

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**FECHAS DE PARTO, CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y  
EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN VACAS DE CRÍA**

**Por**

**Federico ALVAREZ**

**Ignacio BIANCHI**

**Federico STIRLING**

**Trabajo final de grado  
presentado como uno de los  
requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2023**

**PÁGINA DE APROBACIÓN**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

---

Ing. Agr. Ana Carolina Espasandin

Tribunal:

---

Ing. Agr. Ana Carolina Espasandin

---

Ing. Agr. Paula Batista

---

Med. Vet. Alberto Casal

Fecha:

7 de agosto de 2023

Estudiantes:

---

Federico Álvarez

---

Ignacio Bianchi

---

Federico Stirling

## AGRADECIMIENTOS

A nuestros familiares y amigos por el apoyo en este largo trayecto de formación.

A nuestra tutora la Ing. Agr. Ana Espasandín, el especial agradecimiento por la dedicación y apoyo en esta última instancia de la carrera, así como también por el enriquecimiento en nuestra formación.

A la Ing. Agr. Paula Batista por el constante apoyo y aportes en el trabajo.

Al Departamento de Producción Vegetal y personal de la Estación Experimental Mario A Cassinoni por brindarnos los datos que se utilizaron para realizar este trabajo.

A toda aquella persona que de alguna manera colaboró con la realización de esta tesis y por ende de nuestra carrera.

Muchas gracias.

**TABLA DE CONTENIDO**

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	5
RESUMEN.....	6
SUMMARY .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	8
1.1. OBJETIVOS .....	9
1.1.1. Objetivo general .....	9
1.1.2. Objetivos específicos .....	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	10
2.1. ESTRÉS TÉRMICO .....	10
2.2. EFECTO DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA PRODUCCION ANIMAL	12
2.2.1. Indicadores del estrés térmico .....	16
2.2.2. Caracterización del Uruguay utilizando valores normales de ITH ...	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1. UBICACIÓN .....	21
3.2. DESCRIPCIÓN.....	21
4. RESULTADOS .....	23
5. DISCUSIÓN.....	34
6. CONCLUSIÓN.....	37
7. BIBLIOGRAFÍA .....	38

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla No.	Página
<b>Tabla 1</b> <i>Resultados del análisis de varianza de la variable peso al nacer de los terneros</i> .....	23
<b>Tabla 2</b> <i>Resultado del análisis de varianza de la variable preñez del rodeo</i> .....	30
Figura No.	Página
<b>Figura 1</b> <i>Representación esquemática simplificada de temperaturas críticas del medio ambiente y zonas abarcadas por ellas</i> .....	13
<b>Figura 2</b> <i>Variación espacial del Índice de Temperatura y Humedad del aire en el mes de enero</i> .....	17
<b>Figura 3</b> <i>Variación espacial del Índice de Temperatura y Humedad del aire en el mes de febrero</i> .....	18
<b>Figura 4</b> <i>Frecuencias acumuladas de valores de ITH en diciembre</i> .....	18
<b>Figura 5</b> <i>Frecuencias acumuladas de valores de ITH en enero</i> .....	19
<b>Figura 6</b> <i>Frecuencias acumuladas de valores de ITH en febrero</i> .....	19
<b>Figura 7</b> <i>Promedio de temp. max, min, y media para el periodo de nacimientos en los diferentes años</i> .....	24
<b>Figura 8</b> <i>Promedio de ITH e ITH<sub>ajustado</sub> en el periodo de nacimiento de los terneros para los años analizados</i> .....	25
<b>Figura 9</b> <i>Precipitaciones acumuladas en los periodos de nacimiento de los años analizados</i> .....	26
<b>Figura 10</b> <i>Promedio de pesos al nacer por año</i> .....	27
<b>Figura 11</b> <i>Promedio de pesos al nacer por mes</i> .....	27
<b>Figura 12</b> <i>La regresión lineal entre peso al nacer de los terneros y el ITH ocurrido durante el período de parición de cada año</i> .....	28
<b>Figura 13</b> <i>ITH e ITH<sub>ajus.</sub> promedio para el periodo de servicios</i> .....	29
<b>Figura 14</b> <i>Precipitaciones acumuladas por año</i> .....	30
<b>Figura 15</b> <i>Media de los porcentajes de preñez de los años analizados</i> .....	31
<b>Figura 16</b> <i>Porcentaje de preñez según el mes de parto de las madres</i> .....	32
<b>Figura 17</b> <i>Porcentaje de preñez e ITH del periodo de servicio de los años analizados</i> .....	32

## RESUMEN

La ganadería de cría en nuestro país es uno de los principales rubros dentro de la actividad agropecuaria, a su vez esta actividad tiene un rol muy importante en la economía del país. Este rubro mayormente se realiza a cielo abierto en campo natural generalmente de menor productividad. Es por esto que debemos tomar todos los recaudos necesarios para mitigar los efectos adversos del ambiente para lograr una ganadería de mayor eficiencia y productividad. Observando el aumento de las temperaturas y radiación solar en ciertas estaciones del año se buscó estudiar el efecto del ITH sobre la performance reproductiva del rodeo de cría. Este trabajo se ubicó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni en el departamento de Paysandú, Ruta Nacional No. 3, Km 363. El ensayo se realizó aproximadamente con 150 vacas y vaquillonas Hereford del rodeo de cría de la EEMAC. Tomando datos de fecha de parición, peso al nacer de los terneros y diagnóstico de gestación al próximo entore, además a partir de una serie de datos de factores climáticos como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y precipitaciones brindada por el departamento de producción vegetal de la Estación Experimental, para luego calcular el ITH e ITHajus. Se analizó esta información para calcular si había correlación entre las condiciones climáticas y el peso al nacer o la eficiencia reproductiva al siguiente servicio. Si bien se encontró correlación entre el ITH y el peso al nacer de los terneros, el ajuste de la curva a los datos fue bajo. Teniendo en cuenta esto se deberían tomar medidas para mitigar los efectos del estrés térmico sobre los animales, sin descuidar el resto de los factores ambientales ya que algunos de estos afectan en mayor medida la performance del rodeo. Sería de gran importancia continuar investigando los efectos del ITH sobre los resultados productivos y reproductivos del rodeo para tener más información sobre los momentos en que se dan las condiciones de estrés térmico y como afecta esto a los animales.

*Palabras Clave:* bovinos de carne, clima, diagnóstico de gestación, estrés térmico, peso al nacer

## SUMMARY

Livestock breeding in our country is one of the main areas within the agricultural activity, and this activity plays a very important role in the country's economy. This activity is mostly carried out in the open air in natural fields, generally of lower productivity. This is why we must take all the necessary precautions to mitigate the adverse effects of the environment in order to achieve a more efficient and productive livestock farming. Observing the increase of temperatures and solar radiation in certain seasons of the year, we sought to study the effect of the ITH on the reproductive performance of the breeding herd. This work was carried out at the Mario A. Cassinoni Experimental Station in the department of Paysandú, National Route No. 3, Km 363. The trial was conducted with approximately 150 Hereford cows and heifers from the breeding herd of the EEMAC. Taking data on calving date, calf birth weight and gestation diagnosis at the next calving, as well as a series of data on climatic factors such as temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation and rainfall provided by the plant production department of the Experimental Station, in order to calculate the ITH and ITHajus. This information was analyzed to calculate if there was a correlation between climatic conditions and birth weight or reproductive efficiency at the next service. Although correlation was found between ITH and calf birth weight, the fit of the curve to the data was low. Taking this into account, measures should be taken to mitigate the effects of heat stress on the animals, without neglecting the rest of the environmental factors, since some of them affect the performance of the herd to a greater extent. It would be of great importance to continue investigating the effects of ITH on the productive and reproductive results of the herd in order to have more information about the moments in which heat stress conditions occur and how this affects the animals.

*Keywords:* beef cattle, climate, pregnancy diagnosis, heat stress, birth weight

## **1. INTRODUCCIÓN**

La obtención de una buena performance reproductiva en ganadería de cría en nuestro país es esencial para la obtención de resultados productivos y económicos eficientes en las empresas dedicadas a esta actividad. Para lograr estas metas se deben alcanzar buenos índices de preñez y destete, para concluir en altos valores de kg de ternero destetado por hectárea.

Debido a que las condiciones nutricionales tanto en calidad de la dieta como en disponibilidad son fundamentales en el desempeño reproductivo de las vacas, es de suma importancia tener un correcto seguimiento, adecuándose a las circunstancias productivas y fisiológicas de los animales, contemplando las variaciones ocurridas en los requerimientos de los animales.

A su vez, según el objetivo de la empresa, los sistemas productivos dedicados a la cría planifican el manejo de la dieta adecuándose a la etapa del ciclo de gestación o de lactancia, mientras que sistemas dedicados a la invernada de animales siempre apuntan a dietas más energéticas para lograr mayores ganancias de peso por día.

Se ha reportado, a nivel país, un efecto del cambio climático el cual repercute en mayor variabilidad de la temperatura del aire, además de evidenciarse ampliaciones de los periodos de sequía durante el verano y el aumento en la intensidad de las lluvias en invierno (Oyanthçabal, 2009). Estas oscilaciones condicionan la disponibilidad y calidad del forraje y el agua disponible para la pastura y los animales.

Dicha variabilidad inter e intra anual complejiza manejar la carga de animales por hectárea. El clima repercute directamente en el forraje, y por ende en el estado nutricional de los animales. Consecuentemente, el periodo parto-concepción se ve perjudicado. Esto sucede debido a que frente a restricciones alimenticias las vacas de cría destinan la energía proveniente de los alimentos a recuperar estado corporal y crecimiento, dejando como último lugar de prioridad a las funciones reproductivas (Dickerson, 1978).

Según Stahringer (2006) la nutrición está relacionada con el anestro post parto, por lo que cuanto mejor sea la nutrición, el intervalo entre el parto y

concepción se acorta. El objetivo global de la cría es producir un ternero por vaca por año, y para que esto se cumpla, el intervalo no puede ser mayor a 80 días ya que la duración promedio de la gestación de una vaca de origen británico es de 283 días.

En este contexto cobra importancia el manejo de la nutrición del animal, así como también el de las condiciones que se le designan para lograr un buen confort de los mismos. Las condiciones meteorológicas en donde se sitúan momentos claves del ciclo productivo, como la concepción, parto y post – parto, donde se ve afectada la eficiencia reproductiva.

Según datos publicados por la Oficina de Estadísticas Agropecuarias (DIEA, 2006), en una serie de 10 años (1996-2006) el promedio del porcentaje de preñez y de procreo fue de 73,2 % y de 61,5 % respectivamente. Estos valores son bajos comparados con los potenciales de las razas utilizadas y hasta la fecha los aumentos no han sido muy significativos. Es por estos aspectos que surge la necesidad de estudiar factores y momentos que afectan la eficiencia reproductiva del rodeo de cría, en este caso, las condiciones climáticas al momento del parto, con los posteriores resultados reproductivos en vacas de cría de la raza Hereford.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar relaciones entre las condiciones meteorológicas (temperatura media del aire, humedad relativa, precipitaciones) prevalecientes en el período de parición y de servicio sobre el peso al nacer de los terneros, y la eficiencia reproductiva posterior de las vacas.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

Investigar la posible relación existente entre el peso al nacer de los terneros y los efectos de los factores ambientales climáticos durante el periodo de servicio.

Analizar si dicha relación también se presenta en el periodo de pariciones.

Examinar el impacto de los factores ambientales climáticos presentes durante el periodo de servicio en el desempeño reproductivo de las vacas al momento del parto.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

En ganadería, la variabilidad de las precipitaciones se traduce directamente en la productividad de los “campos” (nivel primario del ecosistema), afectando la oferta y calidad del forraje del campo natural, y ésta a su vez se traslada a la producción ganadera (nivel secundario del ecosistema). Este factor afecta indicadores claves en la cría como tasa de procreo y ganancia de peso de los animales, que a la postre incide en los ingresos netos de los productores (Methol, 2012).

El cambio climático y la variabilidad se estudian en función de tres variables: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. El estudio sobre la exposición, que se realizó en la primera fase del proyecto (MGAP-FAO, vol. I, 2012), explica que la frecuencia e intensidad creciente del déficit de precipitación acumulada de primavera y verano no es confirmada por los análisis de los registros puramente meteorológicos de largo plazo. (Bartaburu et al., 2013, p. 5).

En Uruguay los sistemas de producción ganadera se realizan a cielo abierto, en especial los sistemas de cría de razas carniceras, por lo que la productividad varía con las condiciones climáticas. En los últimos años se ha constatado en los animales una mayor frecuencia de situaciones de estrés climático por altas temperaturas y humedad relativa en los meses más cálidos.

### **2.1. ESTRÉS TÉRMICO**

El estrés implica cualquier factor que actúe interna o externamente al cual se hace difícil adaptar y que induce un aumento en el esfuerzo por parte del animal, para mantener un estado de equilibrio dentro de él mismo y con su ambiente externo. El estrés térmico se da a partir del tercer día consecutivo o más de altas temperaturas del aire y humedad relativa donde el animal no puede controlar su equilibrio térmico. Esto trastorna las necesidades nutritivas afligiendo el sistema gastrointestinal y metabólico del animal (Roca Cedeño, 2011).

Altas temperaturas ambientales, intensa radiación directa e indirecta y humedad relativa son factores ambientales, que imponen estrés en los animales (Roca Cedeño, 2011). Das et al. (2016) encontraron que los animales ante situaciones en las que se enfrentan a estrés térmico tienen la capacidad de responder

con mecanismos termorreguladores de carácter fisiológico, metabólico y endocrinológicos los cuales son capaces de adaptar y compensar alteraciones en el metabolismo de manera de mantener la homeóstasis frente a situaciones adversas.

La caracterización del ambiente térmico de una zona permite conocer de qué forma enfrentan los animales estas condiciones, de tal manera que permite determinar la duración, frecuencia y momentos de estrés que puedan afectar los animales productivamente (Cruz & Saravia, 2008)

Se estima que el calor generado en los procesos de digestión aumenta hasta un 20% el calor basal. Por eso, uno de los principales efectos de las altas temperaturas es la reducción de la ingesta de alimento. Algunas estrategias para reducir los efectos del estrés por calor son aumentar el aporte de grasa para incrementar la densidad energética de la ración, evitar un contenido excesivo de proteína total y de proteína degradable, aumentar la digestibilidad de la fibra, sobre todo en dietas de alto contenido energético, y distribuir el alimento a primera y última hora del día (Temple et al., 2015).

El estrés por calor aumenta la pérdida de nitrógeno a través de la orina y las heces. La excreción urinaria de nitrógeno aumentó en un 41 % cuando las vacas lactantes se expusieron a condiciones de estrés térmico (Jadán Piedra, 2017)

Para cuantificar y medir las condiciones climáticas y así poder definir valores por encima de los cuales los animales sufren estrés térmico, llamados umbral crítico, fue que se crearon ciertos indicadores (ITH, ITH ajustado, BGITH, CCI). El indicador citado en esta revisión bibliográfica es el ITH, ya que es uno de los más utilizados en dicha línea de investigación.

Thom (1959), como se cita en Cruz y Saravia (2008), desarrolló el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) que es una medida que combina la temperatura del aire y la humedad relativa para evaluar el estrés térmico en el ganado bovino. Para establecer un punto de referencia, Johnson et al. (1961) definieron un valor crítico de ITH de 72 para vacas lecheras (Holando) en lactación, bajo condiciones controladas, el cual se asocia comúnmente con el estrés térmico cuando se alcanza este nivel crítico de ITH.

La interpretación de este índice se realiza en función de los niveles de riesgo de estrés térmico para el ganado. Un ITH menor a 69 indica que no existen

condiciones de riesgo de estrés calórico, mientras que un valor entre 69 y 75 indica un estado de alerta. En el rango de 75 a 79 se considera un nivel de peligro, y un ITH mayor a 79 se clasifica como una situación de emergencia debido al estrés calórico en los animales (Unidad de Agroclima y Sistemas de información [GRAS], s.f.).

El ITH es ampliamente utilizado en las regiones cálidas de todo el mundo, para evaluar el impacto del estrés calórico en vacas lecheras (Bouraoui et al., 2002). La ecuación utilizada para calcular dicho valor es la siguiente:

$$ITH = (0,8 \times t_a + ((HR/100) \times (t_a - 14,4)) + 46,4)$$

Donde:  $t_a$  es temperatura del aire (°C) y HR (%) es humedad relativa del aire.

Con el fin de ser más precisos a la hora de definir si los animales están o no bajo estrés térmico es que hallamos el ITH ajustado por radiación solar y viento el que es calculado mediante la siguiente ecuación (Amundson et al., 2006):

$$ITH_{\text{ajustado diario}} = 6.8 + ITH - (3.075 \times VV) + (0.0114 \times RAD)$$

Donde: VV es velocidad del viento (m/s) y RAD es radiación solar.

## 2.2. EFECTO DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA PRODUCCION ANIMAL

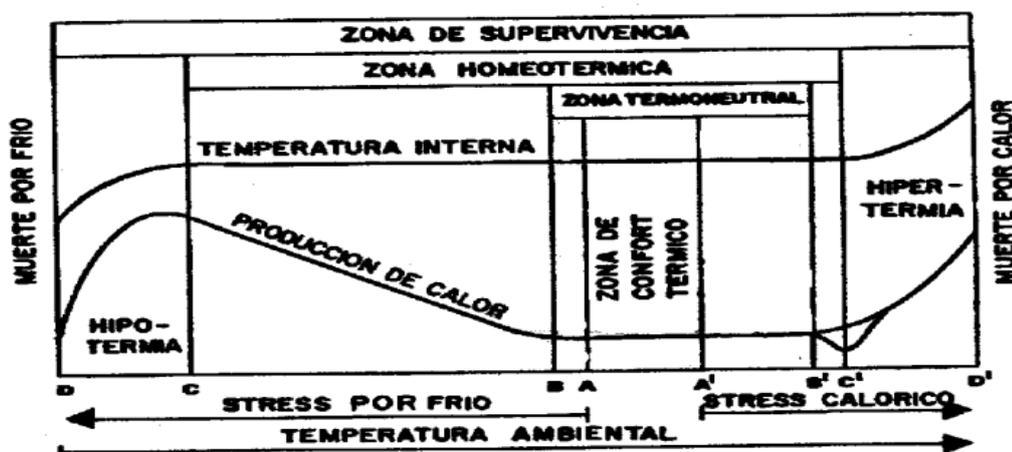
Las respuestas de los animales varían según el tipo de desafío térmico según se den a corto o a largo plazo. Los cambios adaptativos a corto plazo en las funciones conductuales, fisiológicas e inmunológicas (orientados a la supervivencia) son las respuestas iniciales a los eventos agudos; estos se dan cuando las condiciones causantes del estrés perduran por días, lo cual no permiten que los animales vuelvan a su zona de confort. Mientras que los desafíos a más largo plazo afectan las respuestas orientadas al rendimiento productivo como por ej., consumo de alimento alterado y pérdida de calor que afectan el crecimiento, la reproducción y la eficiencia (Nienaber & Hahn, 2007).

Saravia y Cruz (2003) afirman que el rango de temperatura ambiental en que la temperatura del cuerpo se mantiene constante con un esfuerzo mínimo de los mecanismos termorreguladores se denomina zona de confort térmico (A - A') (Figura 1). En ella no existe sensación de frío ni calor. Cuando la temperatura del aire sale de la zona de bienestar térmico pasando hacia el frío o el calor, el animal

activa sus mecanismos de defensa.

### Figura 1

Representación esquemática simplificada de temperaturas críticas del medio ambiente y zonas abarcadas por ellas



Nota. Tomado de Bianca (1972), como se cita en Saravia y Cruz (2003).

La disminución en el consumo de alimento a consecuencia del estrés por calor, afecta negativamente la ganancia de peso diaria y el crecimiento de los animales al tener una necesidad extra de energía metabolizable para la activación de los mecanismos de termorregulación (Marai et al., 2007; Wankhade et al., 2017). Wolfenson y Roth (2019) observaron que la eficiencia del enfriamiento en granjas comerciales se puede comparar convenientemente, calculando las proporciones entre la producción de leche de verano e invierno y las tasas de concepción en animales de biotipo lechero. Se entiende por animales de biotipo lechero, el animal diseñado genéticamente para la alta producción.

Por lo que el estudio del estrés térmico en relación con la reproducción y la producción de leche los llevó a realizar cálculos en donde sí podían mantener la producción de leche en un 98% durante el verano, pero en cambio la tasa de concepción en esta estación a causa del calor no superó el 68% respecto al invierno. Es claro que el sistema reproductivo de las vacas frente a situaciones de estrés térmico es muy susceptible y alterado negativamente, debido a que no se cumple su correcto funcionamiento (Wolfenson & Roth, 2019).

Las disminuciones encontradas en el trabajo de Wolfenson y Roth (2019) citado anteriormente se explican en un trabajo publicado por Das et al. (2016); en

esta instancia, estos últimos autores hacen referencia que al someter a las vacas a situaciones de estrés por calor disminuye la duración e intensidad del estro y en ocasiones extremas hasta podrían manifestarse celos silenciosos explicado por el aumento de la secreción de ACTH y cortisol por lo que bloquea el comportamiento sexual inducido por estradiol.

A su vez este tipo de estrés reduce el desarrollo de ovocitos al afectar su crecimiento y maduración, aumentando el nivel de prolactina circulante resultando en animales acíclicos e infertilidad por lo que durante el verano el 80% del estro podría llegar a pasar desapercibido. Los niveles de FSH varían en situaciones de estrés por lo que alteran la dinámica folicular, disminuyendo la eficiencia reproductiva de las vacas sobre todo en verano y en otoño (Das et al., 2016).

Las tasas de concepción se redujeron entre 40 % y 60 % en los meses más fríos; en verano se registró una caída de alrededor del 20-27% en las tasas de concepción. También observaron una disminución de vacas que no retornan al servicio luego de 90 días dependiendo de la gravedad del estrés térmico (Das et al., 2016).

Amundson et al. (2006) informaron una reducción ( $p < 0,01$ ) en la tasa de preñez en verano (62 %) y una disminución en primavera (44 %) cuando la temperatura mínima diaria promedio y el ITH diario promedio eran iguales o superiores a 16,7 °C y 72,9, respectivamente. Además, también se informó que cuando el estrés es grave, solo el 10-20% de las inseminaciones resultaron en preñeces normales (Das et al., 2016).

Esta disminución en los índices reproductivos en los rodeos de cría en situaciones de estrés térmico, no solo se le debe atribuir a los efectos causados en las hembras ya que los altos valores de ITH también afectan a los machos, los cuales son una pieza muy importante para obtener buenos resultados. Por lo que la tasa de concepción que se logre va a estar afectada por ellos. Por otra parte, en cuanto a la eficiencia reproductiva en machos, se sabe que los testículos del toro deben estar entre 2 y 6 °C más fríos que la temperatura del cuerpo para que se produzcan espermatozoides fértiles (Das et al., 2016).

También estas situaciones de estrés pueden modificar parámetros bioquímicos en la generación de espermatozoides, de este modo bajando su viabilidad y en

ocasiones la infertilidad. Maizels et al. (2004) estudiaron la influencia estacional en 19 toros de la raza Simmental donde encontraron que el estrés térmico en verano hace que disminuya de manera significativa la calidad del semen. Estos autores también encontraron que los toros más jóvenes eran más sensibles que los viejos frente a temperaturas altas, modificando aún más los parámetros de calidad del semen.

Aunque dichos trabajos han sido realizados en animales de biotipo lechero y se asume que los efectos del estrés térmico van a ser similares en animales de razas de carne, sería muy importante hacer trabajo de investigación en estas razas para saber si los valores de los índices son iguales o la producción de carne se ve menos afectada por dicho estrés. Bhakat et al. (2009) observaron que la calidad del semen era mejor en invierno, en verano eran malas e intermedias cuando el clima es lluvioso por lo tanto lo más desfavorable es un clima seco y caluroso en donde los parámetros de calidad del semen son peores.

Se puede decir que hay diferencia en el impacto del estrés térmico y los altos niveles de ITD entre las distintas razas de bovinos. Como se encontró en un trabajo realizado por Batista (2016), en el cual se compararon los efectos del estrés térmico en vaquillonas Hereford puras y Bonsmara x Hereford, midiendo entre otras cosas la ganancia de peso diario, frecuencia respiratoria, temperatura rectal, temperatura corporal superficial en la frente y flanco.

Batista (2016) observó en su trabajo que, si bien en los aspectos productivos no hubo diferencias entre los genotipos, sí se encontró diferencia en la frecuencia respiratoria, temperatura rectal y en la temperatura corporal superficial, cuando se midieron estos rasgos adaptativos en la tarde de los días con temperaturas elevadas y olas de calor, las cuales consisten en altas temperaturas del aire y humedad relativa por encima del nivel crítico durante tres días consecutivos o más, por lo que el animal no consigue volver a la homeotermia rápidamente. Este autor en este trabajo también concluyó que la raza Bonsmara se adapta al estrés calórico gracias a su mayor habilidad de disipar el calor corporal.

Batista (2016), en este mismo trabajo, encontró que las mediciones realizadas en los días que se presentaron olas de calor leves por la mañana, hubo diferencias significativas entre genotipos en temperatura corporal superficial en la

frente, siendo 24,5° C para los animales cruzas y 23,7° C para los Hereford puros. Según este mismo autor, en los días que se dieron olas de calor por la tarde también se encontraron diferencias significativas, aunque siendo mayor las temperaturas de los genotipos puros que de las cruzas, con valores de 39,5 °C y 39,2 °C respectivamente.

Con respecto a la frecuencia respiratoria, también se encontraron diferencias significativas en las mediciones realizadas por la tarde en días con olas de calor, presentando una frecuencia respiratoria de 45,8 rpm los animales Bonsmara cruce Hereford y 58,4 los animales Hereford puros (Batista, 2016)

### **2.2.1. Indicadores del estrés térmico**

Además del ITH hay otros índices para cuantificar las condiciones ambientales causantes del estrés térmico, que contemplan otros factores más además de la temperatura del aire y la humedad relativa, como los son los explicados a continuación.

El Índice de Temperatura y Humedad ajustado por velocidad del viento y radiación solar ( $ITH_{ajust}$ ). El ITH desarrollado por Thom (1959), como se cita en Amundson et al. (2006), fue considerado por estos últimos e integraron al mismo el valor de velocidad del viento y radiación solar, proponiendo una nueva ecuación ( $ITH_{ajust}$ ). Estos autores también consideran que durante el periodo estival es importante además del efecto que presentan la temperatura y humedad del aire, la velocidad del viento y la radiación solar, ya que estas variables pueden incrementar el calor corporal en los animales, reduciendo su performance y modificando su confort.

El Índice de Temperatura y Humedad Contemplando Esferas de Vernon (BGITH) es un índice que integra el calor por convección y radiación, además expresa las ganancias y pérdidas de calor del ambiente medido, en base a datos de temperatura tomados de las esferas de Vernon. Estos registros se integran con datos de ITH (Batista, 2016). El Índice Climático Integral (CCI) es un índice que no solo funciona para estrés térmico por altas temperaturas, como lo son el ITH e  $ITH_{ajust}$ . Este índice también sirve para ambientes fríos, en un rango de -30°C a 45°C. Es la combinación de varios modelos y fue hecho a partir de índices tales como ITH,

ITH<sub>ajust</sub>, entre otros (Batista, 2016).

En este caso se decide utilizar el ITH e ITH<sub>ajus</sub> para este trabajo ya que se ajustan adecuadamente a las condiciones de nuestro país y se han realizado trabajos y caracterizaciones con dicho índice. Cruz y Saravia (2008) clasificaron al país según las zonas de mayor riesgo para poder tomar medidas de manejo según la época del año.

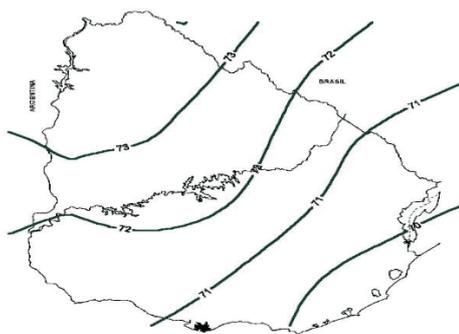
Trabajando con vacas Holstein en lactación en condiciones controladas, Johnson et al. (1961) determinaron a qué valores de temperatura y humedad del aire comenzaba a disminuir la producción de leche. El ITH desarrollado por Thom (1959), como se cita en Johnson et al. (1961), fue utilizado para expresar las diferentes combinaciones de temperatura y humedad. El valor crítico de ITH obtenido por Johnson et al. (1961), como se cita en Cruz y Saravia (2008), fue de 72.

Adoptando ese valor crítico, el Livestock Weather Safety Index (LWSI) distingue cuatro categorías: 1) menor a 70 considerada situación normal, 2) alerta de 70 a 78 y por encima de 72 se supera el límite crítico para la producción de leche, 3) de 78 a 82 se considera situación de peligro y 4) mayor a 82 se califica como situación de emergencia (Johnson, 1994). (Cruz & Saravia, 2008, p. 57).

### 2.2.2. Caracterización del Uruguay utilizando valores normales de ITH

#### Figura 2

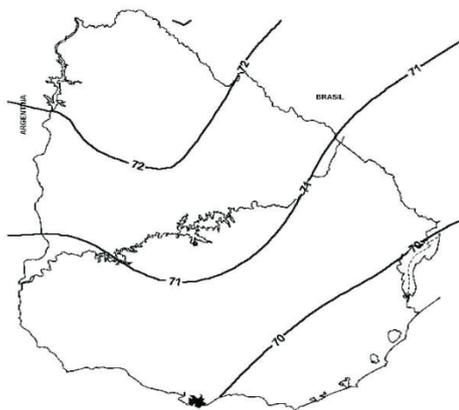
*Variación espacial del Índice de Temperatura y Humedad del aire en el mes de enero*



*Nota.* Tomado de Cruz y Saravia (2008).

### Figura 3

*Variación espacial del Índice de Temperatura y Humedad del aire en el mes de febrero*

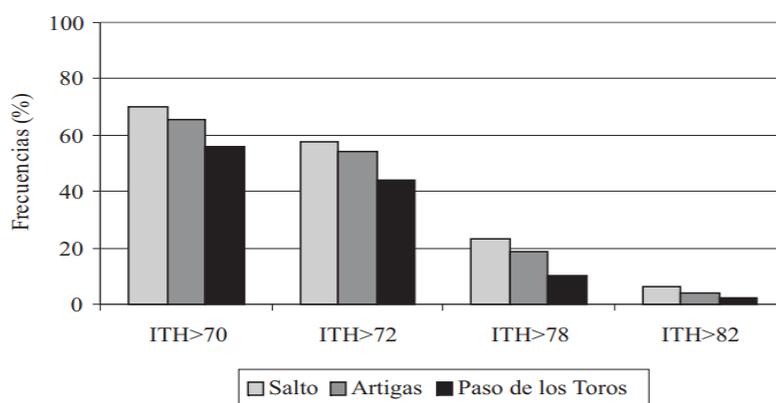


*Nota.* Tomado de Cruz y Saravia (2008).

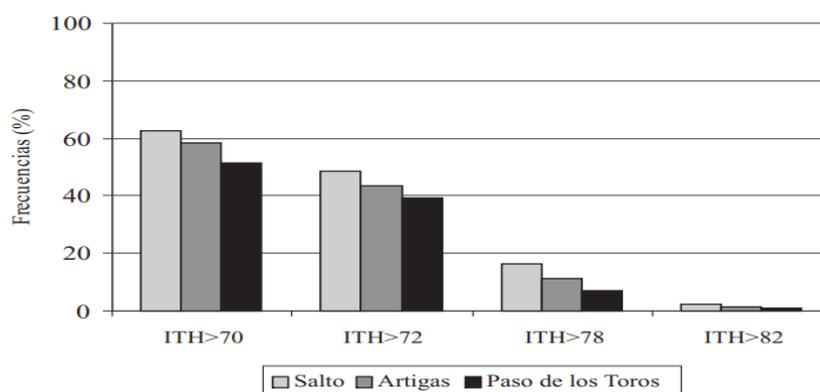
En el trabajo realizado por Cruz y Saravia (2008) se buscó racionalizar, así como también estacionalizar, los momentos con mayor probabilidad de ocurrencias de días con valores de ITH mayores a 72.

### Figura 4

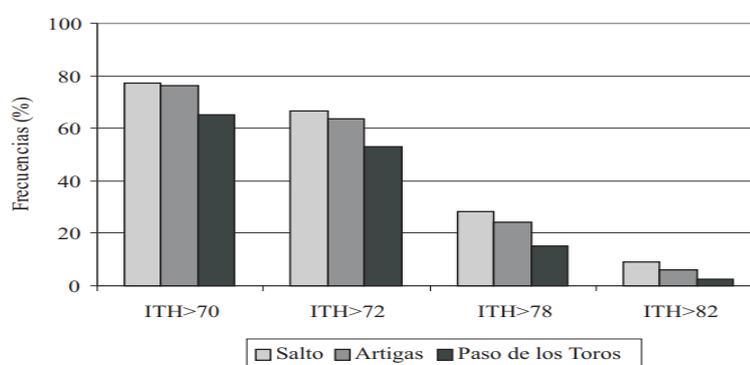
*Frecuencias acumuladas de valores de ITH en diciembre*



*Nota.* Tomado de Cruz y Saravia (2008).

**Figura 5***Frecuencias acumuladas de valores de ITH en enero*

*Nota.* Tomado de Cruz y Saravia (2008).

**Figura 6***Frecuencias acumuladas de valores de ITH en febrero*

*Nota.* Tomado de Cruz y Saravia (2008).

Observando las gráficas que surgieron del resultado de dicho trabajo, podemos observar como para todas las localidades aumenta la frecuencia de días con valores de ITH considerados peligrosos o de emergencia del mes de diciembre a enero y luego para los meses siguientes comienzan a disminuir. Es en el mes de enero donde se encuentran la mayor probabilidad de días con ITH superiores a 72 en el litoral norte del país (Cruz & Saravia, 2008)

Cabe destacar que las localidades más comprometidas son Artigas y Salto, ya que tienen la mayor frecuencia de ocurrencia en todos los meses teniendo una frecuencia de valores de ITH mayores a 72 de más de 60% y entorno al 20% de valores diarios de ITH mayores al 78%. Mientras que Paso de los Toros presentó

valores de frecuencia menores en toda la serie de meses, en el mes de enero presentó frecuencias del 50%, en los meses de diciembre y febrero la probabilidad de valores de ITH considerados peligrosos o de emergencia son del 10%, por lo cual no se considera como una localidad que de mayores problemas en dichos meses (Cruz & Saravia, 2008).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. UBICACIÓN**

El trabajo fue realizado en base a datos registrados en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC) que pertenece a la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay, en el departamento de Paysandú (Ruta 3 km 363).

Dicho lugar está dedicado a la investigación y enseñanza, donde cuenta, con varios rubros orientados al agro, varias líneas de investigación que abarcan el área de agricultura, ganadería de carne y ganadería de leche. En este caso nos centraremos en la ganadería de carne, más precisamente en la cría. El lugar cuenta con 1000 hectáreas de las cuales un porcentaje está dedicada a la ganadería de cría.

#### **3.2. DESCRIPCIÓN**

Este estudio se llevó a cabo utilizando una extensa base de datos recopilada desde 2009 hasta 2022, realizada en la EEMAC a cargo del Departamento de Producción Animal y Pasturas. La base de datos incluía información detallada, como el ID de cada animal, la fecha de parto, pariciones y otros aspectos relevantes. Se analizaron los datos correspondientes a los meses de enero, febrero y de agosto a diciembre de cada año, ya que durante esos meses se lleva a cabo el servicio de reproducción en diciembre, enero y febrero, mientras que las pariciones ocurren entre agosto y diciembre. Debido a esta distribución estacional, no se calcularon los valores del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) para los meses restantes. En promedio, el rodeo de cría utilizado en el experimento consistió en aproximadamente 150 vacas de la raza Hereford.

Para realizar el trabajo fue necesario contar con datos diarios de temperatura máxima, mínima y media, precipitaciones, velocidad del viento, humedad relativa y radiación, los mismos fueron proporcionados por la Unidad de Producción Vegetal de la EEMAC. Estos datos fueron utilizados para el cálculo del ITH e  $ITH_{ajus}$  promedio de cada día.

El ITH fue calculado en base a la siguiente ecuación

$$ITH = (0,8 \times t_a + ((HR/100) \times (t_a - 14,4)) + 46,4)$$

Donde:  $t_a$  es temperatura del aire (°C) y HR (%) es humedad relativa del aire.

Mientras que el  $ITH_{ajus}$  fue calculado utilizando la siguiente ecuación para realizar los ajustes debidos

$$ITH_{ajustado} = 6.8 + ITH - (3.075 \times VV) + (0.0114 \times RAD)$$

Donde: VV es velocidad del viento (m/s) y RAD es radiación solar.

Con el fin de facilitar el cálculo de dichos índices y poder hacerlo en serie se usó una planilla de Excel en la cual se encontraba la serie de datos climáticos.

También se utilizaron datos del rodeo identificando cada animal por su número de caravana, con su respectiva fecha de parto y su diagnóstico de gestación luego del próximo servicio, para así atribuirle un valor de ITH al día del parto además de también generar información que incluya el peso al nacer de los terneros, comparando esta información y saber si el ITH afecta tanto el peso al nacer de los terneros como la actividad reproductiva del rodeo al próximo entore.

Para realizar esto fue necesario generar planillas de Excel que nos permita incorporar todos los datos de manera ordenada para posteriormente realizar el correspondiente análisis estadístico.

Se realizaron Análisis de Varianza para el estudio de los efectos que afectan al Peso al Nacer y al Porcentaje de preñez del rodeo.

Para el Peso al Nacer el modelo de Análisis incluyó los efectos fijos del AÑO y MES de nacimiento, el SEXO del ternero y el Índice ITH. Dentro de cada factor fueron estimadas las medias de mínimos cuadrados y sus correspondientes errores estándar, y se compararon mediante el Test de Tukey Ajustado ( $P < 0.05$ ).

La relación entre el peso al nacer de los terneros y el Índice ITH se estudió mediante regresión lineal, estimando el coeficiente de determinación ( $r^2$ ).

Para la variable porcentaje de preñez se utilizó un modelo lineal generalizado mixto, considerando los efectos fijos de año y mes de parto, sexo del ternero e ITH como fijos, el efecto individual de la vaca se consideró aleatorio.

Fueron utilizados los procedimientos MIXED, REG y GLIMMIX del programa SAS (SAS V 9.4) respectivamente para los análisis anteriormente descriptos.

#### 4. RESULTADOS

En la tabla número 1 se presenta el resultado del análisis de varianza de la variable peso al nacer de los terneros.

**Tabla 1**

*Resultados del análisis de varianza de la variable peso al nacer de los terneros*

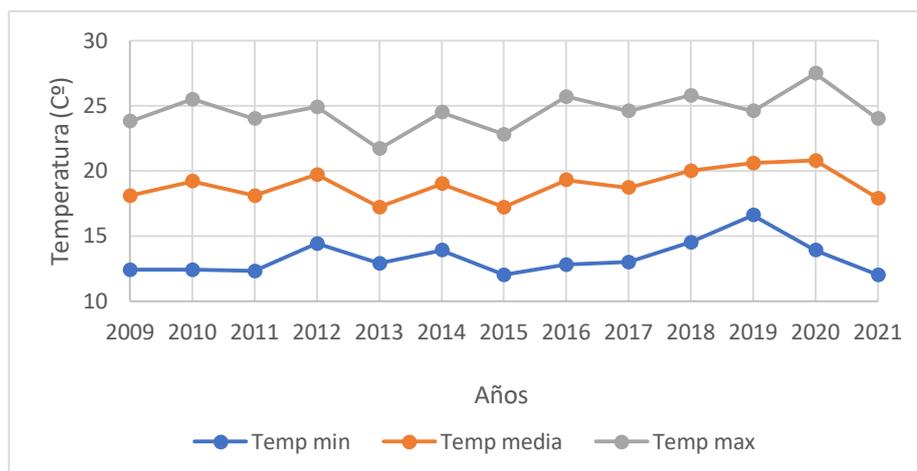
Efecto	GL (n-1)	F-Valor	Pr > F
Año de nacimiento	12.0	11.03	<.0001
Mes de nacimiento	6.0	18.33	<.0001
Sexo del ternero	1.0	58.75	<.0001
ITH	1.0	3.78	0.0521

Como se observa, todos los efectos incluidos en el modelo presentaron significancia estadística ( $PrF < 0.05$ ) sobre el peso al nacimiento de los terneros.

En la figura 7 se presentan los promedios de temperaturas máximas, mínimas y medias para el periodo de nacimiento de los años analizados. Dicho periodo no es el mismo todos los años, ya que varía entre los meses de agosto y diciembre según como se hayan dado los servicios y por ende las fechas y concentraciones de los partos.

**Figura 7**

*Promedio de temp. max, min, y media para el periodo de nacimientos en los diferentes años*



En este cuadro se observa como varían los promedios de temperaturas en los diferentes años. Los años 2012, 2016, 2018 y 2020 encontramos los valores más altos de temperaturas máximas y medias. También se observan años como 2013 y 2015 donde se encuentran las temperaturas más bajas, tanto máximas, mínimas y por ende medias.

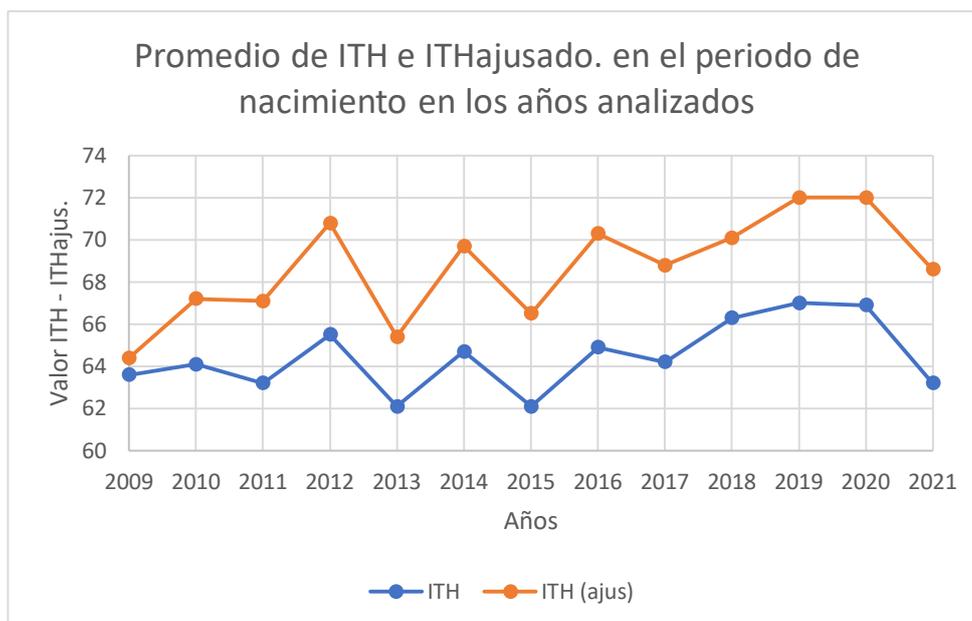
El 2009, 2011 y 2017 son años donde no se ven picos de temperatura en ninguna dirección. Tanto 2010 como 2019 son años contrastantes ya que en el 2010 se encuentran altas temperaturas máximas y bajas temperaturas mínimas y en 2019 es al contrario, con picos hacia debajo de temperaturas máximas y hacia arriba de mínimas.

Si bien se observan estas diferencias en las temperaturas no se ven reflejadas en los valores de peso al nacer de los terneros, ya que no hay diferencias significativas entre los años 2015, 2019 y 2020, aunque si se ven estas diferencias tanto en los valores como relaciones entre las temperaturas de estos años.

En la figura 8 se presenta el promedio de ITH e ITH<sub>ajustado</sub> en el periodo de nacimiento de los terneros para los años analizados.

### Figura 8

*Promedio de ITH e ITH<sub>ajustado</sub> en el periodo de nacimiento de los terneros para los años analizados*



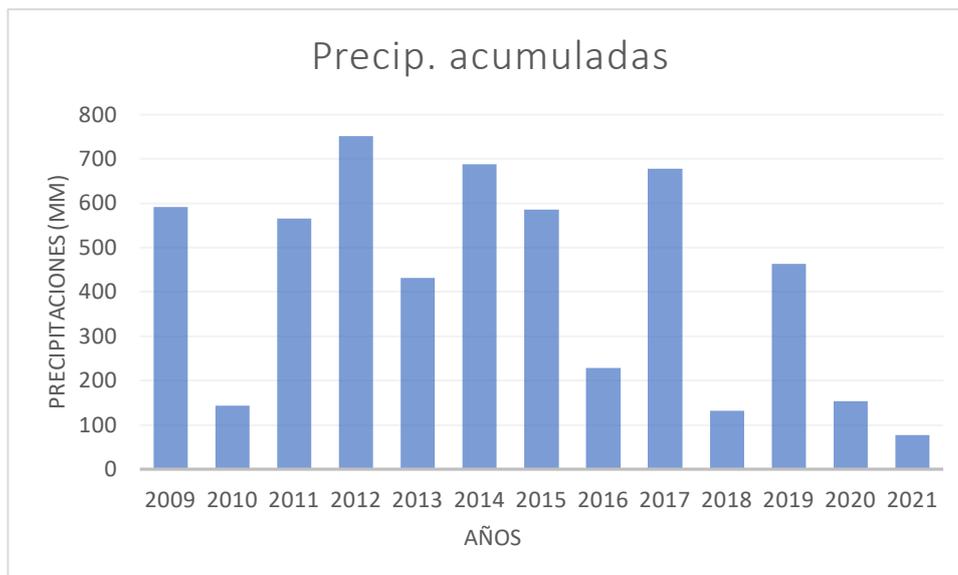
En primer lugar, se puede decir que en ningún año los datos de ITH e ITH<sub>ajustado</sub> fueron contrastante, es decir que si bien todos los años el ITH<sub>ajustado</sub> fue mayor el ITH acompañó la tendencia de este en el mismo año.

Se observan años con valores altos como en el 2012, 2014, 2016, 2019 y 2020, que el promedio del ITH<sub>ajustado</sub> está en un valor cercano al cual los animales comienzan a estar en una zona de estrés térmico. De todas formas, esto no afectó el peso al nacer, ya que no hay diferencias significativas entre años como 2013 y 2020 pero que si hay diferencias en valores de ITH e ITH<sub>ajustado</sub>.

En la figura 9 se muestran las precipitaciones acumuladas en los periodos de nacimiento de los años analizados.

**Figura 9**

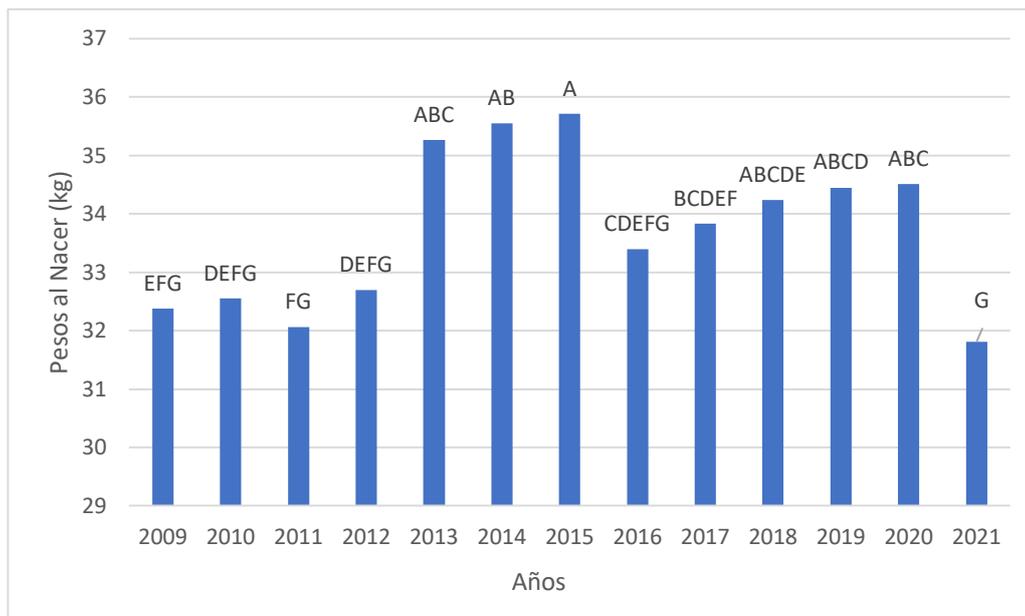
*Precipitaciones acumuladas en los periodos de nacimiento de los años analizados*



Si bien hay gran variabilidad de precipitaciones entre los años, vemos que los pesos al nacimiento más bajos están los años que hay menos precipitaciones acumuladas se puede esperar que esto se deba al efecto que tengan las precipitaciones con la producción de forraje de los campos que a un efecto directo con los animales y su peso al nacer.

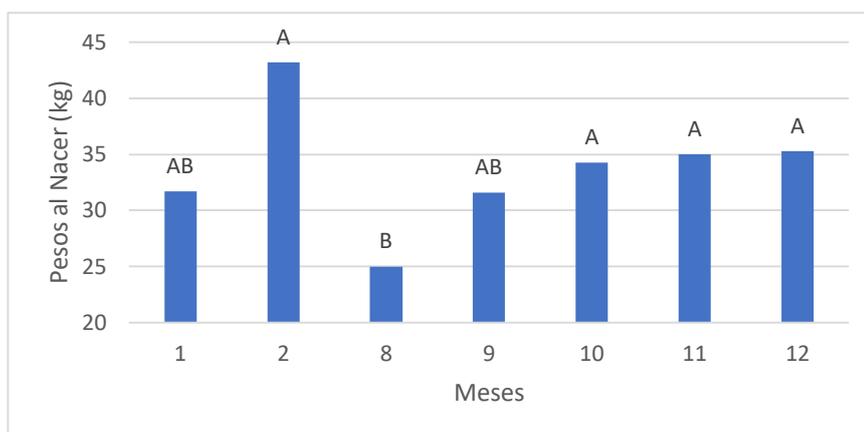
Mas aun teniendo en cuenta que en los años 2018 y 2020 las precipitaciones en el periodo de nacimiento fueron bajas, pero el peso al nacer de los terneros se mantuvo sin diferencias significativas con el año que presenta los mayores pesos al nacer. Analizando la gráfica se observa que en 2016 llovió más que en los años mencionados anteriormente, pero que en este primero el peso promedio de los terneros es significativamente menor.

En la figura 10 se presentan las medias para peso al nacer de los terneros en los diferentes años del periodo analizado.

**Figura 10***Promedio de pesos al nacer por año*

Como se observa en el cuadro para el año 2015 es donde hubo mayor peso promedio al nacer. Aunque no presenta diferencias significativas con el año 2013, 2014, 2018, 2019 ni 2020. El año que presentó menor peso promedio al nacer fue el año 2021. El que tampoco presenta diferencias significativas con el año 2009, 2010, 2011, 2012 ni 2016.

En la figura 11 se presentan las medias para peso al nacer de los terneros en los meses analizados.

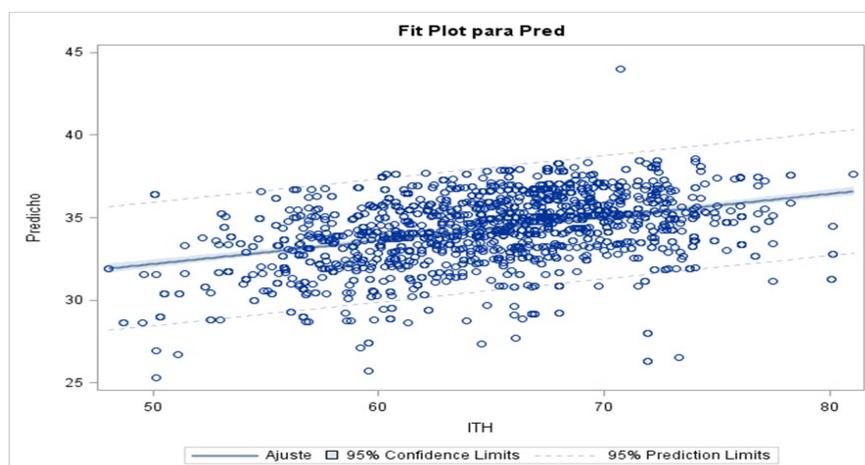
**Figura 11***Promedio de pesos al nacer por mes*

Como se puede observar hay diferencias significativas entre agosto y meses como febrero, octubre, noviembre y diciembre. Esto en parte se puede atribuir a que en este mes las temperaturas son más bajas que en el resto, con lo cual aumentan los requerimientos de mantenimiento de los animales y además está dentro del invierno, la estación del año de menos aporte de forraje de los campos. Entre agosto y enero no hubo diferencias significativas, esto se puede relacionar con que en enero es común tener mayor frecuencia de valores de ITH donde el animal se encuentre bajo estrés térmico y por ende se depriman los pesos al nacer de los terneros.

En la figura 12 se presenta la regresión lineal entre peso al nacer de los terneros y el ITH ocurrido durante el período de parición de cada año.

### Figura 12

*La regresión lineal entre peso al nacer de los terneros y el ITH ocurrido durante el periodo de parición de cada año*

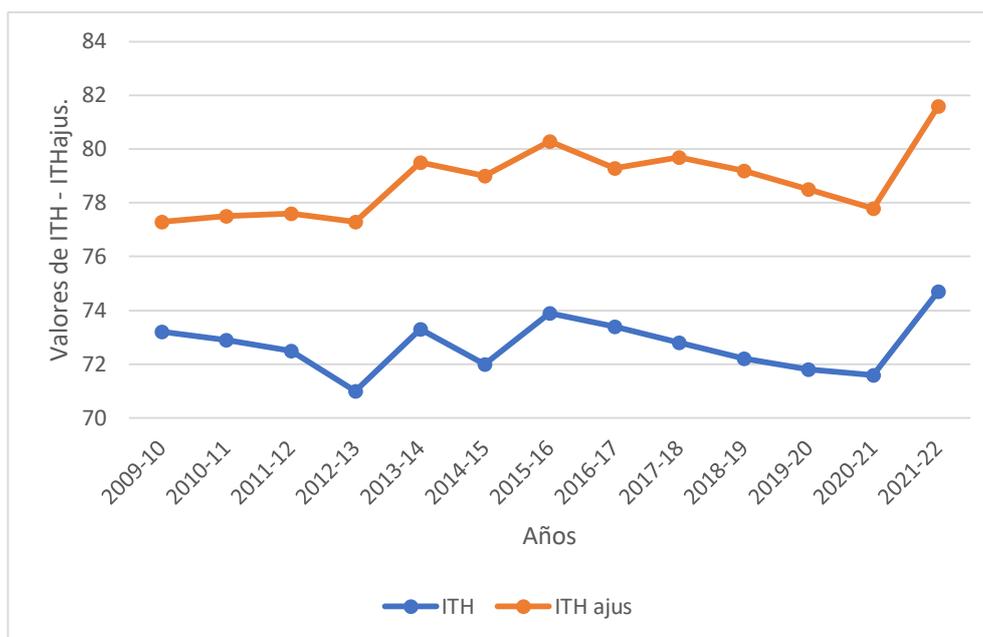


En la gráfica se observa una leve tendencia a aumentar el peso al nacer de los terneros a medida que aumenta el ITH. Por su parte, el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0,149 indica un ajuste bajo de este modelo de regresión, por lo cual son otros factores del ambiente o de la genética de los individuos que determinan el valor del peso al nacer de los terneros.

En la figura 13 se presentan los valores promedios de ITH e  $ITH_{ajus}$  para el periodo de servicios, el cual se encuentra entre los meses de diciembre, enero y febrero.

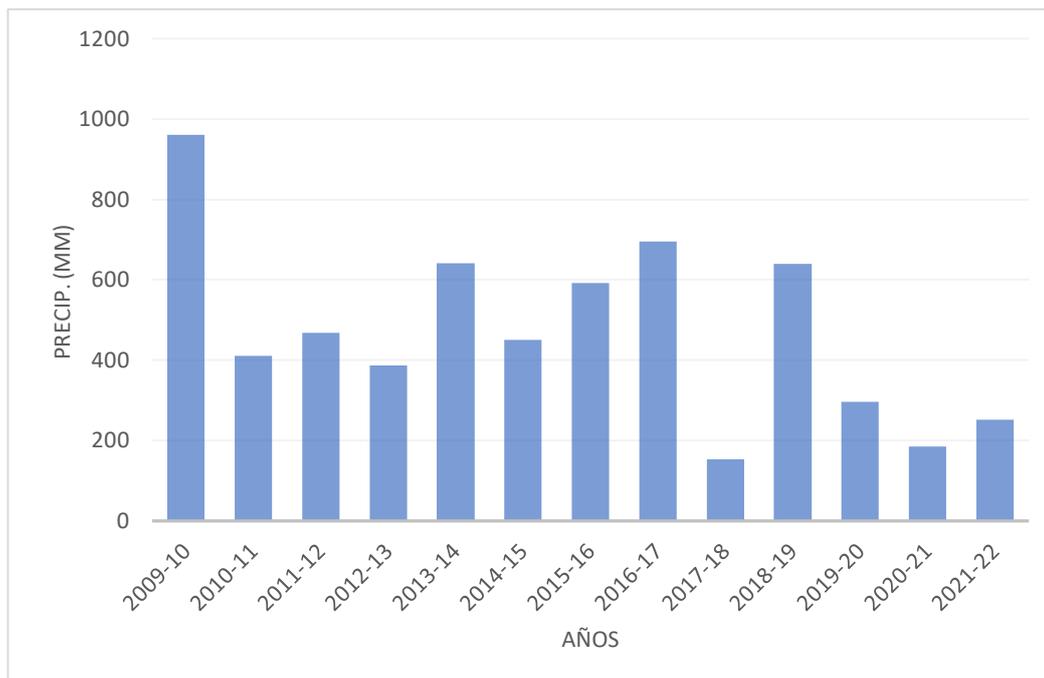
**Figura 13**

*ITH e ITH<sub>ajus</sub>. promedio para el periodo de servicios*



En dicho periodo el ITH todos los años se encontró cercano al umbral en el cual los animales comienzan a salir de su zona de confort y por ende entran en situaciones de estrés térmico. Si se analiza lo sucedido con el ITH<sub>ajus</sub> la situación empeora aún más, ya que en todos los años analizados el promedio de ITH<sub>ajus</sub> en dicho periodo estuvo muy por encima de lo que se toma como valor en el cual comienzan a haber situaciones de estrés térmico.

En la figura 14 se presentan las precipitaciones acumuladas en milímetros para el periodo en el cual se realizan los servicios (Dic-Feb).

**Figura 14***Precipitaciones acumuladas por año*

En dicha grafica se observa que hubo variación entre los distintos años analizados y se puede tomar como una información complementaria al analizar los resultados.

En tabla 2 se presenta el resultado del análisis de varianza de la variable preñez del rodeo.

**Tabla 2***Resultado del análisis de varianza de la variable preñez del rodeo*

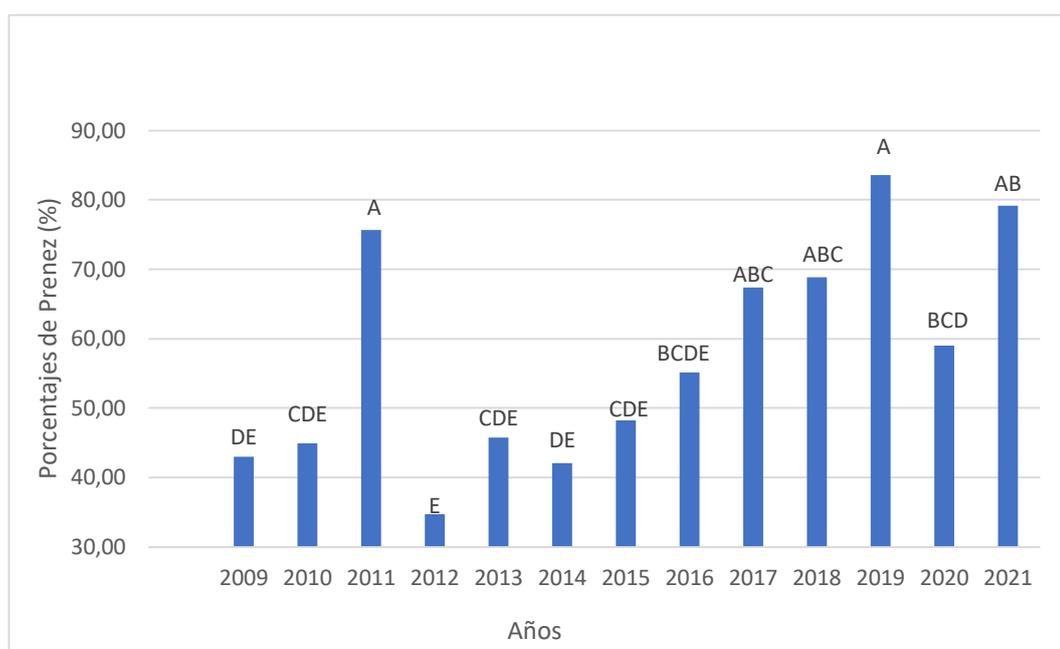
Efecto	Num DF	F-Valor	Pr > F
Año	12	8.15	<.0001
Mes	5	3.48	0.0041
Sexo	1	0.54	0.4628
ITH	1	0.16	0.6877

Como se observa en este caso no todos los efectos incluidos en el modelo presentaron significancia estadística ( $PrF < 0.05$ ). Para el caso del efecto Año y Mes si tienen efectos significativos sobre la preñez. En cambio, no se puede afirmar que los efectos del sexo de los terneros y el ITH promedio del periodo de las pariciones y los servicios son significativos para dicha variable.

En la figura 15 se presentan las medias del porcentaje de preñez de los años analizados.

### Figura 15

*Media de los porcentajes de preñez de los años analizados*



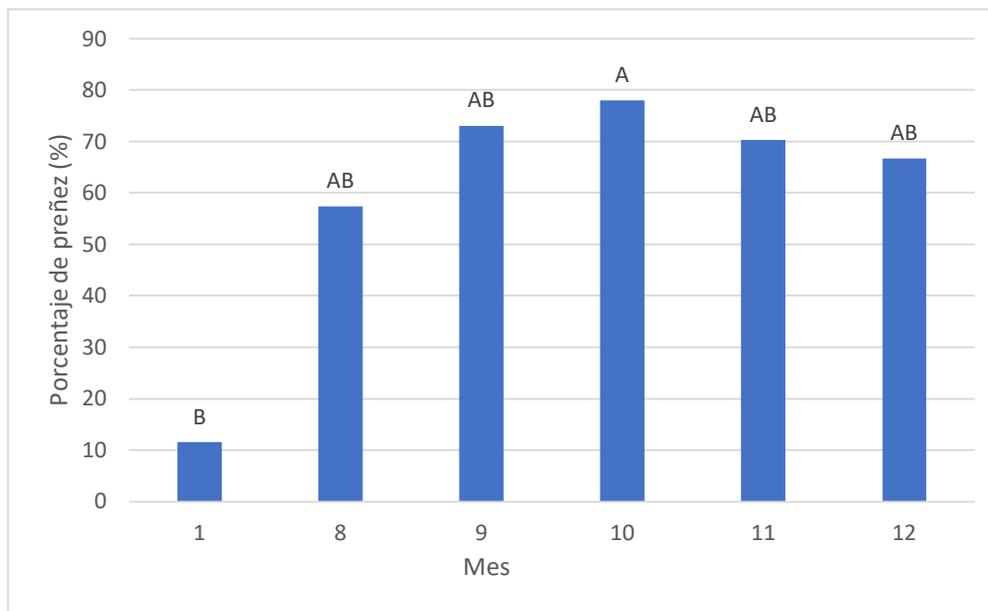
En primer lugar, cabe destacar que en la mayoría de los años los porcentajes de preñez fueron por debajo del promedio nacional, por lo que se puede decir que en general los resultados del rodeo analizados no son buenos.

Observando la figura y relacionándola con los datos de ITH e  $ITH_{ajus}$  del periodo de servicio no se encuentra una clara relación entre dichas curvas presentadas.

En la figura 16 se presentan las medias del porcentaje de preñez según el mes en que parieron las madres.

**Figura 16**

*Porcentaje de preñez según el mes de parto de las madres*

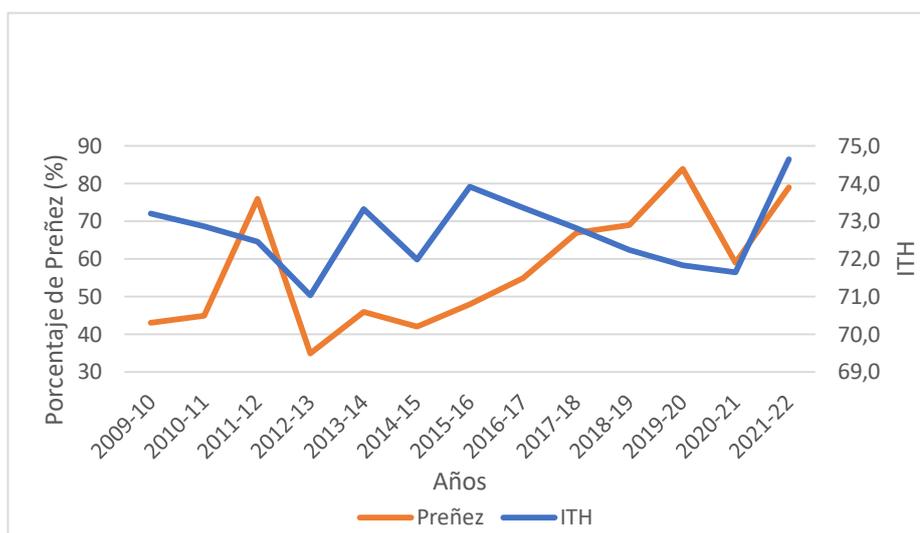


De esta grafica se puede concluir que no por tener pariciones en los meses más tempranos como por ejemplo agosto y setiembre se van a obtener mejores porcentajes en la preñez siguiente. Encontrando una leve tendencia a que con pariciones de octubre se obtengan mejores porcentajes de preñez al siguiente servicio.

En la figura 17 se muestra el ITH y el porcentaje de preñez promedio de cada año analizado.

**Figura 17**

*Porcentaje de preñez e ITH del periodo de servicio de los años analizados*



En esta gráfica se puede comparar los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de preñez con el ITH durante el periodo de servicio de los años analizados. No se puede afirmar con seguridad que estas dos variables tengan una clara relación. Ya que en años con ITH bajos no se observa una clara respuesta en el porcentaje de preñez del año siguiente.

Esto pasa con los porcentajes de 2015-16 y 2016-17, ya que en el periodo de servicio de 2014-15 se dio en condiciones de ITH menores que en el 2015-16 pero los porcentajes de preñez aumentaron de un año a otro. Aunque en otros casos si se ve una leve relación, como es el caso del ITH en 2020-21 y el porcentaje de preñez del 2021-22.

## 5. DISCUSIÓN

No se observa una clara tendencia a que haya un aumento en los valores de las variables meteorológicas ni en los índices utilizados. Las temperaturas máximas, mínimas y medias del período analizado tienen leves variaciones entre los años, pero se asemejan a los promedios históricos. En relación a las precipitaciones acumuladas hay gran variabilidad como es de esperar debido a que en el país no hay un régimen hídrico con estaciones lluviosas marcadas.

Cabe destacar que se trabajó con promedios mensuales de ITH y no se tomaron como variables de estudio las olas de calor, las cuales son frecuentes entre los meses de diciembre y febrero. De esta forma, se ven diluidos los efectos causados por las altas temperaturas, ya que a lo largo de estos meses hay días con ITH no tan altos en las horas del día y el cual baja aún más por las noches, lo que causa que los animales vuelvan a su zona de confort.

Teniendo en cuenta el nivel crítico de ITH de 72 establecido por Johnson et al. (1961) para vacas Holando en lactación bajo condiciones controladas, y comparándolo con los resultados obtenidos se puede afirmar que las vacas estuvieron siempre en su zona de confort, ya que el ITH promedio del conjunto de los meses analizados para cada año se encuentra por debajo del nivel crítico, como se observa en la figura 8. Sin embargo, si lo comparamos con los datos de ITH de los meses donde se realiza el servicio (diciembre a febrero), se observa que el ITH promedio estuvo por encima del nivel crítico en la mayoría de los años.

Observando y comparando las figuras 13 y 15, en las cuales se presentan los resultados de porcentaje de preñez e ITH, se puede concluir que si bien hay años en los que los valores de ITH durante el periodo de servicio fueron próximos al nivel crítico los porcentajes de preñez igualmente permanecieron bajos. Si bien estos resultados son afectados por otros factores del sistema, es de esperar que los efectos negativos causados por las olas de calor y picos de ITH se vean diluidos por haber utilizado promedios.

Los resultados de porcentaje de preñez no fueron satisfactorios comparados con el promedio de los rodeos comerciales de Uruguay, el cual según la DIEA (2006), el promedio en una serie de años del 1996 hasta el 2006 73,2 fue de 72,7%. Los resultados del rodeo en estudio fueron muy variables y sin mostrar

ninguna tendencia con el pasar de los años, teniendo datos mínimos de 34,7% en 2012 y de 83,6 como máximos en 2019, siendo 57,7% el promedio de los años estudiados.

Según Das et al. (2016), cuando las vacas son sometidas a situaciones de estrés térmico disminuye la duración e intensidad del estro y en ocasiones extremas hasta podrían darse celos silenciosos. Apoyándose en dicho trabajo es que se podrían explicar los bajos porcentajes de preñez en algunos años y la variabilidad de los resultados. No obstante, dicha afirmación no sería correcta ya que la variabilidad de los resultados no tiene una clara relación con los datos de ITH del año conforme presentado en la figura 17, es por eso que el ITH debe ser un factor más dentro del conjunto de factores que afectan los resultados del rodeo.

Anteriormente se presentaron los mapas con las isolíneas regionalizando al país según el ITH promedio de enero y febrero hecho por Cruz y Saravia (2008). Teniendo en cuenta que el rodeo utilizado en el trabajo se encuentra en la zona con mayor ITH establecido en dichos mapas, es de esperar que los rodeos que se encuentran más al Sur y Este del país no se vean tan afectados por el estrés térmico.

Las variaciones de peso al nacer entre años se ven afectadas por muchos factores, algunos que la pueden explicar son la disponibilidad de forraje durante el periodo de gestación, la condición corporal al parto y por la genética utilizada en el rodeo.

Analizando la figura 11 se puede observar que los pesos al nacer más bajos ocurren en las pariciones del mes de agosto. A medida que avanza la primavera hay un aumento en estos pesos, pudiendo ser explicados por la mayor oferta de forraje durante el último tercio de gestación.

Las diferencias observadas en la figura 16 se explican en parte por la disponibilidad de forraje como fue mencionado en el párrafo anterior y además por el periodo parto – concepción, en donde en partos más tardíos se acorta, afectando la preñez siguiente.

Maizels et al. (2004) señalan que frente a condiciones de ITH elevados la calidad del semen de los machos se ve afectada, ya que se producen espermatozoides infértiles, por ende es un factor importante a tener en cuenta para conseguir buenos resultados reproductivos en los rodeos, ya sea en los entores o

cuando se utilizan para los repasos de las inseminaciones artificiales. Cabe destacar que esto no lo tuvimos en cuenta en este trabajo ya que solo se realizó inseminación artificial.

Si bien el peso al nacer de los terneros y los resultados reproductivos posteriores son afectados por los factores ambientales que conforman el ITH, estos lo hacen en menor medida que otros factores.

Para realizar este trabajo se utilizaron vacas de la raza Hereford. Si tenemos en cuenta los resultados obtenidos por Batista (2016), encontramos que las vacas de la raza Hereford eran más susceptibles al estrés térmico que las de la raza Bonsmara, ya que a iguales condiciones ambientales a las vacas Hereford se les dificultaba volver a la homeotermia rápidamente, ya que tiene menor habilidad de disipar el calor y así adaptarse mejor al estrés térmico

Por esto, es de gran importancia tomar las medidas necesarias para disminuir las condiciones predisponentes del estrés térmico, con el fin de lograr mejores resultados en los índices reproductivos y logrando una ganadería más eficiente.

## 6. CONCLUSIÓN

Durante la mayor parte del periodo de pariciones no se dieron valores de ITH con los cuales los animales estuvieran bajo estrés térmico, debido a esto es que en dicho momento el peso al nacer el levemente afectado por las condiciones climáticas, siendo otros factores los que marcan las diferencias de pesos entre los años. Como por ejemplo factores ambientales que influyan en la nutrición de las vacas, la genética utilizada o la condición corporal del rodeo.

Cuando se estudió como afecta el ITH en las posteriores preñeces de las vacas se relacionó con el ITH del periodo en que se realizó el servicio. En ese momento se encuentra que hay más efecto de los factores climáticos sobre los resultados reproductivos, aunque de todas formas la correlación sigue siendo poca y hay que considerar otros factores como ya antes se mencionó.

Cabe destacar que en este experimento se trabajó con promedios diarios. Si se relacionaran dichos resultados con los valores de ITH de las horas cercanas al medio día se podrían ajustar mejor los datos. También analizar los animales que paren o se preñan en periodos que hay olas de calor. Dichas variables se podrían analizar en futuros experimentos y así poder tomar medidas más efectivas.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

- 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.
- Bartaburu, D., Morales, H., Dieguez, F., Lizarralde, C., Quiñones, A., Pereira, M., Molina, C., Montes, E., Modernel, P., Taks, J., De Torres, F., Cobas, P., Mondelli, M., Terra, R., Cruz, G., Astigarraga, L., & Picasso, V. (2013). *Clima de cambios: Nuevos desafíos de adaptación en Uruguay: Vol. III. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la ganadería frente al cambio climático*. FAO; MGAP.
- Batista, P. A. (2016). *Expresión de características de adaptación, crecimiento y comportamiento en la cruce Bosmara-Hereford en sistemas pastoriles del Uruguay* [Tesis de maestría]. Universidad de la Republica.
- Bhakat, K., Mantha, A., & Mitra, S. (2009). Transcriptional regulatory functions of mammalian AP-endonuclease (APE1/Ref-1), an essential multifunctional protein. *Antioxidants & Redox Signaling*, 11(3), 621-637.
- Bouraoui, R., Lahmar, M., Majdoub, A., Djemali, M., & Belyea, R. (2002). The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Animal Research*, 51(6), 479-491.
- Cruz, G., & Saravia, C. (2008). Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 12(1), 56-60.
- 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. *Veterinary World*, 9(3), 260-268
- Dickerson, G. E. (1978). Animal size and efficiency: Basic concepts. *Animal Production*, 27(3), 367-379.
- Jadán Piedra, C. A. (2017). *Estrategias dietéticas para disminuir la biodisponibilidad de mercurio desde alimentos* [Disertación doctoral]. Universitat Politècnica de València.

- Johnson, H. D., Kibler, H. H., Ragsdale, A. C., Berry, I. L., & Shanklin, M. D. (1961). Role of heat tolerance and production level in responses of lactating Holsteins to various temperature-humidity conditions. *Journal of Dairy Science*, *44*, 1191.
- Maizels, R., Balic, A., Gómez-Escobar, N., Nair, M., Taylor, M. D., & Allen, J. E. (2004). Helminth parasites: Masters of regulation. *Immunological Reviews*, *201*(1), 89-116.
- Marai, I., El-Darawany, A., Fadiel, A., & Abdel-Hafez, M. (2007). Physiological traits as affected by heat stress in sheep. *Small Ruminant Research*, *71*(1-3), 1-12.
- Methol, M. (2012). Maíz y sorgo: Situación y perspectivas. En *Anuario OPYPA 2012* (pp. 137-148). MGAP.  
<http://www2.mgap.gub.uy/OpypaPublicaciones/ANUARIOS/Anuario2012/material/pdf/11.pdf>
- Nienaber, J. A., & Hahn, G. L. (2007). Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal of Biometeorology*, *52*, 149-157.
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2006). *Boletín informativo: Encuesta de preñez: Ganadería vacuna de carne: Año 2006*. MGAP.  
[https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/te242\\_encuestadepre25c325b1ez\\_2006\\_2.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/te242_encuestadepre25c325b1ez_2006_2.pdf)
- Oyanthçabal, W. (2009). Tomando conciencia del cambio climático. *Revista Plan Agropecuario*, (129), 12-13.  
[http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R129/R\\_129\\_1\\_2.pdf](http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R129/R_129_1_2.pdf)
- Roca Cedeño, A. (2011). Efecto del estrés calórico en el bienestar animal: Una revisión en tiempo de cambio climático. *Revista Espamciencia*, *2*(1), 15-25.  
[http://revistasepam.esпам.edu.ec/index.php/Revista\\_ESPAMCIENCIA/article/view/39](http://revistasepam.esпам.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/39)

- Saravia, C., & Cruz, G. (2003). *Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal*. Facultad de Agronomía.
- Stahringer, R. (2006). *La condición corporal en el manejo del rodeo de cría*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria\\_condicion\\_corporal/17-manejo.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/17-manejo.pdf)
- Temple, D., Bargo, F., Minau, E., Ipharraguerre, I., & Manteca, X. (2015). *Efecto del estrés por calor en la producción de las vacas de leche: Una visión práctica*. FAWEC. [http://www.fawec.org/media/com\\_lazypdf/pdf/fs12-es.pdf](http://www.fawec.org/media/com_lazypdf/pdf/fs12-es.pdf)
- Unidad de Agroclima y Sistemas de información. (s.f.). *Termoestrés bovinos: Manual de ayuda*. INIA. [http://www.inia.uy/Documentos/Privados/GRAS/Sistemas-informacion-teledeteccion/Manual\\_INIA%20Termoestres.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/Privados/GRAS/Sistemas-informacion-teledeteccion/Manual_INIA%20Termoestres.pdf)
- Wankhade, P. R., Manimaran, A., Kumaresan, A., Jeyakumar, S., Ramesha, K. P., Sejian, V., Rajendran, D., & Varghese, M. R. (2017). Metabolic and immunological changes in transition dairy cows. *Veterinary World*, 10(11), 1367-1377. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1367-1377>
- Wolfenson, D., & Roth, Z. (2019). Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. *Animal Frontiers*, 9(1), 32-38.