



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

“EFECTO DEL ÍNDICE TEMPERATURA-HUMEDAD SOBRE EL
DESEMPEÑO REPRODUCTIVO EN CUATRO ESTABLOS LECHEROS DE
CRIANZA INTENSIVA DE LIMA, PERÚ DURANTE EL PERIODO 2010 AL
2013”

Tesis para optar el título profesional de:

Médico Veterinario Zootecnista

Presentado por:

Paola Rolando Betancourt (0000-0003-2587-9245)

Asesor:

Luis Felipe Ruiz García (0000-0003-1756-768X)

Lima –Perú

2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 18 de junio del 2021.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. BORIS ANTONIO LIRA MEJÍA
Miembro: Mg. SARA DEL PILAR CORNEJO MONZON
Miembro: Mg. JORGE LUIS VILELA VELARDE

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"EFECTO DEL ÍNDICE TEMPERATURA-HUMEDAD SOBRE EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO EN CUATRO ESTABLOS LECHEROS DE CRIANZA INTENSIVA DE LIMA, PERÚ DURANTE EL PERIODO 2010 AL 2013"

Presentada por la bachiller:

PAOLA ROLANDO BETANCOURT

Para optar el Título Profesional de **Médico Veterinario Zootecnista**

Asesorada por: **Mg. LUIS FELIPE RUIZ GARCÍA**

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

Tesisista: PAOLA ROLANDO BETANCOURT			Nota : Dieciocho	
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()	

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.


Mg. BORIS ANTONIO LIRA MEJÍA
Presidente


Mg. LUIS FELIPE RUIZ GARCÍA
Asesor


Mg. SARA DEL PILAR CORNEJO MONZON
Miembro 1


Mg. JORGE LUIS VILELA VELARDE
Miembro 2

Dedicatoria

Le dedico mi tesis especialmente a mis padres, por impulsarme a ser una mejor profesional y superarme cada día. También se la dedico a mis hermanos ya que son mi ejemplo a seguir. Finalmente se la dedico a todos mis familiares y amigos que han estado junto a mí durante todo el proceso de convertirme en la profesional que soy hoy en día.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres por todo el apoyo brindado. A mi asesor por todo el apoyo y paciencia brindado. A mis amigas Adriana y Bianca por todos los consejos para poder culminar mi tesis. A mi hermano Jose Luis por brindarme su apoyo en la redacción y la traducción. Y finalmente agradezco infinitamente a mi enamorado por ayudarme a organizar toda la data para redactar la tesis.

Índice

Resumen.....	5
Abstract.....	6
1. Introducción.....	9
2. Materiales y Métodos.....	10
2.1 Lugar de ejecución y periodo de duración.....	10
2.2 Diseño de estudio.....	10
2.3 Descripción metodológica.....	12
2.3 Análisis estadístico.....	14
3. Resultados.....	14
4. Discusión.....	19
5. Conclusiones.....	22
Referencias.....	22

RESUMEN

El estrés por calor presenta un impacto negativo en la industria láctea, su indicador más completo es el índice de temperatura humedad, que combina el efecto de la temperatura ambiental y la humedad relativa en una sola variable. El objetivo de este trabajo fue determinar la relación entre el índice temperatura-humedad-máximo (Max THI) y el desempeño reproductivo de los establos lecheros de la Región Lima. Se calcularon las tasas mensuales de servicio, de concepción y de preñez de cuatro establos, como indicadores del desempeño reproductivo, y los registros de las estaciones meteorológicas más cercanas a los establos, para calcular el índice temperatura-humedad (THI) en un periodo de tres años. Para establecer la relación entre el THI y los indicadores del desempeño reproductivo se aplicó un modelo lineal general que consideró como variables explicativas al establo y al año. El modelo de regresión presentó un coeficiente de determinación ajustado de 33.5% y un error estándar de la estimación de 5.75%. Asimismo, el análisis de varianza de la regresión revela una alta significancia del modelo ($p < 0.001$). Los coeficientes de regresión de Max THI para las variables tasa de preñez y tasa de concepción fueron significativos ($p < 0.001$). Se encontró que por cada unidad de incremento de Max THI, se produce una disminución de 0.84% de la tasa de preñez y una disminución de 1.74% de la tasa de concepción. El coeficiente de regresión de Max THI para la variable tasa de servicio no fue significativa. Se concluye que el incremento Max THI afecta significativamente el desempeño reproductivo de los establos lecheros de Lima.

Palabras claves: tasa de preñez, índice temperatura-humedad, vacas lecheras, estrés calórico, tasa de concepción, tasa de servicio

ABSTRACT

Heat stress represents a negative impact on the dairy industry, the temperature humidity index is its most efficient indicator which combines the effect of environmental temperature and relative humidity in one variable. The objective of this study was to quantify the relationship between reproductive performance and heat stress in dairy cattle farms in the department of Lima, Peru. Monthly service, conception and pregnancy rates were measured on four dairy farms from four different Lima provinces as reproductive performance indicators, along with an index of heat stress, Maximum daily temperature humidity index (Max THI), during a three-year period. In order to establish the relationship between the max THI and the reproductive performance indicators, a multiple regression analysis was made which considered the variable farm and year as explicative variables. The regression model showed an adjusted R-squared of 33.5% with an estimated standard error of 5.75%, and was highly significant ($p < 0.001$). The regression coefficients for Max THI for the variables pregnancy rate and conception rate were significant ($p < 0.0001$). With every increasing unit of Max THI, a 0.84% drop of the pregnancy rate, and a drop of 1.74% of the conception rate was estimated by the model. The regression coefficient of Max THI for the service rate variable was not significant. It was concluded that the increase of the Max THI significantly affected the reproductive performance of intensive dairy cattle farms in Lima.

Key words: Service rate; Temperature humidity index, Dairy cattle, Heat stress, Conception rate, Pregnancy rate

EL ÍNDICE TEMPERATURA HUMEDAD MÁXIMO Y EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE LOS ESTABLOS LECHEROS DE LIMA-PERÚ

Paola Rolando¹, Luis Felipe Ruiz-García^{1*}, Rocio Sandoval-Monzón²

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Científica del Sur. Carr. Panamericana Sur Km.19, Lima 15067, Perú.

² Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Av. Circunvalación 2800, Lima 15021, Perú.

lruizg@cientifica.edu.pe

RESUMEN

El estrés por calor presenta un impacto negativo en la industria láctea, su indicador más completo es el índice de temperatura humedad, que combina las variables; temperatura ambiental y humedad relativa en una sola variable. El objetivo general del estudio fue el de definir la relación entre el índice temperatura-humedad-máximo (Max THI) y el desempeño reproductivo en los establos de manejo intensivo de leche de Lima. Se calcularon las tasas mensuales de servicio, de concepción y de preñez de cuatro establos, como indicadores del desempeño reproductivo, y los registros de las estaciones meteorológicas que se encontraran más cerca a cada establo respectivamente, para calcular el índice temperatura-humedad (THI) en un periodo de tres años. Para establecer la relación entre el THI y los indicadores del desempeño reproductivo se realizó un análisis de regresión múltiple que consideró como variables explicativas al establo y al año. La regresión presentó un coeficiente de determinación ajustado de 33.5% y un error estándar de la estimación de 5.75%. Como también, el análisis de varianza de la regresión revela una significancia relativamente alta del modelo ($p < 0.001$). Los coeficientes de regresión de Max THI para las variables tasa de preñez y tasa de concepción fueron significativos ($p < 0.001$). Se encontró que por cada unidad de incremento de Max THI, se produce una disminución de 0.84% de la

tasa de preñez y una disminución de 1.74% de la tasa de concepción. El coeficiente de regresión de Max THI para la variable tasa de servicio no fue significativa. Se concluye que el incremento Max THI afecta significativamente el desempeño reproductivo de los establos lecheros de Lima.

Palabras claves: tasa de preñez, índice temperatura-humedad, vacas lecheras, estrés calórico, tasa de concepción, tasa de servicio

ABSTRACT

Heat stress represents a negative impact on the dairy industry, the temperature humidity index is its most efficient indicator which combines the effect of environmental temperature and relative humidity in one variable. The objective of this study was to quantify the relationship between reproductive performance and heat stress in dairy cattle farms in the department of Lima, Peru. Monthly service, conception and pregnancy rates were measured on four dairy farms from four different Lima provinces as reproductive performance indicators, along with an index of heat stress, Maximum daily temperature humidity index (Max THI), during a three-year period. In order to establish the relationship between the max THI and the reproductive performance indicators, a multiple regression analysis was made which considered the variable farm and year as explicative variables. The regression model showed an adjusted R-squared of 33.5% with an estimated standard error of 5.75%, and was highly significant ($p < 0.001$). The regression coefficients for Max THI for the variables pregnancy rate and conception rate were significant ($p < 0.0001$). With every increasing unit of Max THI, a 0.84% drop of the pregnancy rate, and a drop of 1.74% of the conception rate was estimated by the model. The regression coefficient of Max THI for the service rate variable was not significant. It was concluded that the increase of the Max THI significantly affected the reproductive performance of intensive dairy cattle farms in Lima.

Key words: Service rate; Temperature humidity index, Dairy cattle, Heat stress, Conception rate, Pregnancy rate

1. INTRODUCCIÓN

La homeotermia es un mecanismo fisiológico el cual permite al animal mantener una temperatura corporal estable independientemente de las variaciones del medio ambiente. Cuando esta se rompe se inicia el estrés calórico (Ruiz et al., 2017). Para evaluar el efecto del estrés por calor en humanos y animales se emplea el índice temperatura-humedad (THI) el cual representa la combinación del efecto de las variables; temperatura ambiental y humedad relativa en una sola variable (Dash et al, 2016). El estrés por calor se activa cuando el valor de THI supera el valor del THI umbral, que en las vacas lecheras es de 70 unidades (St-Pierre et al., 2003; Pinto et al., 2020). El mayor problema que presenta la industria lechera actualmente es que al mejorar genéticamente las razas lecheras para que produzcan mayor cantidad de leche promedio al día también aumenta la producción de calor metabólico. Al ocurrir esto, el umbral de tolerancia al calor de la vaca disminuye volviendo a la raza lechera más susceptible a los efectos negativos del estrés calórico. Un aumento en la productividad lechera de 35 Kg/día a 45 Kg/día disminuye el umbral de temperatura en 5 C⁰ en vacas Holstein (Berman, 2005). Sin embargo, se ha encontrado que el THI máximo (Max THI) presenta una correlación elevada (entre -0.80 a -0.85) con el impacto del estrés calórico sobre los animales de producción de índole lechera (Bohmanova et al., 2007).

Uno de los factores a nivel global que genera mayor impacto negativo sobre la eficiencia productiva y reproductiva en los animales es el estrés por calor (Boni et al., 2014; Allen et al., 2013; Dash et al., 2016). En tal caso, se ha observado una leve reducción en la producción lechera cuando el efecto del estrés calórico se da a corto plazo y por otro lado un severo impacto en la eficiencia productiva y reproductiva en casos de estrés calórico a largo plazo en el ganado vacuno (St-Pierre et al., 2003). El

estrés por calor provoca pérdidas anuales económicas para la industria láctea. Este produce un impacto deletéreo en los ámbitos productivos y reproductivos de los establos lecheros incrementando los costos y bajando la rentabilidad anual (St-Pierre et al., 2003; Ruiz et al., 2017).

Existen dos mecanismos por el cual las vacas sufriendo de estrés por calor trata de mantener la homeotermia: evaporativo y no evaporativo. El evaporativo es eficientes para mantener la homeotermia, pero se vuelve ineficiente cuando los niveles de humedad relativa del ambiente aumenta significativamente (West, 2003). Y tal como menciono Flamenbaum (2011) "En el Perú, el ganado está en su mayoría, bajo el efecto del estrés calórico durante las épocas calientes del año en las zonas de ganadería de leche sobretudo el norte y centro del país (Flamenbaum, 2011). Con respecto a la región de Lima, se contempla un nivel de humedad relativa alta y temperatura cálido durante la mayor parte del año. Con una temperatura máxima promedio y humedad máxima relativa promedio de 27.8 C⁰ y 95.5% respectivamente en verano y de 20.1 C⁰ y 95.7% en invierno, por lo que el ganado lechero sufre de un constante estrés calórico siendo capaz de sufrir efectos negativos en la eficiencia productiva y reproductiva (Ruiz et al., 2019). En Lima se observó que las principales zonas ganaderas están bajo un nivel de estrés calórico casi todo los meses del año (Ruiz et al., 2017; Ruiz et al., 2019).

Se ha reportado anteriormente que existe una correlación negativa entre el valor de ITH promedio y el rendimiento lechero y la cantidad de sólidos totales, resultando en la evidencia del impacto negativo del estrés por calor sobre la eficiencia productiva. (Ruiz et al., 2018; Durand, 2015). La agregación de maquinaria precisa en los establos lecheros peruanos para el manejo del estrés calórico, como ventiladores, aspersores de agua y mejora de infraestructura puede aumentar en un 10% la producción anual (Flamenbaum, 2011). Sin embargo, no existen estudios anteriores para poder cuantificar el impacto del estrés por calor sobre la eficiencia reproductiva del ganado bovino lechero en nuestro medio. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la relación entre Max THI como indicador ambiental de estrés calórico y el desempeño reproductivo de los establos de la Región de Lima.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Lugar de ejecución y periodo de duración

El estudio se realizó en tres provincias con ganadería lechera intensiva de la Región de Lima: Huaura, Lima y Cañete. El estudio se realizó con datos obtenidos en los meses de agosto de 2010 hasta julio del 2013.

2.2 Diseño de estudio

El estudio fue realizado utilizando los registros meteorológicos de 4 estaciones meteorológicas de SENAMHI. Las estaciones empleadas para este estudio corresponden a las estaciones de las zonas de Vegueta (Estación Camay, $10^{\circ} 54' 46.58''S, 77^{\circ} 38' 56.03''W$), Huacho (Estación Alcantarilla, $11^{\circ} 3' 38.45''S, 77^{\circ} 33' .38''W$), Lima (Estación Villa Maria del Triunfo, $12^{\circ} 9' 59.01''S, 76^{\circ} 55' 11.99''W$) y Cañete (Estación Pacaran, $12^{\circ} 51'S, 76^{\circ} 03'W$). Estos registros se utilizaron para estimar el promedio mensual del Max THI. Asimismo, se utilizaron los registros reproductivos procedentes de cuatro establos lecheros, uno de cada zona. Se trabajó con establos lecheros de producción intensiva que contarán con ordeño mecánico, alimento a base de forraje y concentrado, inseminación artificial y al menos 200 vacas de raza Holstein en producción. Los establos que se tomaron en cuenta para este trabajo fueron aquellos que estaban de acuerdo con la realización del estudio y que estaban al día con todos sus registros productivos. Para cada establo y en cada mes, se calculó la tasa de concepción, servicio y preñez mensual en los 3 años de estudio. Se analizó la relación entre el Max THI y las variables de indicadores de desempeño reproductivo de los establos limeños. Para hallarlo se utilizó un modelo general lineal (GLM) de la siguiente forma:

$$Y_i = b_0 + b_1x_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_2X_3 + e_i$$

Donde:

Y_i es el desempeño reproductivo mensual (tasa de servicio, tasa de concepción o tasa de preñez mensual), de la observación i -ésima ($i= 1, 2, 3 \dots 144$).

b_0 es el intercepto.

b_1 es el coeficiente de regresión para x_1 .

x_1 es el Max THI mensual en la observación i -ésima ($i= 1, 2, 3 \dots 144$).

B_2, B_3, B_4 son los vectores de los coeficientes de regresión para las matrices X_2, X_3 y X_4 respectivamente.

X_2 es la matriz de codificación de los establos con dimensiones 3×4 , empleando el establo 4 como grupo de referencia.

X_3 es la matriz de codificación de los años de estudio con dimensiones 2×3 , empleando el año 3 como grupo de referencia.

e_i es el error aleatorio de la observación i -ésima.

2.3 Descripción de metodología

Índice temperatura humedad máximo establo-mes: El Max THI mensual fue calculado como el promedio aritmético del Max THI diario para cada zona. Se utilizó la siguiente fórmula (Ravagnolo et al., 2000):

$$\text{Max THI diario} = 0.81 \times T_{\text{max}} + \text{HR}_{\text{min}} / 100 \times (T_{\text{max}} - 14,4) + 46,4$$

Dónde:

T_{max} es la temperatura máxima registrada en el día.

HR_{min} es la humedad relativa mínima registrada en el día.

Tasa de servicios establo-mes: Representa el porcentaje de vacas que son inseminadas del total de vacas vacías que han superado el periodo voluntario de espera en un establo dentro del periodo de un mes (Fetrow et al., 2007; Sandoval et al., 2017). La tasa de servicios fue determinada en cada mes del estudio mediante el empleo de la fórmula propuesta por Fetrow et al. (1990):

$$TS = N / ((TD/21)) \times 100$$

Dónde:

N es la suma de todos los servicios realizados en las vacas elegidas de cada establo en cada mes de estudio.

TD es la suma de los días del periodo estral (DCE) de todas las vacas elegidas de cada establo en cada mes de estudio.

Los días de ciclo estral (DCE) son calculados de la siguiente manera:

En las vacas que no preñaron dentro del mes de estudio:

Si participaron durante todo el mes de estudio:

$$\text{Si: } (DELf - 60) \geq DME; \text{ entonces: } DCE = DME$$

O si participaron parcialmente en el mes de estudio:

$$\text{Si: } (DELf - 60) < DME; \text{ entonces: } DCE = DELf - 59$$

En las vacas que preñaron dentro del mes de estudio:

$$DCE = DME - \text{Días de preñada al final del mes de estudio}$$

Dónde:

$$DELf = \text{Días en lactación al final del mes de estudio}$$

$$DME = \text{Días del mes de estudio}$$

** En el caso de haberse utilizado prostaglandina para reducir el intervalo del ciclo estral, deberá realizarse un ajuste en los DCE, que consistirá en agregar 7 días del ciclo estral por cada dosis de prostaglandina empleada en el mes de estudio (Fetrow et al., 1990).

Tasa de concepción establo-mes: Representa el porcentaje de vacas preñadas que se obtuvieron de un total de vacas inseminadas en un establo dentro del periodo de un mes (Fetrow et al., 2007). La tasa de concepción fue determinada mediante las consideraciones propuestas por Fetrow et al. (1990):

$$TC = P/S \times 100$$

Dónde:

P es la cantidad de vacas preñadas de las inseminaciones realizadas en las vacas elegidas de cada establo en cada mes de estudio.

S es la cantidad de inseminaciones realizadas en las vacas elegidas de cada establo en cada mes de estudio.

Tasa de preñez establo-mes: Representa el porcentaje de vacas que quedan preñadas del total de vacas vacías que han superado el periodo voluntario de espera en un establo dentro del periodo de un mes (Fetrow et al., 2007). La tasa de preñez fue determinada mediante el empleo de la fórmula propuesta por Ferguson y Galligan (2000):

$$TP = (TC \times TS) / 100$$

Dónde:

TC es la tasa de concepción de cada establo en cada mes de estudio.

TS es la tasa de servicios de cada establo en cada mes de estudio.

2.4 Análisis estadístico

Se realizó un análisis GLM. La ecuación de regresión utilizada esta exployada en la sección de 2.2. Se determinó la bondad de ajuste de cada modelo utilizando el coeficiente de correlación, de determinación ajustado, error estándar de la regresión y la prueba de Durbin-Watson. Se obtuvieron los coeficientes de regresión al realizar el análisis de varianza del modelo. También se determinó si los

coeficientes de regresión eran distintos a cero realizando el t de Student y se hallaron los coeficientes de regresión estandarizados. Para el estudio se definió un nivel de significancia del 5% para que sea considerado significativo. El procesamiento estadístico fue realizado en el software IBM SPSS Statistics versión 25.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se evidencia el incremento del ITH Max (entre 75 a 78) durante los meses de enero a abril, y las tasas de concepción y de preñez de los establos lecheros de Lima se reducen (TC: entre 20% a 25%; TP: 8% a 10%). Mientras que, en los meses de junio a noviembre, el Max THI disminuye (entre 68 y 72) y la tasa de concepción y preñez se incrementan (TC: entre 35% a 43%; TP: 16% a 20%). Situación que no se aprecia en la tasa de servicio, la cual parece estable a lo largo del año sin estar relacionada a los cambios en el Max THI (TS: entre 35% a 47%). Esto indica que la tasa de preñez y concepción de los establos de Lima se encuentran relacionada al Max THI.

Los residuos del modelo de regresión de las variables dependientes para los establos lecheros de Lima siguieron la distribución normal según el análisis de Shapiro Wilks (Anexo 2). Los estimados de bondad de ajuste y el análisis de varianza del modelo de regresión para la tasa de servicio, la tasa de concepción y la tasa de preñez se encuentran en la tabla 1. El modelo de regresión de la tasa de servicio obtuvo un coeficiente de determinación ajustado del 25% y un error estándar de la estimación de 8.7%, mientras que para el caso de la tasa de concepción obtuvo un coeficiente de determinación ajustado de 27.8% y un error estándar de la estimación de 11.6%, y para la tasa de preñez, un coeficiente de determinación ajustado de 33.5% y un error estándar de la estimación de 5.8%. Este coeficiente de determinación nos indica que casi el 25% de la variabilidad de la tasa de servicio, casi el 28% de la variabilidad de la tasa de concepción y más del 33% de la variabilidad de la tasa de preñez de los cuatro establos modelos empleados son explicados por los modelos de regresión. También, el análisis de varianza de la regresión

nos muestra que los modelos presentan alta significancia ($p < 0.001$). Indicando que los indicadores de desempeño reproductivo son explicados parcialmente por los modelos empleados en el estudio. Según los resultados de la prueba de Durbin Watson para las tres variables dependientes presentados en la tabla 1, los datos empleados no presentan auto correlación, lo cual evidencia la independencia de los datos.

En los análisis de regresión lineal múltiple para las variables de indicadores de desempeño reproductivo para los establos de Lima, el coeficiente de regresión de Max THI fue negativo (Tabla 2). Mientras que, para el caso de la tasa de servicio, el coeficiente de regresión de Max THI no fue significativo ($p = 0.13$), para las tasas de concepción y de preñez fue altamente significativo ($p < 0.001$). En el caso de la tasa de concepción, presentó una disminución de 1.74% en la tasa de concepción por cada incremento de una unidad del Max THI, mientras que, para el caso de la tasa de preñez, por cada incremento de una unidad del Max THI, se observa una disminución de 0.84% de la tasa de preñez.

La variable Max THI presentó los valores más altos de correlación semiparcial para los modelos de la tasa de concepción y la tasa de preñez (-0.46 y -0.42, respectivamente), lo cual indica que ambas variables son las que más influyen sobre la variable dependiente (Tabla 2). Asimismo, la variable Max THI presentó una relación inversa con la tasa de preñez y concepción de los establos limeños. El aumento de una unidad de desviación estándar del ITH máximo, ocasiona la disminución de 0.57 unidades de desviación estándar de la tasa de concepción y una disminución en 0.52 unidades de desviación estándar de la tasa de preñez. Esta situación no fue observada en el modelo de la tasa de servicio, donde el Max THI solo obtuvo un coeficiente de correlación de -0.11 con la variable dependiente.

En la figura 2, se aprecia el gráfico de dispersión de puntos entre las variables dependientes de los establos de Lima y el Max THI. Como se observa, la tasa de concepción y la tasa de preñez disminuye conforme se incrementa el Max THI, por lo que acepta los resultados del estudio del modelo de regresión lineal múltiple donde se evidenció una disminución del 1.64% de la tasa de concepción mensual y 0.84% de la tasa de preñez mensual cuando ocurre un incremento de una unidad del ITH Max mensual en los

establos de Lima. Caso contrario a lo que ocurrió con la variable dependiente tasa de servicio mensual, ya que se mantuvo inafectada con relación a las variaciones del ITH Max.

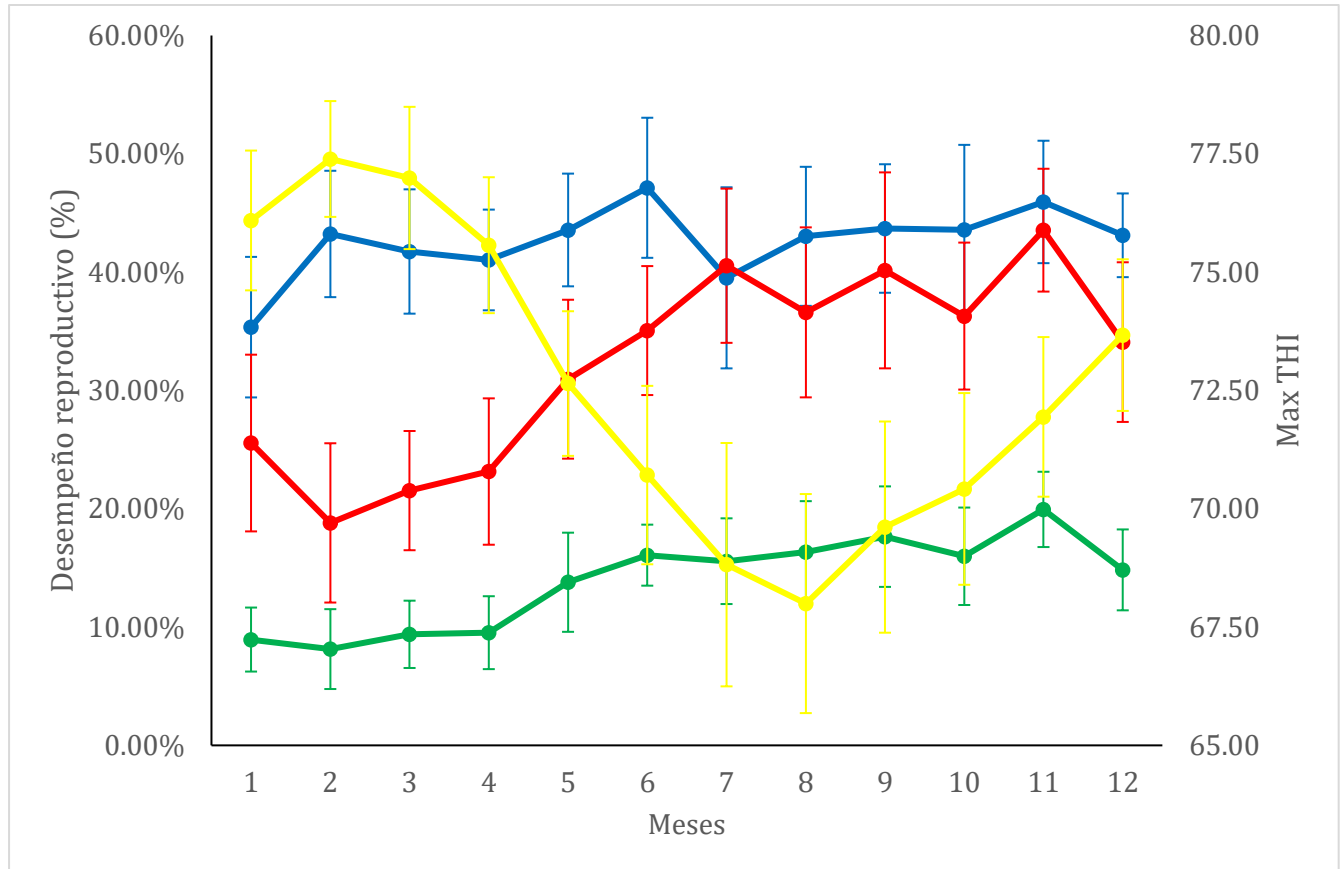


Figura 1. Relación entre la tasa de servicio (línea azul), la tasa de concepción (línea rojo), la tasa de preñez (línea verde) mensual y el Max THI (línea amarilla) en los diferentes meses del año; Donde; mes 1: enero, mes 2: febrero, mes 3: marzo, 4: abril, 5: mayo, 6: junio, 7: julio, 8: agosto, 9: setiembre, 10: octubre, 11: noviembre, 12: diciembre

Tabla 1. Estimados de bondad de ajuste del modelo de regresión para la tasa de servicio, la tasa de concepción y la tasa de preñez para los establos lecheros de Lima.

Variable dependiente	Cuadrado medio de la regresión	Cuadrado medio del residuo	Sig.	R	R ²	R ² ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
Tasa de Servicio	372.67	74.98	<0.001	55.93%	31.29%	24.99%	8.66%	2.15
Tasa de Concepción	744.61	133.31	<0.001	58.18%	33.85%	27.79%	11.55%	1.84
Tasa de Preñez	231.71	33.10	<0.001	62.50%	39.07%	33.49%	5.75%	1.90

Sig.: Significancia, R: coeficiente de correlación, R²: coeficiente de determinación, R² ajustado: coeficiente de determinación ajustado.

Tabla 2. Resultados del análisis del modelo de regresión de la tasa de servicio, la tasa de concepción y la tasa de preñez para los establos lecheros de Lima.

Variable independiente	Tasa de servicio				Tasa de concepción				Tasa de preñez			
	β (IC al 95%)	β est.	Sig.	R Sp	β (IC al 95%)	β est.	Sig.	R Sp	β (IC al 95%)	β est.	Sig.	R Sp
(Constante)	62.91 (34.7 – 91.1)		<0.001		148.78 (111.2 – 186.4)		<0.001		69.76 (51.0 – 88.5)		<0.001	
Max THI	-0.31 (-0.7 – 0.1)	-0.137	0.130	-0.110	-1.74 (-2.3 – -1.2)	-0.566	<0.001	-0.457	-0.84 (-1.1 – -0.6)	-0.523	<0.001	-0.422
Establo1 / Establo4	8.44 (1.4 – 15.5)	0.367	0.019	0.172	5.22 (-4.2 – 14.6)	0.167	0.273	0.078	4.89 (0.2 – 9.6)	0.301	0.041	0.141
Establo2 / Establo4	-7.37 (-14.9 – 0.2)	-0.320	0.055	-0.140	19.91 (9.8 – 30.0)	0.637	<0.001	0.278	5.50 (0.5 – 10.5)	0.339	0.032	0.148
Establo3 / Establo4	9.28 (2.0 – 16.5)	0.403	0.013	0.183	14.05 (4.4 – 23.7)	0.449	0.005	0.204	9.10 (4.3 – 13.9)	0.561	<0.001	0.255
Año1 / Año3	-6.03 (-13.0 – 1.0)	-0.285	0.091	-0.123	2.08 (-7.3 – 11.4)	0.072	0.660	0.031	-1.06 (-5.7 – 3.6)	-0.071	0.654	-0.031
Año2 / Año3	-0.30 (-7.3 – 6.7)	-0.014	0.932	-0.006	-0.69 (-10.1 – 8.7)	-0.024	0.885	-0.010	-0.59 (-5.3 – 4.1)	-0.039	0.804	-0.017
Año1 / Año3 * Establo1 / Establo4	6.37 (-3.5 – 16.3)	0.177	0.206	0.092	11.52 (-1.7 – 24.7)	0.235	0.087	0.123	7.53 (1.0 – 14.1)	0.296	0.025	0.154
Año1 / Año3 * Establo2 / Establo4	17.42 (7.5 – 27.3)	0.483	0.001	0.252	-4.93 (-18.1 – 8.3)	-0.101	0.461	-0.053	4.10 (-2.5 – 10.7)	0.161	0.220	0.084
Año1 / Año3 * Establo3 / Establo4	-0.68 (-10.6 – 9.2)	-0.019	0.893	-0.010	-3.79 (-17.0 – 9.4)	-0.077	0.571	-0.040	-2.27 (-8.8 – 4.3)	-0.089	0.496	-0.047
Año2 / Año3 * Establo1 / Establo4	-1.19 (-11.1 – 8.7)	-0.033	0.812	-0.017	4.04 (-9.2 – 17.2)	0.082	0.546	0.043	1.05 (-5.5 – 7.6)	0.041	0.753	0.022
Año2 / Año3 * Establo2 / Establo4	5.89 (-4.0 – 15.8)	0.163	0.242	0.085	-9.67 (-22.9 – 3.6)	-0.197	0.150	-0.103	-1.51 (-8.1 – 5.1)	-0.059	0.650	-0.031
Año2 / Año3 * Establo3 / Establo4	-7.91 (-17.8 – 2.0)	-0.219	0.117	-0.114	-2.76 (-16.0 – 10.5)	-0.056	0.680	-0.029	-3.72 (-10.3 – 2.9)	-0.146	0.267	-0.076

β : coeficientes de regresión, β est.: coeficiente de regresión estandarizado, Sig.: significancia, R Sp: coeficiente de correlación semiparcial,

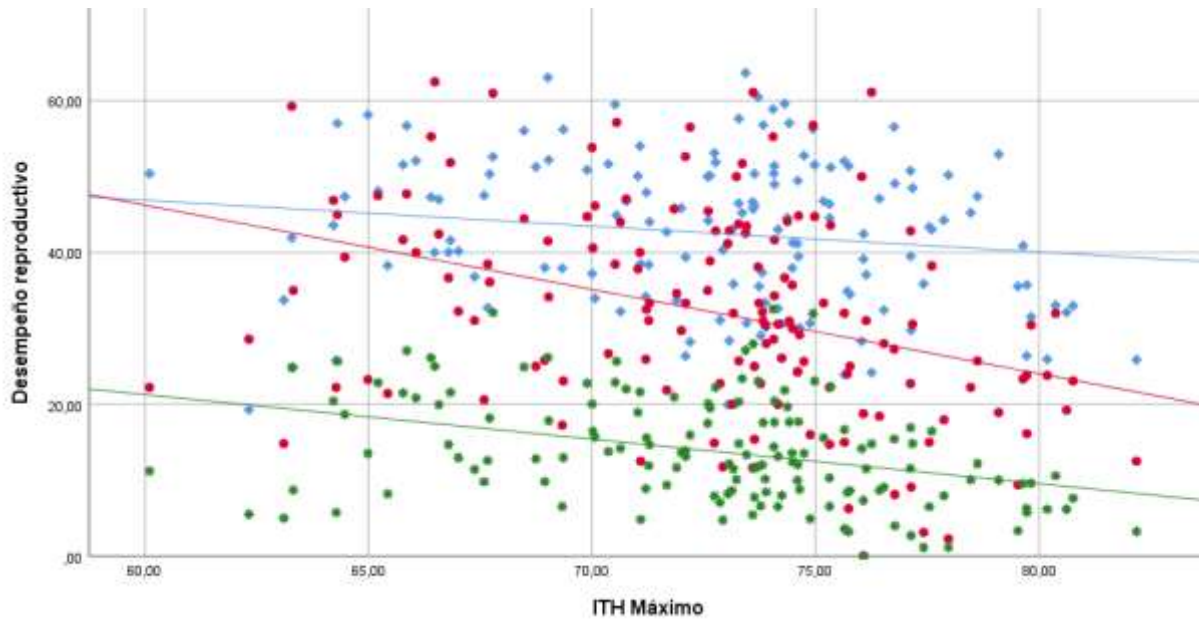


Figura 2. Diagrama de dispersión de puntos entre la tasa de servicio (color azul), tasa de concepción (color rojo), tasa de preñez (color verde) mensual y el índice temperatura-humedad máximo (Max THI) y curva estimada según el índice temperatura-humedad máximo (TS = $65.037 - 0.309 * \text{Max THI}$, R^2 ajustado: 24.99%; TC = $158.576 - 1.740 * \text{Max THI}$, R^2 ajustado: 27.79%; TP = $74.519 - 0.835 * \text{Max THI}$, R^2 ajustado: 33.49%).

4. DISCUSIÓN

En el presente estudio, los coeficientes de regresión de Max THI para las variables tasa de preñez y tasa de concepción fueron significativos ($p < 0.001$), se encontró que por cada unidad de incremento de Max THI., se produce una disminución de 0.84% de la tasa de preñez mensual y una disminución de 1.74% de la tasa de concepción. La tasa preñez y concepción se relacionan de manera inversa con el Max THI, lo cual indica que el estrés calórico es una variable relevante en la obtención de buenos resultados reproductivos para los establos lecheros del departamento de Lima. Esto concuerda con lo reportado por otros estudios en diferentes partes del mundo, donde se ha reconocido ampliamente que el estrés calórico es un factor muy importante que afecta rendimiento reproductivo de los bovinos lecheros (St-Pierre et al., 2003; Allen et al., 2013; Dash et al., 2016).

Los resultados mostraron que la tasa de preñez y concepción mensuales disminuyen dramáticamente en los meses de verano (de enero a abril). La tasa de concepción disminuye a valores cercanos a 20% y la tasa de preñez disminuye a valores por debajo de 10% en los meses en los que el Max THI alcanza su pico. Estos efectos son similares a los encontrados por diversos autores, quienes evidenciaron una menor tasa de concepción en verano en comparación a la tasa de concepción obtenida en invierno en diferentes partes del mundo (Mellado et al., 2013; Huang et al., 2008; Schuller et al., 2014; Garcia et al., 2007). Asimismo, estos valores están muy por debajo de los recomendados por Ferguson y Galligan (2000), quienes recomiendan una tasa de preñez de 28% para poder obtener un intervalo entre partos de 13 meses.

Los resultados de este estudio concuerdan con otros que demuestran el impacto negativo que genera el estrés por calor sobre los parámetros de indicadores de desempeño reproductivo. (Sandoval et al. 2017; Schüller et al., 2016; Monteiro et al., 2016; Roth et al., 2000; De Rensis et al., 2015). Sin embargo, no se han realizado estudios que evalúen la tasa de preñez como el parámetro reproductivo de referencia (Fetrow et al., 2007, Olivera, 2010; Sandoval et al., 2017). La tasa de preñez es el parámetro que permite una evaluación completa y dinámica de cómo están preñando las vacas del establo (Brett y Meiring,

2014); se calcula multiplicando la tasa de concepción por la tasa de servicio. Este trabajo permite tomar conciencia sobre la necesidad de implementar diversos sistemas de enfriamientos los cuales sean eficientes en combatir el estrés calórico para los establos de debido a que en el Perú no se habían realizado estudios para determinar los efectos ambientales sobre la tasa de preñez.

Los resultados observados en este estudio pueden deberse a que el incremento del Max THI ocasiona estrés calórico en el ganado, que induce alteraciones en el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, dando lugar a cambios a nivel endocrino (Howell et al., 1994; Shehab-El-Deen et al., 2010; Roth y Wolfenson, 2016). Se ha observado una baja secreción de LH, una baja secreción de inhibina y elevada secreción de FSH; asociados a una reducida secreción de estradiol por parte del folículo, una reducida dominancia folicular, lo que se refleja en la presentación de celos silentes en los meses calurosos (Roth et al., 2000). Asimismo, las alteraciones inducidas en los pequeños folículos antrales afectan el funcionamiento del folículo preovulatorio, lo que reduce la producción de estradiol y la dominancia (Shehab-El-Deen et al., 2010; Roth y Wolfenson, 2016). Por tanto, el incrementó del ITH repercute en el desarrollo del folículo y el pico preovulatorio de LH, produciendo un retardo o ausencia de ovulación (Roth y Wolfenson, 2016; López-Gatius y Hunter, 2017). Todo esto reduce la tasa de concepción de las vacas, ocasionando la reducción de la tasa de preñez como lo demostrado en este estudio donde se observó una tasa de preñez y una tasa de concepción promedio mensual de 9% y 19% respectivamente durante el pico de ITH Max. Sin embargo, aunque en el estudio se encontró que la tasa de servicio y el Max THI presentaban una relación inversa, no se encontró un efecto significativo del Max THI sobre la tasa de servicio, esto debido probablemente a los programas de sincronización de celo a tiempo fijo empleado en Lima.

Sin embargo, otros estudios reportan que el impacto negativo del estrés calórico se expresa principalmente en la disminución de la duración y la intensidad del estro (Badinga et al., 1985; Nebel et al., 1997; Roth y Wolfenson, 2016). En un estudio de Florida, Estados Unidos, se encontró que el porcentaje de celos no detectados en los meses de verano (junio a septiembre) fue entre 76 y 82% y mientras que en los meses de inviernos (octubre a mayo) fue entre 44 y 65% (Thatcher y Collier, 1986).

Por otro lado, Boni et al (2014) menciona que la causa primordial por el que ocurre una reducción en la expresión de celo es la inactividad física de la vaca, la cual evita producir más calor evadiendo así la detección del celo por los trabajadores (Boni et al., 2014). Esto concuerda con lo reportado en un estudio, donde se encontró que las vacas bajo condiciones de estrés calórico permanecen más tiempo en estación, con la intención de disipar con mayor facilidad el calor (Allen et al., 2015).

Asimismo, Shehab-El-Deen et al (2010) mencionó que el estrés calórico en el postparto inmediato aumenta la probabilidad de un balance energético negativo, reduce el tamaño del folículo dominante, afecta a la condición corporal y el contenido bioquímico del licor folicular, produciendo un efecto deletéreo en la calidad de las células de la granulosa y oocito, afectando el rendimiento reproductivo (Shehab-El-Deen et al., 2010) y el aumento de los días abiertos (Boni et al., 2014). Se ha identificado que el estrés por calor durante el crecimiento del ovocito y el proceso ovulatorio produce un impacto negativo en el crecimiento embrionario (Ealy et al., 1993; Putney et al., 1989; Silva et al., 2013). Como mencionó Howell et al (1994) el estrés calórico después de la ovulación tiene un efecto negativo sobre el funcionamiento del cuerpo lúteo sobre todo en la producción de progesterona, también el ambiente del útero y del oviducto se ven afectados comprometiendo la probabilidad de supervivencia del embrión (Howell et al., 1994). Además, se ha encontrado que el estrés calórico afecta al embrión bovino disminuyendo las tasas de desarrollo, aumentando el porcentaje de blastómeros apoptóticos y afectando la expresión de genes importantes para el crecimiento (Silva et al., 2013).

El estrés calórico afecta negativamente la calidad del oocito (López-Gatius y Hunter, 2017), la maduración y fertilización del oocito (Roth y Wolfenson, 2016), el desarrollo del embrión (Silva et al., 2013) y su sobrevivencia (Roth y Wolfenson, 2016), lo que disminuye la probabilidad de preñar de las vacas servidas, motivo por el cual la tasa de preñez de los cuatro establos modelos sea tan afectada en los meses de verano, donde el Max THI alcanza valores superiores a 75 unidades en promedio.

5. CONCLUSIONES

Se concluye que el incremento del Max THI afecta significativamente el desempeño reproductivo, por cada incremento de una unidad del índice temperatura-humedad máximo, la tasa de concepción mensual disminuye 1.74% y la tasa de preñez mensual se reduce en 0.84% en los cuatro establos modelo ubicados en la Región de Lima.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI) de Perú por las facilidades brindadas con el acceso a la información meteorológica necesaria para poder realizar el presente trabajo; a los dueños de los establos y al personal a cargo por facilitar la información necesaria para poder realizar el presente trabajo.

REFERENCIAS

Allen JD, Anderson SD, Collier RJ, Smith JF (2013). Managing heat stress and its impact on cow behavior. In 28th Annual Southwest Nutrition and Management Conference.

Allen JD, Hall LW, Collier RJ, Smith JF (2015). Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *J. Dairy Sci.* 98: 118–127.

Amundson, J. L., Mader, T. L., Rasby, R. J., & Hu, Q. S. (2006). Environmental effects on pregnancy rate in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 84(12), 3415–3420. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-611>

- Badinga L, Collier RJ, Thatcher WW, Wilcox CJ (1985). Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. *J. Dairy Sci.* 68: 78-85.
- Berman, A. (2005). Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *Journal of Animal Science*, 83(6), 1377–1384. doi:10.2527/2005.8361377x
- Bohmanova, J., Misztal, I., & Cole, J. B. (2007). Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1947–1956. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-513>
- Boni R, Perrone LL, Cecchini S (2014). Heat stress affects reproductive performance of high producing dairy cows bred in an area of southern Apennines. *Livestock Science* 160: 172–177
- Brett, JA, Meiring, RW. (2014). Evaluating reproductive performance on dairy farms. En: Hopper RM, ed. *Bovine reproduction*. Iowa: John Wiley & Sons, Inc. p. 370-373.
- Chen, X., Fahy, A. L., Green, A. S., Anderson, M. J., Rhoads, R. P., & Limesand, S. W. (2010). β -Adrenergic receptor desensitization in perirenal adipose tissue in fetuses and lambs with placental insufficiency-induced intrauterine growth restriction. *Journal of Physiology*, 588(18), 3539–3549. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.192310>
- Collier RJ, Beede DK, Thatcher WW, Israel LA, Wilcox CJ (1982). Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.* 65: 2213–2227.
- Contreras MA (2009). Efecto del estrés calórico sobre la producción en un establo lechero de la zona de Trujillo. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú. 26 pp.
- Das R, Sailo L, Verma N, Bharti P, Saikia J, Imtiwati, Kumar R (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World* 9: 260-268.
- Dash S, Chakravarty AK, Singh A, Upadhyay A, Singh M, Yousuf S (2016). Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. *Veterinary World* 9: 235-244.
- Domínguez CE (2008). Efectos del estrés calórico en vacas lecheras de Lima. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú. 37 pp.

- De Rensis, F., García-Ispierto, I., & López-Gatius, F. (2015). Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology*, 84(5), 659–666. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.021>
- Durand, A. (2015). Correlación del efecto del estrés calórico con respecto a la producción y calidad de leche en dos hatos lecheros de Lurín y Huacho, Lima, Perú [tesis de pregrado, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Repositorio UPCH. <http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/444/>
- Ealy, A. D., Drost, M., & Hansen, P. J. (1993). Developmental Changes in Embryonic Resistance to Adverse Effects of Maternal Heat Stress in Cows. *Journal of Dairy Science*, 76(10), 2899–2905. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77629-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77629-8)
- Fetrow, J, Stewart, S, Eicker, S, Rapnicki, P. (2007). Reproductive health programs of dairy herds: analysis of records for assessment of reproductive performance. En: Youngquist RS, Threlfall WR, eds. *Current therapy in large animal theriogenology*. 2a ed. Missouri: Saunders Elsevier. p. 473-489.
- Ferguson JD, Galligan DT (2000). Assessment of reproductive efficiency in dairy herds. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* 22: 150–159.
- Flamenbaum I (2011). Relación costo – beneficio del sistema de enfriamiento de vacas lecheras en el verano en la zona costera de Perú. *Mundo Ganadero* 2: 10-12.
- García-Ispierto I, López-Gatius F, Bech-Sabat G, Santolaria P, Yániz J, Nogareda C, De Rensis F, López-Béjar M (2007). Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain. , 67(8), 0–1385. doi:10.1016/j.theriogenology.2007.02.009
- Howell JL, Fuquay JW, Smith AE (1994). Corpus luteum growth and function in lactating Holstein cows during spring and summer. *J. Dairy Sci.* 77: 735–739.
- Huang, C., Tsuruta, S., Bertrand, J. K., Misztal, I., Lawlor, T. J., & Clay, J. S. (2008). Environmental effects on conception rates of Holsteins in New York and Georgia. *Journal of Dairy Science*, 91(2), 818–825.

- Laporta, J., Fabris, T. F., Skibieli, A. L., Powell, J. L., Hayen, M. J., Horvath, K., ... Dahl, G. E. (2017). In utero exposure to heat stress during late gestation has prolonged effects on the activity patterns and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2976–2984. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11993>
- López-Gatius F, Hunter RHF (2017). Clinical relevance of pre-ovulatory follicular temperature in heat-stressed lactating dairy cows. *Reprod Dom Anim*. 00: 1–5.
- Monteiro, A. P. A., Tao, S., Thompson, I. M. T., & Dahl, G. E. (2016). In utero heat stress decreases calf survival and performance through the first lactation. *Journal of Dairy Science*, 99(10), 8443–8450. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11072>
- Morton, J. M., Tranter, W. P., Mayers, D. G., & Jonsson, N. N. (2007). Effects of environmental heat on conception rates in lactating dairy cows: Critical periods of exposure. *Journal of Dairy Science*, 90(5), 2271–2278. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-574>
- Nebel RL, Jobst SM, Dransfield MBG, Pandolfi SM, Bailey TL (1997). Use of radio frequency data communication system, heatwatch, to describe behavioral estrus in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 80 (Suppl. 1): 179.
- Pinto, S., Hoffmann, G., Ammon, C., & Amon, T. (2020). Critical THI thresholds based on the physiological parameters of lactating dairy cows. *Journal of Thermal Biology*, 88(January), 102523. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102523>
- Putney, D. J., Mullins, S., Thatcher, W. W., Drost, M., & Gross, T. S. (1989). Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between the onset of estrus and insemination. *Animal Reproduction Science*, 19(1–2), 37–51. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(89\)90045-6](https://doi.org/10.1016/0378-4320(89)90045-6)
- Ravagnolo O, Misztal I, Hoogenboom G (2000). Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *J. Dairy Sci.* 83: 2120–2125.

- Roth, Z., Meiden, R., Braw-Tal, R., & Wolfenson, D. (2000). Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *Journal of Reproduction and Fertility*, 120(1), 83–90. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.1200083>
- Roth Z, Wolfenson D (2016). Comparing the effects of heat stress and mastitis on ovarian function in lactating cows: basic and applied aspects. *Domestic Animal Endocrinology* 56: S218–S227
- Ruiz LF, Sandoval R, Pizarro J, Carcelén F. 2017. Severidad y duración del estrés calórico en terneras y vaquillas de las principales localidades de lechería intensiva del departamento de Lima, Perú. *Rev Inv Vet Peru* 28: 505-513. doi: 10.15381/rivep.v28i3.13368
- Ruiz-García LF, Carcelén-Cáceres F, Sandoval-Monzón RS. (2019). Evaluation of heat stress indicators in the main locations of intensive dairy production in Lima, Peru. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 30(1), 88–98. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15694>
- Ruiz-García LF, Carcelén-Cáceres F, Sandoval-Monzón RS. (2018). El índice temperatura-humedad máximo y la producción de leche de los establos en Lima, Perú. *Arch Zootec* 68(257), 99-107. doi:10.21071/az.v67i257.3497
- Sandoval, R. S., Ruiz, L. F., Carcelén, F. D. (2017). Determinación de la Tasa de Servicio y de los Factores que la Afectan en Establos de Lechería Intensiva de Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(2), 314-326.
- Schüller, L. K., Burfeind, O., & Heuwieser, W. (2014). Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature-humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Theriogenology*, 81(8), 1050–1057. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.029>
- Schüller, L. K., Burfeind, O., & Heuwieser, W. (2016). Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2996–3002. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10080>

- Silva, C. F., Sartorelli, E. S., Castilho, A. C. S., Satrapa, R. A., Puelker, R. Z., Razza, E. M., Barros, C. M. (2013). Effects of heat stress on development, quality and survival of *Bos indicus* and *Bos taurus* embryos produced in vitro. *Theriogenology*, 79(2), 351–357. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.10.003>
- Shehab-El-Deen, MAMM, Leroy JLMR, Fadel MS, Salehs YA, Maes D, Van Soom A (2010). Biochemical changes in the follicular fluid of the dominant follicle of high producing dairy cows exposed to heat stress early post-partum. *Anim. Reprod. Sci.* 117: 189-200.
- St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G (2003). Economic losses from heat stress by us livestock industries. *J Dairy Sci.* 86: (Suppl.: E): E52-E77.
- Thatcher WW, Collier RJ (1986). Effects of climate on bovine reproduction. En: Morrow DA., ed. *Current Veterinary Theriogenology*. 2a ed. Philadelphia: WB Saunders Co. p. 301-309.
- Tao, S., Monteiro, A. P. A., Hayen, M. J., & Dahl, G. E. (2014). Short communication: Maternal heat stress during the dry period alters postnatal whole-body insulin response of calves. *Journal of Dairy Science*, 97(2), 897–901. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7323>
- Turk R, Podpečan O, Mrkun J, Flegar-Meštrić Z, Perkov S, Zrimšek P. 2015. The Effect of Seasonal Thermal Stress on Lipid Mobilisation, Antioxidant Status and Reproductive Performance in Dairy Cows. *Reprod Dom Anim*, 50: 595-603. doi:10.1111/rda.12534
- West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)
- Wolfenson, D., Thatcher, W. W., Badinga, L., Savio, J. D., Meidan, R., Lew, B. J., ... Berman, A. (1995). Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. *Biology of Reproduction*, 52(5), 1106–1113. <https://doi.org/10.1095/biolreprod52.5.1106>

ANEXOS

1. Tabla psicométrica

Figura 2. Índice de temperatura, humedad y grados de estrés calórico. La interacción de temperatura ambiental y humedad relativa indican el índice de temperatura humedad calculado. Los colores indican el grado de estrés calórico en bovinos lecheros. El color rojo indica un estrés calórico severo (zona térmica). El color naranja, un estrés calórico moderado (zona de calor moderado). El color amarillo, un estrés leve (zona de calor leve). El color verde, la ausencia de estrés (zona termoneutral).

		Humedad relativa (%)																					
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
Temperatura °C	15	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	
	16	58	58	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	61	61	61	61	61	61	61	
	17	60	60	60	61	61	61	61	61	61	61	61	62	62	62	62	62	62	62	63	63	63	63
	18	61	61	61	62	62	62	62	62	62	63	63	63	63	63	64	64	64	64	64	64	64	65
	19	62	62	62	62	63	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	65	65	65	66	66	66	66
	20	63	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	65	66	66	66	67	67	67	67	68	68	68
	21	63	64	64	64	65	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	68	69	69	69	70	70	70
	22	64	65	65	65	66	66	67	67	67	68	68	68	69	69	70	70	70	71	71	71	71	72
	23	65	65	66	66	67	67	68	68	69	69	69	70	70	71	71	71	72	72	73	73	73	74
	24	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	74	75	75	75
	25	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	74	74	75	75	76	76	77	77	77
	26	67	68	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74	74	75	76	76	77	77	78	78	78	79
	27	68	69	70	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	76	77	78	78	79	80	80	80	81
	28	69	70	70	71	72	72	73	74	75	75	76	77	77	78	79	79	80	81	81	82	82	83
	29	70	71	71	72	73	74	74	75	76	76	77	78	79	79	80	81	82	82	83	84	84	84
	30	71	71	72	73	74	75	75	76	77	78	79	79	80	81	82	82	83	84	85	85	86	86
	31	72	72	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	86	87	87	88
	32	72	73	74	75	76	77	78	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90	90
	33	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	91	92
	34	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	92	93	94
	35	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	93	94	95
36	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	
37	76	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	89	90	91	92	93	94	96	97	97	98	99	
38	77	78	80	81	82	83	84	85	87	88	89	90	91	93	94	95	96	97	98	98	100	101	
39	78	79	80	82	83	84	85	87	88	89	90	92	93	94	95	96	98	99	99	100	101	103	
40	79	80	81	83	84	85	86	88	89	90	92	93	94	95	97	98	99	101	102	103	103	104	

Fuente: (Ruiz et al, 2019)

2. Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Grados de libertad	Sig.
Tasa de Servicio	0.991	144	0.504
Tasa de Concepción	0.992	144	0.594
Tasa de Preñez	0.991	144	0.529