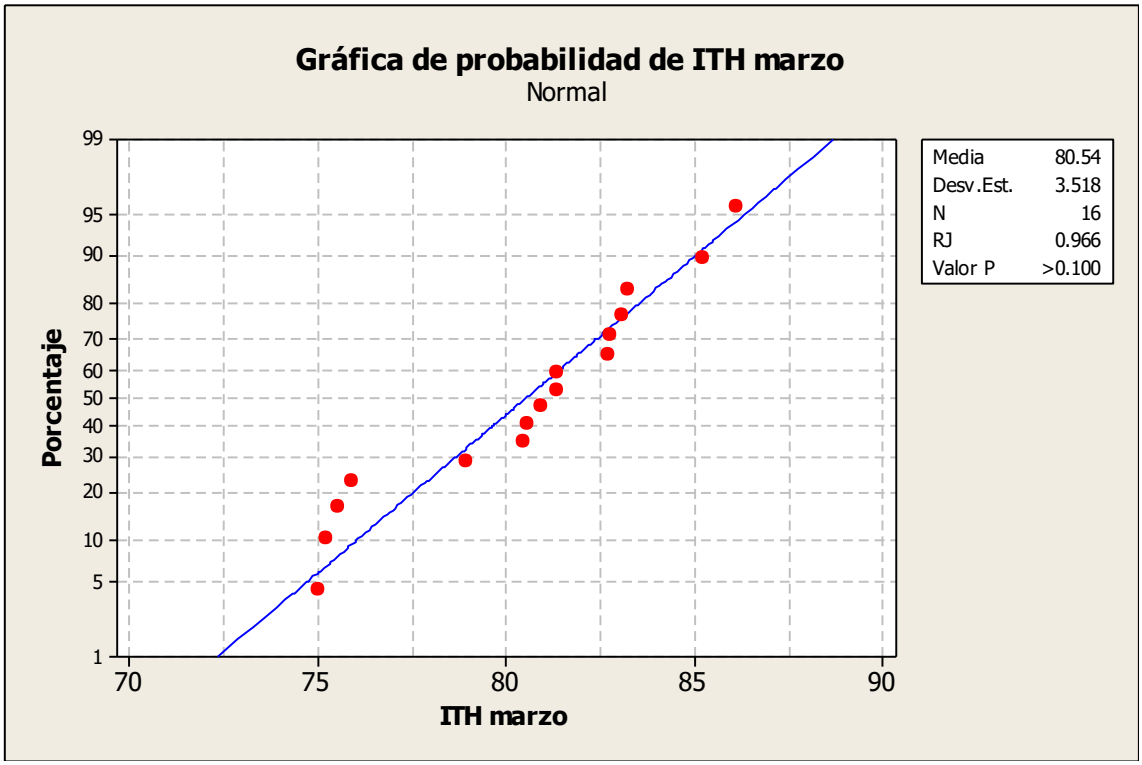
Anexo 2.

Prueba de normalidad para el ITH en el mes de febrero



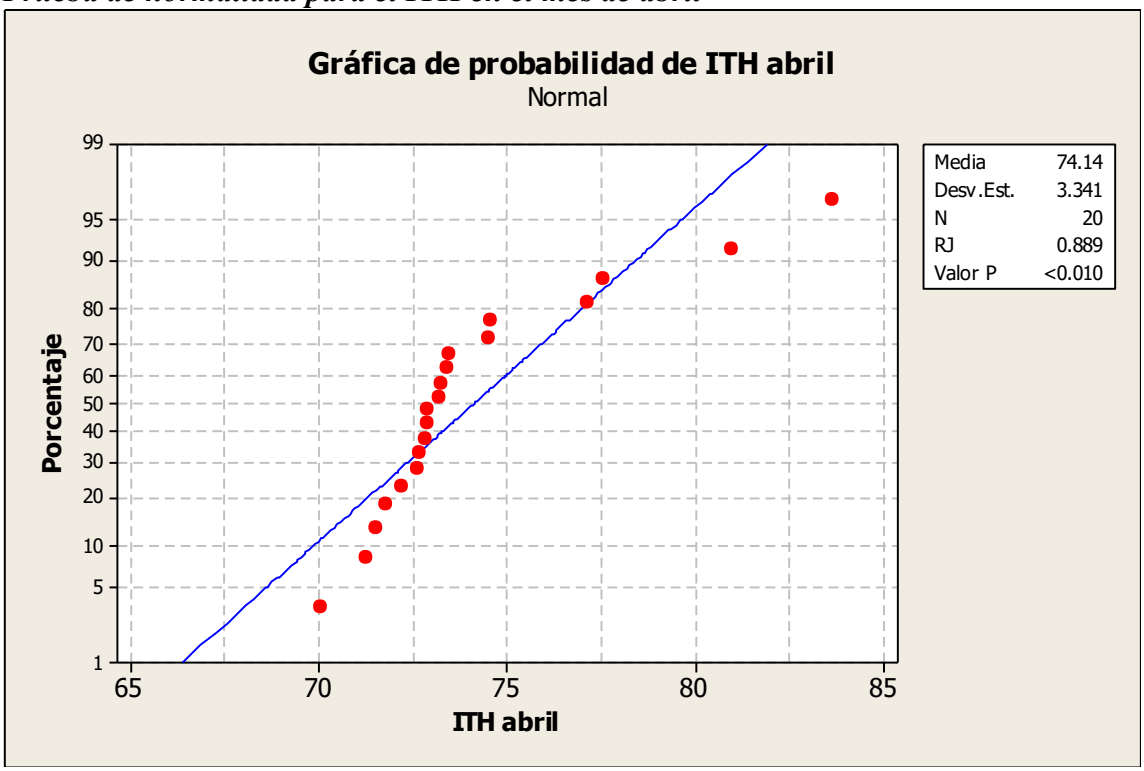
Anexo 3.

Prueba de normalidad para el ITH en el mes de marzo



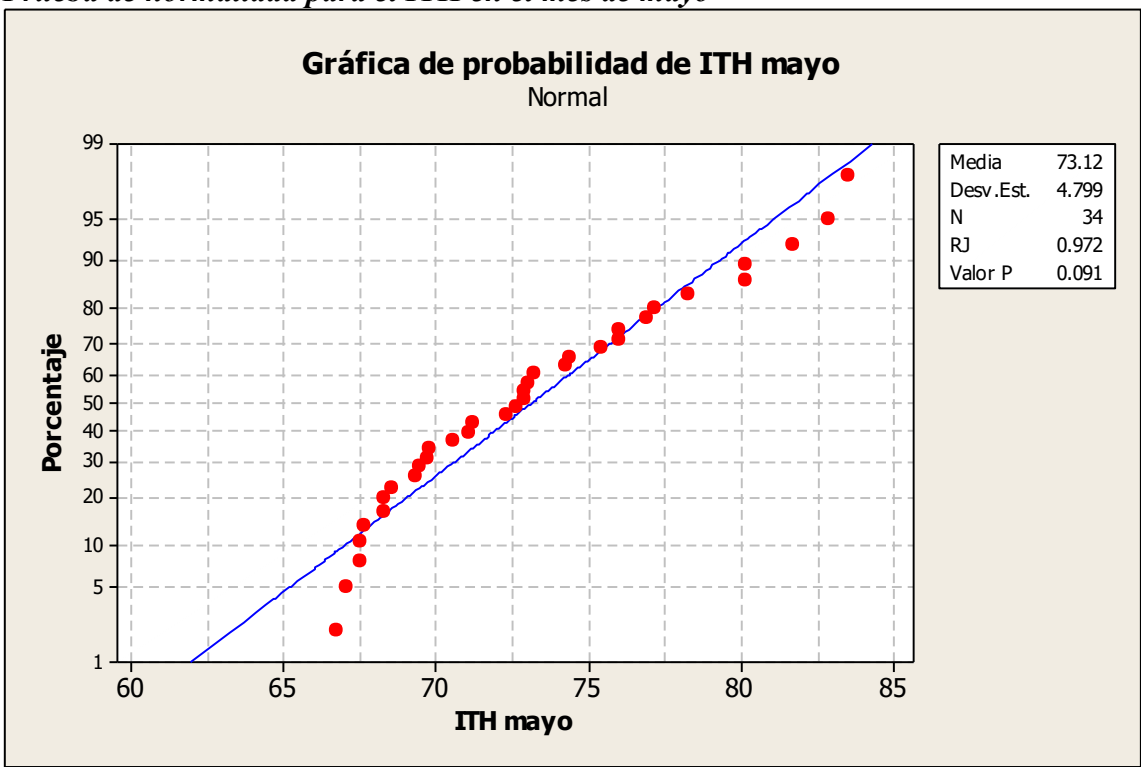
Anexo 4.

Prueba de normalidad para el ITH en el mes de abril



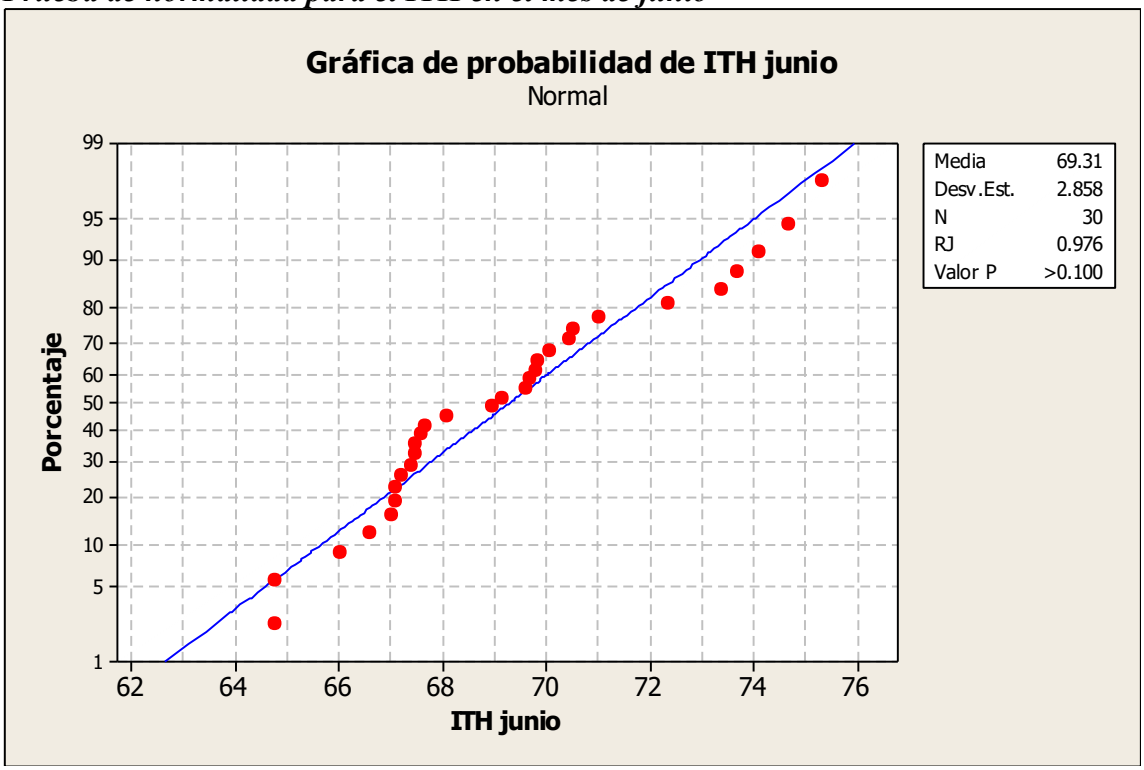
Anexo 5.

Prueba de normalidad para el ITH en el mes de mayo



Anexo 6.

Prueba de normalidad para el ITH en el mes de junio



Anexo 7.
Galería fotográfica durante la realización de la fase de campo



Preparación para la toma de la temperatura corporal



Registro de la información en cada uno de los corrales de las vacas



Corral de terneras con piso y sombras en mejores condiciones



Corrales al mediodía, las vacas ubicándose donde hay más sombra



Toma de la temperatrua ambiental y de la humedad relativa en uno de los corrales



Vacas en comedero, el comedero al nivel del suelo



Vacas bajo una de las pocas sombras naturales



La conveniencia de la somra natrural, incluso algunas vacas se recuestan sobre el suelo



Piso y sombras en estado inadecuado, pero las vacas se recuestan en la poca sombra



Toma de temperatura corporal con lector infrarrojo



Piso anegado, ocasiona malestar en el ganado y sensibiliza las pezuñas (pedera)



Personal del establo debajo de una sombra artificial para corroborar si hubo ambiente fresco