

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**EFFECTO DEL ACCESO A SOMBRA ARTIFICIAL DURANTE EL PERIODO SECO
SOBRE EL DESEMPEÑO DE VACAS HOLSTEIN**

“Por”

**Gabriela Andrea MEDINA GRAJALES
Ana Vanesa RAGGIO COLO**

**TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias
Orientación: Producción Animal**

MODALIDAD: Ensayo experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2017**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

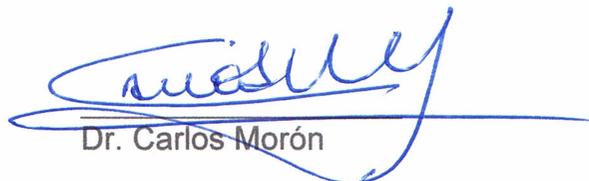
Presidente de mesa:


Dra. Stella Huertas

Segundo miembro:


Ing. Agr. Alejandro La Manna

Tercer miembro:


Dr. Carlos Morón

Cuarto miembro


Dra. Elena De Torres

Fecha:

21 de Diciembre de 2017

Autores:


Gabriela Medina

AGRADECIMIENTOS

En especial a nuestras familias por su apoyo incondicional en el transcurso de la carrera.

Ing Agr. Lorena Román por su dedicación, apoyo y motivación siendo muy importante durante la realización de este trabajo.

A tutor Ing. Agr. Alejandro La Manna y co-tutor Dra. Elena De Torres por su excelente disposición e invaluable apoyo y orientación en el transcurso de esta tesis.

A INIA La Estanzuela por abrirnos las puertas, por ayudarnos en el ensayo experimental de la tesis y al personal de la unidad de Lechería por todo el apoyo en las tareas de campo.

A la Dra. Georget Banchemo por su aporte y colaboración en el transcurso del ensayo.

A Luciana Janavel por su colaboración en la búsqueda bibliográfica.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE ABREVIATURAS.....	8
1. RESUMEN.....	9
SUMMARY.....	10
2. INTRODUCCIÓN.....	11
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 PERIODO SECO.....	13
3.1.1 Gestación, desarrollo fetal y parto.....	13
3.1.2 Glándula mamaria.....	13
3.1.3 Condición corporal.....	14
3.1.4 Frecuencia respiratoria.....	14
3.1.5 Temperatura corporal.....	14
3.1.6 Transición.....	15
3.2 ESTRÉS CALÓRICO.....	15
3.3 ELEMENTOS DEL CLIMA QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN.....	15
3.3.1 Temperatura del aire.....	15
3.3.2 Velocidad del viento.....	16
3.3.3 Radiación.....	16
3.3.4 Humedad relativa.....	16
3.4 CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE.....	16
3.4.1 Índice de Temperatura y Humedad.....	16
3.4.2 Esferas de Vernon.....	18
3.5 INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE LOS ANIMALES Y SU AMBIENTE.....	18
3.6 ZONA DE CONFORT TÉRMICO.....	19
3.6.1 ¿Cómo afecta el estrés térmico al animal sin importar la etapa de lactancia que se encuentre?.....	20
3.6.2 Variables fisiológicas.....	20
3.6.3 Comportamiento.....	21
3.6.4 A nivel de producción de leche.....	21
3.6.5 A nivel de periodo seco.....	21
3.7 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO Y RESPUESTA ANIMAL.....	21
3.7.1 Manejo nutricional.....	22
3.7.2 Utilización de biotipos resistentes.....	23
4. HIPÓTESIS.....	26
5. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	27
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
6.1 CARACTERÍSTICAS DEL PREDIO A ESTUDIAR Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	28
6.2 CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO.....	28
6.3 DETERMINACIONES EN LOS ANIMALES.....	28

6.3.1	Peso vivo y condición corporal.....	29
6.3.2	Fisiológicas.....	29
6.3.3	Consumo.....	29
6.3.4	Variables al parto.....	29
6.4	DETERMINACIONES EN LOS ALIMENTOS.....	29
6.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
7.	RESULTADOS.....	31
7.1	CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO.....	31
7.2	DETERMINACIONES EN LOS ANIMALES.....	31
7.2.1	Peso vivo y condición corporal.....	31
7.2.2	Fisiológicas.....	32
7.2.3	Consumo.....	35
7.2.4	Variables al parto.....	36
8.	DISCUSIÓN.....	38
9.	CONCLUSIÓN.....	41
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	42

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Condición corporal en bovinos.....	14
Tabla 2: Frecuencia respiratoria, en bovinos.....	14
Tabla3: Temperatura corporal, en bovinos.....	15
Tabla 4: Ingredientes y composición química de la dieta.....	28
Tabla 5: Promedios de los registros meteorológicos (diarios): temperatura del aire máximo (T máx, °C), mínima (T min, °C), y media (T med, °C), humedad relativa (HR, %) e índice de temperatura y humedad en el período de estudio.....	31
Tabla 6. Frecuencias respiratorias (7:00, 13:30 y 17:00 hrs) promedio según tratamiento.....	32
Tabla 7: Temperaturas rectales (7:00 y 17:00 hrs) según tratamiento.....	34
Tabla 8: Consumo promedio de RTM y agua en los dos periodos en ambos tratamientos.....	35
Tabla 9: Promedio de las variables al parto de la vaca y el ternero.....	36
Tabla 10: Valores promedios de cantidad y calidad del primer calostro en los dos tratamientos.....	37

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1: Índice de Temperatura y Humedad ambiental (ITH) y zonas de confort para vacas lecheras (A: sin estrés, B: estrés medio, C: estrés severo, D: estrés muy severo, E: riesgo de muerte). Adaptado de(Wiersama2005).....	16
Figura 2: Variación espacial del Índice de Temperatura-Humedad en enero para diferentes regiones de Uruguay (Serie histórica 1961-1990) (Saravia y Cruz, 2009).....	17
Figura 3: Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia del animal (adaptado de Bianca, 1972)	19
Figura 4: Evolución de las temperaturas máximas, mínimas y medias diarias durante el período experimental.....	31
Figura 5: Evolución del peso vivo (Kg) de los animales en los dos tratamientos (SOM y SOL) según las semanas previas al parto.....	32
Figura 6: Evolución de la condición corporal (escala de 1 a 5) de los animales en los dos tratamientos (SOM y SOL) durante el período experimental.....	32
Figura 7: Frecuencia respiratoria a las 7:00 hrs según los días previos al parto.....	33
Figura 8: Frecuencia respiratoria a las 13:30 hrs según día pre parto.....	33
Figura 9: Frecuencia respiratoria a las 17:00 hrs según día pre parto.....	34
Figura 10: Temperatura rectal en la tarde según día pre parto.....	35
Figura 11: Consumo de RTM registrada en dos períodos durante el ensayo experimental.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS:

C Cenizas
CC Condición corporal
CDA Consumo de agua
CMS Consumo materia seca
ENI Energía neta de lactación
EE Extracto Etéreo
FDA Fibra Detergente Ácida
FDN Fibra Detergente Neutro
FR Frecuencia respiratoria
HR Humedad relativa
Hrs Horas
INIA Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
ITH Índice de temperatura y humedad
LCG Leche corregida por grasa
MS Materia seca
NEFA Ácidos grasos no esterificados
PC Proteína cruda
PRL Prolactina
PV Peso vivo
r.p.m respiraciones por minuto
RTM Ración totalmente mezclada
SOL Sol
SOM Sombra
T máx. Temperatura del aire máxima
T min. Temperatura del aire mínimo
TR Temperatura rectal

1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del acceso a la sombra artificial durante el período seco sobre variables fisiológicas y productivas de vacas Holstein. El ensayo se realizó en la Estación Experimental de INIA, "La Estanzuela", Colonia, Uruguay desde el 28 de diciembre de 2013 al 08 de marzo de 2014. Se asignaron 24 vacas multíparas gestantes con fecha de parto promedio 28 de febrero (± 5.3), a dos tratamientos: con ($n=12$) y sin ($n=12$) acceso a sombra artificial durante el período seco (60 ± 5.5). Se caracterizó el ambiente térmico del período experimental con los registros de temperatura, humedad relativa (HR) e Índice de temperatura y humedad (ITH) de la estación meteorológica. Durante el período seco se registró en los animales temperatura rectal (TR) (07:00 y 17:00 hrs), frecuencia respiratoria (FR) (07:00, 13:30 y 17:00 hrs), condición corporal (CC), peso vivo (PV), consumo de ración totalmente mezclada (RTM) y de agua. Al momento del parto se determinaron peso vivo del ternero, el peso vivo y condición corporal en las madres, calidad del primer calostro, peso de la placenta y el peso de los cotiledones. La temperatura del aire promedio, máxima y mínima, la humedad relativa y el ITH fueron de 22.7 ± 3.49 °C, 27.9 ± 4.39 °C, 18.1 ± 4.39 °C, 75.1 ± 12 % y 70.7 ± 4.9 , respectivamente. La frecuencia respiratoria a las 13:30 y 17:00 hrs fue superior en el tratamiento SOL que en la SOM ($P < 0.0001$ y 0.0441 , respectivamente) indicando condición de estrés en los animales y no fueron diferentes entre tratamientos ($P = 0.8136$ $P = 0.1562$), se ubicaron en el rango de normotermia. El peso vivo y la condición corporal de las vacas no fueron afectadas por el tratamiento en el que se encontraban ($P = 0.176$ y 0.6344 , respectivamente). El tratamiento SOL presenta menor consumo de RTM ($p < 0.0001$) que el tratamiento SOM. La interacción tratamiento \times día fue significativa ($p = 0.0278$) y se observó un descenso de consumo de RTM en el tratamiento SOL entre el período 1 y el 2. No se observaron diferencias entre tratamientos en el período 1 mientras que en el período 2 sí, el tratamiento SOL consumió 0.7765 menos que el tratamiento SOM.

En el consumo de agua no se observó diferencias significativas en el tratamiento \times período ($p = 0.2949$).

No se observaron diferencias significativas en las variables al parto y en la cantidad y calidad del primer calostro para los dos tratamientos.

Palabras clave: Sombra; Estrés térmico; Período seco.

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the effect of access to artificial shade during the dry period on physiological and productive variables of Holstein cows. The trial was conducted at the INIA Experiment Station, "La Estanzuela", Colonia, Uruguay from December 28, 2013 to March 8, 2014. Twenty-four pregnant multiparous cows with average birth date on February 28 (± 5.3) were assigned to two treatments: with ($n = 12$, Shade) and without ($n = 12$, Sun) access to artificial shade during the dry period (60 ± 5.5). The thermal environment of the experimental period was characterized with records of temperature, relative humidity (RH) and the Temperature Humidity Index (THI) from the meteorological station. During the dry period, rectal temperature (RT) (07:00 and 17:00 hours), respiratory frequency (RF) (07:00, 13:30 and 17:00 hours), body condition score (BCS), live weight (LW), consumption of total mixed ration (TMR) and water were recorded. At the time of calving, live weight of the calf, live weight and body condition in the cow, quality of the first colostrum, weight of the placenta and the weight of the cotyledons were determined. The average, maximum and minimum air temperature, relative humidity and THI were 22.7 ± 3.49 ° C, 27.9 ± 4.39 ° C, 18.1 ± 4.39 ° C, $75.1 \pm 12\%$ and 70.7 ± 4.9 , respectively. The respiratory frequency at 13:30 and 17:00 hours was higher in the sun treatment than in the shade ($P < 0.0001$ and 0.0441 , respectively) indicating stress in the animals was not different between treatments ($P = 0.8136$ $P = 0.1562$), and were within the range of normothermia. The LW and BCS of the cows were not affected by the treatment ($P = 0.176$ and 0.6344 , respectively). The Sun treatment had lower consumption of TMR ($p < 0.0001$) than the shade treatment. The treatment \times day interaction was significant ($p = 0.0278$) and there was a decrease in TMR consumption in the sun treatment between period 1 and 2. No differences were found between treatments in period 1, while in period 2 it was found that, the SUN treatment consumed 0.7765 less than the shaded treatment. In the water consumption, no significant differences were observed in the treatment \times period ($p = 0.2949$).

No significant differences were observed in the variables at calving and in the quantity and quality of the first colostrum for the two treatments.

Key words: Shadow; Thermal stress; Dry period.

2. INTRODUCCIÓN

La producción lechera del país predominante se realiza en sistemas pastoriles a cielo abierto, lo que hace que los animales se encuentren en contacto directo con el medio, el que influye de forma continua sobre las características fisiológicas y productividad animal. Los ruminantes son animales homeotermos, y deben mantener la temperatura del cuerpo dentro de un estrecho margen, en un medio donde la temperatura puede variar ampliamente (Cannon, citado por Hafez, 1972). Cuando esto no ocurre el animal se estresa y se observan pérdidas productivas (Spiers, 2012). Si el estrés es muy severo u ocurre por períodos de tiempo muy prolongados, se observa una disminución de la productividad, y efectos negativos sobre diferentes órganos y mecanismos fisiológicos. Se producen cambios a nivel de la tasa respiratoria, cardíaca, vasodilatación periférica, consumo de materia seca y agua; así como cambios comportamentales y produciendo efectos sobre el balance energético. Estos cambios en el organismo, alteran el sistema inmunitario. Un organismo estresado es más vulnerable desde el punto de vista sanitario (del Campo, 2012). Además, se observan impactos a nivel productivo, en animales lactando, se ha observado pérdidas de producción de leche (Román y col., 2014) y mermas en la eficiencia reproductiva (Jordan, 2003). Los efectos del ambiente térmico durante el período seco, se han estudiado en el ámbito internacional, pero tanto a nivel nacional como regional son escasos. El periodo seco es de gran importancia, pues ocurre la reconstrucción de la glándula mamaria y reemplazo de las células epiteliales dañadas (Capuco y col., 1997). Se ha observado que la ausencia de periodo seco afecta el desempeño productivo durante la siguiente lactancia (Bachman y Shairer, 2003). Durante este periodo se da un aumento de los requerimientos energéticos de gestación asociado al crecimiento del feto (Bauman y Currie, 1980), en conjunto con una disminución del consumo voluntario (Mujika, 2014) y por tanto un efecto sobre el balance energético que se vuelve negativo cerca del parto (Grummer y col., 2004). Además se ha observado que durante el periodo de transición (2 semanas preparto a 2 semanas postparto) se da una disminución de la inmunidad (Mallard y col., 1998). El inadecuado manejo de este periodo trae aparejado aumento de incidencia del anestro posparto, aumento de ácidos grasos no esterificados en sangre lo cual lleva a alterar el desarrollo de ubre y la placenta y además la producción de leche (Campos y Jaramillo, 2008). Una de las variables a controlar es la CC al secado, siendo recomendable que se encuentre entre 3.5 o 4 puntos. Esta CC se debería mantener durante todo el periodo seco y llegar a su siguiente lactancia con la misma (Meikle y col., 2001). Los trabajos a nivel internacional muestran: aumentos en la TR y FR (Avendaño y col., 2007); (Karimi y col., 2015), disminución en el consumo de materia seca (CMS) preparto (Nardone y col., 1997; Tao y col., 2011) y CC, menor concentración de inmunoglobulinas en calostro (Nardone y col., 1997) y disminución de peso al nacimiento de los terneros (Tao y col., 2011; Collier y col., 2012).

Tres estrategias han sido sugeridas por (Beede y Collier, 1986) para tratar de reducir los efectos del estrés calórico en ganado lechero: 1) el desarrollo genético de razas más tolerantes al calor, 2) manejo nutricional, y 3) modificaciones ambientales como sistemas de refrigeración con aspersores y ventiladores (Karimi y col., 2015), utilización de sombra (Collier y col., 2012). En otras regiones los sistemas de producción son realizados en forma estabulada bajo techo por lo que los cambios

ambientales para disminuir el estrés por calor se basan en la implementación de sistemas de refrigeración, mientras que para nuestros sistemas de producción que son a cielo abierto se busca disminuirlo con la utilización de sombra artificial.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 PERIODO SECO

El periodo alrededor del parto es muy dinámico y está relacionado con cambios endocrinos y metabólicos que ocurren en la vaca, en el feto en desarrollo, durante el parto la lactación y el restablecimiento de la función reproductiva posparto.

Al final de este periodo el consumo de alimento se ve disminuido, ya que el feto y anexos crecen violentamente y ocupan el espacio digestivo del rumen en la cavidad abdominal. (Garmendia, 2005)

3.1.1 Gestación, desarrollo fetal y parto.

La gestación en bovinos es de 283 días. Comprende desde la ovulación hasta la expulsión del feto. Una vez realizada la implantación se desarrolla la placenta. La cual tiene la característica en esta especie de ser epiteliocorial según sus capas histológicas, y cotiledoniana según la implantación de las vellosidades coriónicas.

El desarrollo fetal se caracteriza por el crecimiento del feto. Inicialmente el feto incrementa su longitud de manera más rápida que lo que incrementa su peso. A partir del tercer trimestre de la gestación, la longitud se incrementa de manera más lenta y se aumenta la proporción con que aumenta el peso del feto. Esto se debe a que solo a partir de primer semestre se comienza a depositar mayor cantidad de calcio en los huesos, aumenta la masa muscular y aumenta la deposición de tejido adiposo. Debido a esto, los requerimientos energéticos del feto aumentan hacia el tercer trimestre de la gestación. (Lenis y col., 2014).

El parto constituye el momento culminante de la gestación. En el bovino luego de un tiempo cercano a los 283 ± 5 días, el feto está totalmente maduro y debe ser expulsado de la cavidad uterina, con el fin de que complete su desarrollo extrauterino. El parto se inicia por una cadena creciente de señales hipotalámicas iniciadas por el feto, el cual produce pequeñas cantidades de cortisol, el cual a su vez, constituye un retroalimentador positivo para que el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal de la madre produzca crecientes cantidades de cortisol, cuya suma de los niveles maternos y fetales son el mecanismo que desencadena el parto. Una vez que se elevan los niveles de cortisol, se producen una serie de cambios hormonales que se traducen en contractibilidad de la pared uterina (acción propiciada por la oxitocina y la prostaglandina F2 alfa), contracción marcada, rítmica y profunda de la pared abdominal que proporciona la fuerza necesaria para la expulsión del feto, la cual es ayudada, por los estrógenos, la fuerza mecánica de los líquidos fetales y obstétrica generada por el feto.

Los altos niveles de cortisol, si bien son necesarios para el parto, constituyen a mediano plazo un severo obstáculo para una inmediata recuperación de la homeostasis y de la involución uterina. Es posible que muchos de los factores asociados a peri-parto sean causados por los altos niveles del corticoide "cortisol", hormona del parto y del estrés (Campos y Jaramillo, 2008).

3.1.2 Glándula mamaria.

Durante la gestación alcanza su máximo desarrollo, está condicionado por la acción de las hormonas fundamentalmente prolactina (PRL), hormona de crecimiento (GH) y adenocorticotropa. Durante los primeros 4 meses de gestación se produce una expansión considerable del sistema de conductos, luego se produce la formación de

tejido alveolar por las altas concentraciones de progesterona. Las adenohipofisarias, la PRL estimula el desarrollo de los epitelios lóbulo alveolar a pesar de tener concentraciones basales durante la mayor parte de la gestación.

La GH interviene en el crecimiento de los conductos y la adenocorticotropa a través de los glucocorticoides estimula el crecimiento mamario en general. (Prieto Osejo, 1995).

3.1.3 Condición corporal

La CC es básicamente una medida para estimar la cantidad de tejido graso subcutáneo en ciertos puntos anatómicos, o el grado de pérdida de masa muscular en el caso de vacas flacas con muy poca grasa. Por lo tanto, es un indicador del estado nutricional de la vaca. Vacas secas necesitan suficientes reservas corporales para soportar la lactación y la producción de leche. Sin embargo, observaciones repetitivas demuestran que vacas secas excesivamente grasosas deben perder CC y para ello bajar su CMS. En adición, vacas grasosas tienen mayor riesgo de presentar problemas metabólicos después del parto. Una CC razonable al parto debería ser aquella que provea las reservas suficientes para el parto y la lactación. Una CC óptima en vacas secas debe ser de 3.0 a máximo 3.75, el riesgo de problemas posparto puede ser abolido cuando las vacas tienen una CC de 3.25 a 3.50. CC baja en el período seco está asociada con incrementos en distocias. (López, 2006).

Tabla 1 Condición corporal objetivo y rango aceptable en diferentes momentos fisiológicos

Momento fisiológico	Condición corporal objetivo	Rango aceptable
Parto	3.50	3.25 a 3.75
Lactancia temprana	2.75	2.50 a 3.00
Lactancia media	3.00	2.75 a 3.25
Lactancia tardía	3.25	3.00 a 3.50
Periodo de secado	3.50	3.25 a 3.50

(Grigera y Bargo, 2005).

3.1.4 Frecuencia respiratoria

La respiración es el intercambio gaseoso entre un organismo vivo y el medio ambiente. Es regulada por el centro respiratorio, constituido por el centro inspiratorio y espiratorio en la médula y el centro neumotáxico en la protuberancia anular. La FR se expresa por el número de movimientos respiratorios por minuto (Tabla 2). En los bovinos sanos, el tipo respiratorio es costo-abdominal, o sea, que las paredes torácicas y abdominales intervienen igualmente en los movimientos de la respiración.

Tabla 2: Frecuencia respiratoria, en bovinos

Etapa productiva	Mínima	Media	Máxima
Adultos	10	23	30
Terneros	15	30	40

3.1.5 Temperatura corporal

Los animales homotermos mantienen su temperatura interna gracias al centro termorregulador ubicado en el hipotálamo anterior. El metabolismo produce calor y la conservación o eliminación del calor se lleva a cabo mediante los sistemas cardiovascular y respiratorio.

La temperatura corporal dependerá del equilibrio que exista entre la ganancia y pérdida de calor. (Ramirez Benavidez, 2005).

Tabla3: Temperatura corporal, en bovinos

Etapas productivas	Mínima	Media	Máxima
Adultos	37.7 °C	38.5 °C	39.0 °C
Terneros	38.5 °C	39.0 °C	39.5 °C

3.1.6 Transición

El periodo de transición es considerado como aquel periodo que transcurre desde tres semanas antes del parto hasta tres o cuatro semanas luego del parto siendo un periodo caracterizado por modificaciones dramáticas en el estado endócrino de las vacas que las preparan para el parto y la lactogénesis a importancia de este periodo reside en el hecho de que en él se define en buena medida el futuro productivo, reproductivo, metabólico y sanitario del animal. (Correa citado por Campos y Jaramillo, 2008).

3.2 ESTÉS CALÓRICO

Estrés es un término que se utiliza para indicar una condición adversa al bienestar que se enfrenta el animal. El origen de esta condición puede ser climático, nutricional, fisiológico, social o una combinación de los anteriores. Por lo que las condiciones de estrés son desfavorables por lo tanto son indeseadas (Hafez, 1972). Se considera al estrés por calor uno de los tópicos de mayor interés relacionado con el bienestar animal. (Gallardo y Valtorta 2011).

Cannon, (citado por Hafez1972) definió homeostasis como la capacidad del cuerpo para mantener condiciones constantes o status de todo el cuerpo (peso corporal, presión sanguínea, temperatura interna, etc.) que se opone a las influencias externas que alteran constantemente el ambiente. Los animales homeotermos, como en este caso, son los que tienen la capacidad de controlar dentro de un estrecho margen la temperatura del cuerpo en un medio donde la temperatura puede variar ampliamente.

3.3 ELEMENTOS DEL CLIMA QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN

3.3.1 Temperatura del aire

Es importante conocer la temperatura a la que se expone el ganado ya que éste factor es fundamental para determinar las condiciones de confort o estrés calórico (Gallardo y Valtorta 2011).

La alimentación, la ingesta de energía y el tiempo en que se alimentan los animales tienen un efecto sobre la TR, la FR y el rango de consumo de oxígeno (Brosh y col., 1998). La temperatura por la mañana es un mecanismo fisiológico que usan los animales para preparar la carga de calor que se va desarrollando durante el transcurso del día. Un cuerpo con baja temperatura por la mañana es un mecanismo fisiológico que utilizan los animales para preparar su cuerpo para el incremento del

calor durante el día. La FR y la TR se afectan por la radiación solar cuando la temperatura aumenta en el transcurso del día, y con esto un gasto de energía (Brosh y col., 1998).

3.3.2 Velocidad del viento

Este factor afecta el ritmo de intercambio de calor entre el animal y el medio que lo rodea, éste efecto dependerá de la temperatura del aire (Gallardo y Valtorta, 2011).

3.3.3 Radiación

La radiación solar, directa e indirecta, que llega a la tierra en parte es absorbida y otra parte es reflejada. La radiación de onda corta y larga tiene gran impacto en la carga total de calor, ya que la energía absorbida se transforma en calor. Este puede ser re irradiado o transferido por convección, conducción, advección y evaporación (Gallardo y Valtorta, 2011).

3.3.4 Humedad relativa

Si la humedad es elevada la evaporación es lenta, reduciéndose la pérdida de calor hacia el exterior, y por consiguiente alterando el equilibrio térmico (Hafez, 1972). La tasa de evaporación depende del gradiente de presión de vapor que existe entre el animal y el medio (Arias y col., 2008).

3.4 CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE

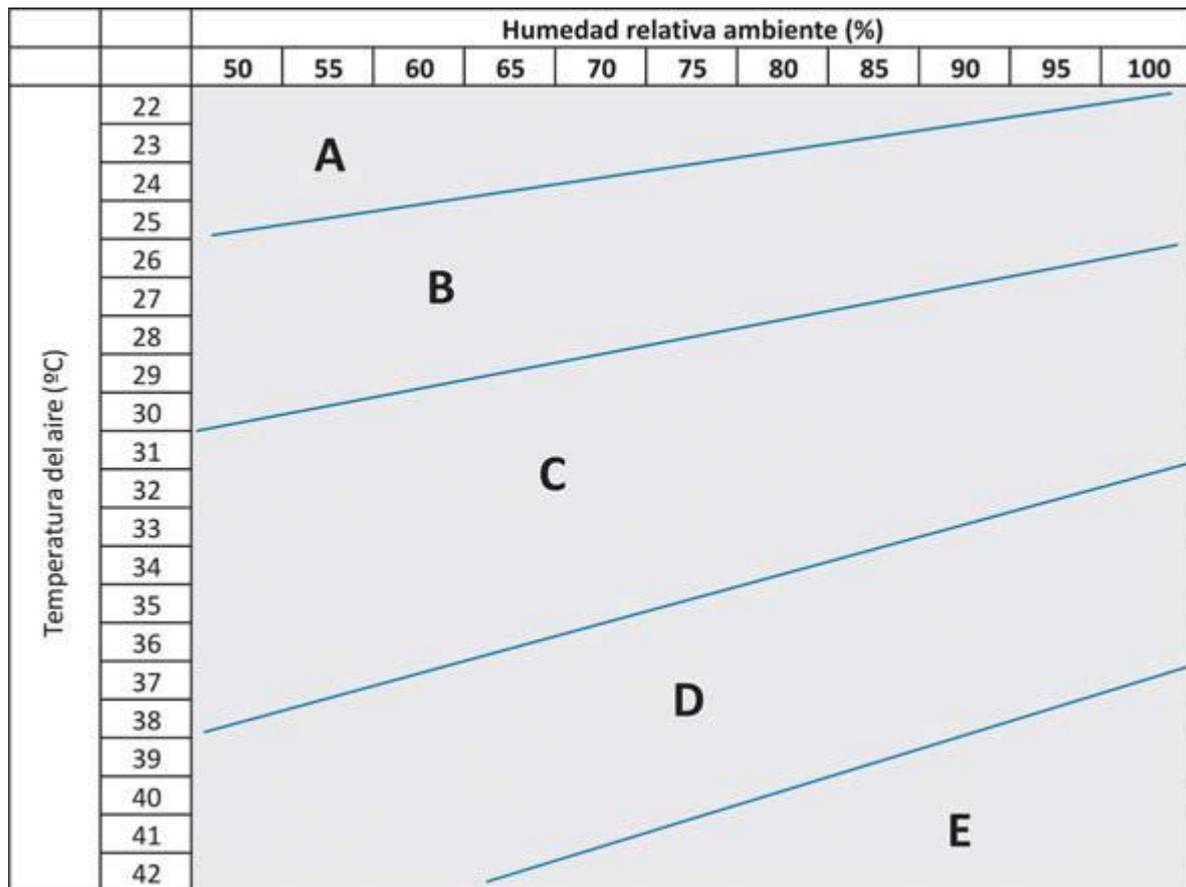
3.4.1 Índice de Temperatura y Humedad

La gravedad del estrés por calor no depende solamente de la temperatura sino también de la humedad. Los ambientes saturados en humedad dificultan la eliminación de calor, por eso se ha desarrollado el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) para evaluar el impacto del ambiente sobre las vacas lecheras. El ITH desarrollado por (Thom, 1959) es uno de los índices biometeorológicos utilizados.

Desde el punto de vista práctico, el ITH es una herramienta fácil de utilizar para caracterizar el ambiente de producción y el riesgo de estrés calórico (Rovira, 2012). La zona de confort térmico para vacas lecheras en producción toma valores de ITH entre 35 y 70 y el valor considerado como límite para la producción de leche en vacas Holando es de 72 (Johnson y col., 1961). Además, se han generado categorías de estrés calórico según la magnitud del ITH (Wiersama, 2005) como se observa en la figura 1.

En la figura 1 se muestran las diferentes categorías de estrés calórico según magnitud de ITH.

Figura 1. Índice de Temperatura y Humedad ambiental (ITH) y zonas de confort para vacas lecheras (A: sin estrés, B: estrés medio, C: estrés severo, D: estrés muy severo, E: riesgo de muerte). Adaptado de (Wiersama, 2005).



En 2009 Cruz y Urioste diagnosticaron en Uruguay el riesgo de estrés calórico en diferentes regiones del país en función del valor de ITH y, en algunos casos, estimaron el impacto en los sistemas de producción animal (Figura 1). (Rovira, 2012)

Figura 2. Variación espacial del Índice de Temperatura-Humedad en enero para diferentes regiones de Uruguay (Serie histórica 1961-1990 Saravia y Cruz 2009).



El valor de ITH presenta ciertas limitaciones como indicador de estrés calórico. El conocimiento de la temperatura y humedad relativa del aire son básicos para determinar el confort del animal, pero sería de gran utilidad conocer también el nivel de radiación y la velocidad del viento para obtener una estimación más ajustada del riesgo de estrés calórico (Rovira, 2012).

3.4.2 Esferas de Vernon

Las esferas de Vernon o globos negros están ubicadas en el lugar donde se encuentren los animales y son capaces de caracterizar el ambiente meteorológico que rodea a los mismos. (Gallardo y Valtorta, 2011) define que es un instrumento muy sencillo tratándose de una esfera hueca de cobre pintada de color negro mate, en cuyo centro se encuentra el elemento sensible de un termómetro. Su importancia erradica en que la temperatura del globo negro representa un valor que combina los efectos de la temperatura, la radiación, y la velocidad del viento.

3.5 INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE LOS ANIMALES Y SU AMBIENTE

Un animal intercambia energía con su medio a través de los siguientes procesos: radiación, convección, conducción, evaporación y metabolismo. Durante cortos períodos de tiempo, mientras el animal se calienta o se enfría, puede haber ganancia o pérdida de energía neta. (Cruz y Saravia, 2008)

Ecuación de balance calórico (Cruz y Saravia, 2008)

Radiación Absorbida - Radiación Emitida \pm Convección \pm Conducción - Evaporación + Calor metabólico = 0

Los símbolos positivos representan la ganancia de energía y los negativos la pérdida.

La ecuación también puede representarse de la siguiente manera:

Radiación absorbida + Calor Metabólico = Radiación Emitida ± Convección + Conducción + Evaporación

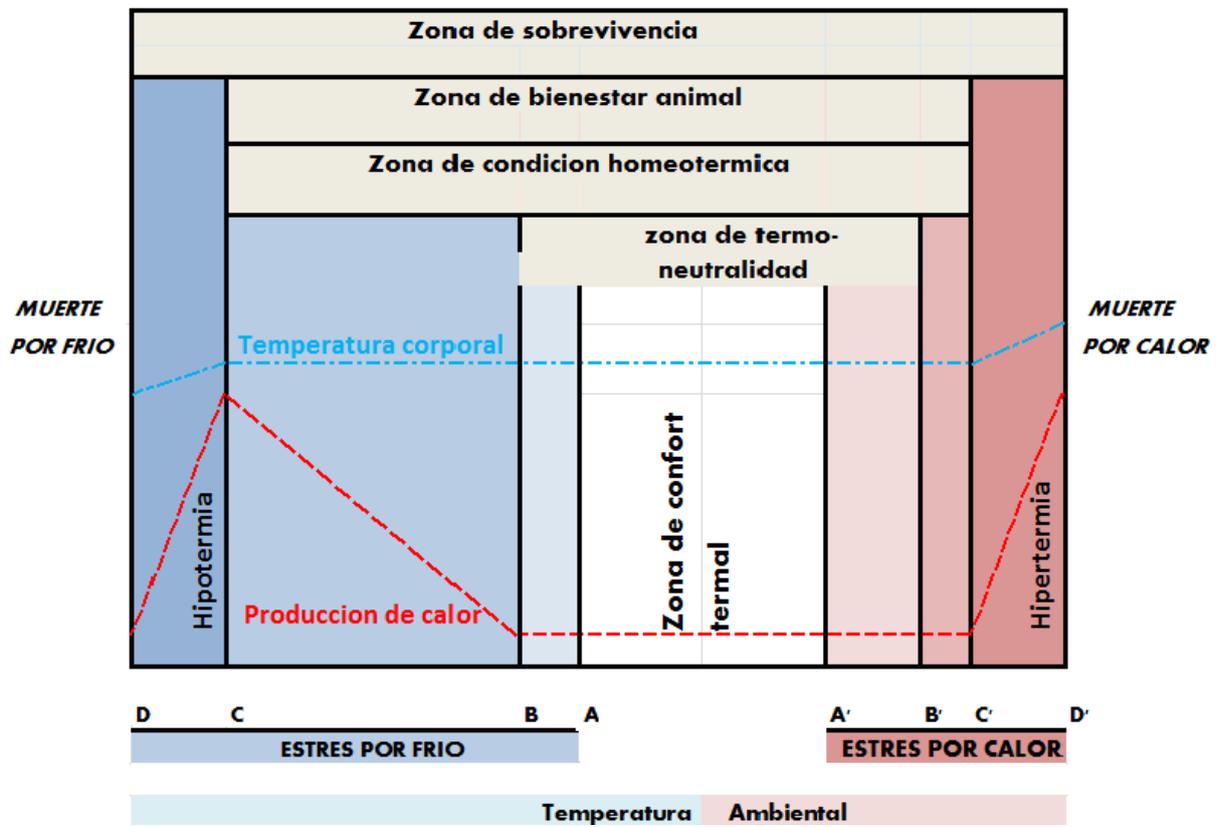
Si la superficie del animal está más caliente que el suelo por ejemplo, el animal perderá calor hacia el suelo, a la inversa, ganará calor por esa vía si el suelo está más caliente que la superficie. Este proceso se denomina conducción. De la misma manera, el animal perderá calor por convección toda vez que su superficie esté más caliente que el aire. Caso contrario, la convección representará una ganancia de calor para el animal. La evaporación es un proceso que sólo determina pérdidas de calor para el animal y se produce desde la superficie de la piel, depende de la tensión de vapor del aire. (Gallardo y Valtorta 2011)

3.6 ZONA DE CONFORT TÉRMICO

La zona óptima de confort animal comprende a la zona termoneutral, en la cual se da un rango de temperaturas ambiente en que el animal puede mantener la temperatura corporal dentro del rango normal para su especie con el mínimo esfuerzo. La velocidad del viento, la radiación y el contenido de humedad del aire pueden alterar sus umbrales (Johnson, 1965).

Como se muestra en la figura 3 las zonas A → B para condiciones frías y A' → B' para condiciones de calor representan cambios en la temperatura ambiental que demanda esfuerzos mínimos en el animal para mantener su temperatura corporal. B y B' son las temperaturas críticas mínima y máxima respectivamente. En las zonas B → C y B' → C' los animales requieren activar mecanismos termorregulatorios (fisiológicos) para conservar la temperatura corporal. En las zonas C → D y C' → D' los animales no logran mantener las condiciones homeotérmicas; la temperatura corporal es afectada pudiendo conducir al animal a la muerte por hipotermia o hipertermia. D y D' son las temperaturas letales mínima y máxima respectivamente (Gallardo y Valtorta, 2011).

Figura 3. Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia del animal (Bianca, 1972).



3.6.1 ¿Cómo afecta el estrés térmico al animal sin importar la etapa de lactancia que se encuentre?

Las altas temperaturas y humedad relativa del ambiente, con frecuencia rebasan la capacidad de los mecanismos reguladores de los animales para la disipación de calor, provocando condiciones de estrés calórico que afectan su fisiología y homeostasis que se reflejan en la disminución del consumo voluntario de alimentos, en la producción láctea y en la eficiencia reproductiva. El impacto del estrés calórico en el ganado lechero es amplio en los animales ubicados en zonas semitropicales, tropicales y desérticas, donde pueden estar sujetos a altas temperaturas ambientales y/o alta humedad relativa por largos periodos (Correa-Calderon y col., 2009).

Aumento de la circulación sanguínea hacia la periferia, vaso dilatación periférica y aumento de sudoración.

3.6.2 Variables fisiológicas

En climas cálidos el calor se debe eliminar para mantener la temperatura corporal dentro de los rangos estrechos para la termorregulación. La capacidad de ésta en la vaca lechera es insuficiente, lo cual ocasiona un incremento de la temperatura corporal. En vacas en estrés calórico es común que la temperatura alcance valores entre 39.5-41°C, lo cual afecta, en primer lugar, la función celular, la regulación ácido-básica y con ellas los mecanismos básicos de la implantación (Hansen y col.,

1992). Por otro lado, la frecuencia respiratoria ha sido utilizada para calificar la severidad del estrés que presentan los animales de acuerdo a: bajo (40 a 60 r.p.m.); medio-alto (60 a 80 r.p.m.); alto(80 a 120 r.p.m.) y muy severo(si supera las 150 r.p.m.) (Thomas y Pearson1986). Se considera que para vacas lecheras con una frecuencia respiratoria de70 a 80 r.p.m. ya es necesario tomar alguna medida de mitigación del estrés calórico para evitar un incremento de la temperatura rectal (Stevens DC, citado por Berman, 2005). Otros autores encontraron para bovinos en engorde frecuencias respiratorias que de 20 a 60 r.p.m. indican termoneutralidad, de 80 a120 r.p.m. indica moderado estrés calórico y mayores a 120 r.p.m. indican excesiva carga calórica (Gaughan y col., 2010). Ante un marcado estrés calórico (cuando la temperatura corporal de bovinos alcanza los 40 °C aproximadamente) cambia el tipo de respiración, la respiración rápida y superficial cede paso a una respiración más lenta y profunda, lo que aumenta la ventilación. Este aumento de ventilación provoca efectos secundarios desfavorables, pues la eliminación de grandes cantidades de CO₂ de los pulmones lleva a la pérdida de equilibrio ácido-base en la sangre, incremento del pH sanguíneo (por encima de 7.5), alcalosis respiratoria, aceleración de la frecuencia cardíaca y generación de más calor, lo que disminuye la eficacia de la pérdida de calor por la evaporación respiratoria y pone en peligro la vida del animal (Bianca, 1972).

3.6.3 Comportamiento

Para reducir los efectos del exceso de calor los animales modifican su comportamiento habitual.(Brown-Brandl y col.,2006), reportaron que bajo condiciones de estrés por calor los animales disminuyen el tiempo dedicado a consumir alimento, aumentando el tiempo dedicado a descansar y rumiar cerca de bebederos o bajo sombra.

3.6.4 A nivel de producción de leche

Las vacas en lactancia son susceptibles al estrés calórico debido a la elevada producción de calor interno asociado a esta etapa. Durante periodos de estrés calórico, la producción láctea, la ingesta de alimento y la actividad física disminuyen. Al mismo tiempo la habilidad reproductiva se ve comprometida. Las pérdidas productivas y reproductivas asociadas al estrés calórico son económicamente significativas (Campos y Jaramillo, 2008).

3.6.5 A nivel de periodo seco

Los efectos del estrés térmico sobre la preñez se relacionan con la disminución del peso del ternero al nacimiento, alteración de las concentraciones hormonales de la madre y del feto, y reducción de la producción de leche durante el posparto. La disminución en el peso del ternero del orden del 18%.(Castaño y col., 2014).

El estrés calórico preparto puede reducir los niveles de hormonas tiroideas y estrógenos placentarios, mientras que incrementa los niveles en sangre de ácidos grasos no esterificados (NEFA) lo cual puede alterar el desarrollo de la ubre y la placenta, producción de leche y/o alimentos entregados al becerro (Avendaño, Citado por Campos y Jaramillo, 2008).

3.7 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO Y RESPUESTA ANIMAL

Considerando el impacto negativo que esta situación ambiental de estrés por calor tendría sobre los índices productivos y reproductivos, es necesario que los sistemas de producción implementen medidas para mitigar su efecto. Existe coincidencia entre los investigadores acerca de las estrategias básicas para atenuar los efectos del estrés calórico, tanto para los sistemas de producción extensivos como intensivos; ellas son: 1) la modificación física del ambiente, 2) esquemas apropiados del manejo nutricional, 3) utilización de biotipos menos sensibles al calor (Beede y Collier, 1986).

Una de las formas para minimizar el impacto del estrés por calor es la modificación del ambiente. Los diferentes sistemas de modificación pueden ser: sombra natural o artificial, enfriamiento del animal a través de ventilación forzada, humedecimiento del animal o sistemas combinados de ventilación y humedecimiento y los métodos indirectos de enfriamiento de aire como lo es el aire acondicionado, los túneles de viento, la ventilación cruzada, y la nebulización (Gallardo y Valtorta, 2011).

La sombra es muy útil en la reducción de la radiación proveniente del sol. La sombra de árboles es una de las más efectivas, ya que reduce la incidencia de radiación, y además disminuye la temperatura del aire por evaporación desde las hojas (Saravia y Cruz, 2003; Gallardo y Valtorta, 2011).

Las características de la sombra natural, como la uniformidad variable, manejo complejo del tipo de suelo, la diagramación y su planificación, es lo que ha llevado a que no resulte el método más apropiado por lo que se recomienda el uso de sombras artificiales. Las redes plásticas para la construcción de este tipo de sombra deben permitir una adecuada ventilación, por lo que se recomienda que tenga un 80 % de intercepción de la radiación.

Al medir, a través de las esferas de Vernon, las condiciones térmicas que ocurren en situación de incidencia directa de sol, sombra natural y artificial, durante los meses de verano para Salto, Uruguay, (Saravia y col., 2003) encontraron que las temperaturas máximas se diferenciaron significativamente entre sí, en la exposición directa al sol (44.8°C), bajo sombra artificial (36.0°C) y bajo sombra natural (32.8°C). Los autores concluyeron, entonces, que el uso de sombra (natural o artificial) es una técnica efectiva para disminuir el impacto de la radiación solar directa sobre los animales en los momentos del día en que ocurren condiciones para provocar estrés calórico; presentando la sombra natural mayores ventajas en la capacidad de reducción de las temperaturas máximas.

Los resultados encontrados, aplicando estas modificaciones del ambiente son diversos, y en muchos casos se asocian modificaciones del ambiente físico con modificaciones en la dieta, lo que pretende disminuir la producción de calor metabólico.

3.7.1 Manejo nutricional

Una de las estrategias utilizadas en verano es el suministro de dietas frías, mayor frecuencia en el suministro de alimentos y suministro de abundante agua limpia. Las dietas frías son aquellas que suministran fibras de fácil fermentación, mayor contenido de alimentos concentrados y proteínas de menor degradabilidad tipo bypass; que pasan por el rumen sin ser atacadas y su degradación se produce en el intestino. Son dietas equilibradas en energía y proteína, por ejemplo pasturas tiernas, silo con mucho grano, concentrados ricos en grasas y aceites. (Gallardo y Valtorta, 2011).

Es importante facilitar acceso a las pasturas en las horas de confort térmico en horas nocturnas, de madrugada y hasta las 10 de la mañana.

3.7.2 Utilización de biotipos resistentes

El mantenimiento de la temperatura corporal es hereditario, mediante características incluidas como la sudoración, la baja resistencia del tejido, la estructura de la capa y color, pero no hay evidencia de que dentro del ganado Bos Taurus, que un aumento de la capacidad para la termorregulación se acompaña de una reducción en el metabolismo energético (Finch, 1986). Hay pruebas de que el color del pelo influye en la susceptibilidad de la vaca al estrés por calor porque el color del pelaje está relacionado con la cantidad de calor absorbido de la radiación solar. En el ganado Bos Indicus el flujo de calor hacia el interior de los novillos de pelaje negro fue 16% mayor que para novillos marrones, y el 58% mayor que para los novillos blancos (Finch, 1986). En el ganado Bos Taurus con pelaje oscuro exhiben mayor transferencia de calor a la piel, mayor temperatura corporal y una drástica reducción en los aumentos de peso que aquellos con capas blancas (Finch, 1986).

Los bovinos son animales homeotermos que se mantienen cómodos dentro de un rango estrecho de temperatura ambiental, conocido como “zona de termo-neutralidad”. Dentro de esta zona, el ganado presenta un gasto energético mínimo para regular la temperatura corporal (Nardone y col., 1997). En el caso del ganado de doble propósito Bos taurus, el límite superior de la zona de termo-neutralidad varía entre 21 y 27°C (Pezo e Ibrahim 1998., Singh y col., 2008), mientras que para el Bos indicus está alrededor de los 32°C, aunque por debajo de los 40°C (Singh y col., 2008); para los cruces B. taurus x B. indicus, los valores de temperatura crítica son intermedios.

Los diferentes trabajos internacionales que utilizaron el método combinado de ventilación y humedecimiento con generación de niebla fina fueron (Avendaño y col., 2007). Mientras que (do Amaral y col., 2011), (Tao y col., 2011) utilizaron un sistema con gota más grande. En todos los casos los tratamientos fueron en estabulados (todos los tratamientos accedían a sombra) durante el período seco.

(Avendaño y col., 2007) el ensayo realizado en Baja California México, en establo no encontraron diferencias significativas en las temperaturas de la mañana, entre el tratamiento con aspersores y ventiladores, y el testigo, mientras que en la tarde sí las diferencias fueron significativas, lo que indica que el sistema de refrigeración luego de haber actuado reduce la temperatura corporal de las vacas en período seco.

También se encontraron resultados positivos en ensayos llevados a cabo en Florida Estados Unidos, (do Amaral y col., 2011), (Tao y col., 2011) y en la región de Lavark-Irán, (Karimi y col., 2015) con sistemas de aspersión y ventilación en establos.

(Avendaño y col., 2007) midiendo la FR de la tarde obtuvieron una reducción del 7.4% en el tratamiento con aspersores y ventiladores, por su parte (Tao y col., 2011) obtuvieron valores de reducción del 42%. (Tao y col., 2011) registraron en el tratamiento confort severidad baja de acuerdo a la clasificación del estrés de (Thomas y Pearson 1986).

El consumo de agua (CDA) durante el período seco se ve aumentado por condiciones de estrés calórico, en valores de 38 y 31.4 % en el ensayo realizado por (Tao y col., 2011) y (Nardone y col., 1997) respectivamente.

A su vez (Nardone y col., 1997) y (Tao y col., 2011) observaron que el CMS fue inferior para los animales expuesto a estrés térmico ($P < 0.01$, $P < 0.02$ respectivamente). Sin embargo (do Amaral y col., 2011) obtuvieron una reducción del CMS antes del parto para vacas en confort, esta podría estar explicada por una disminución en la tasa de pasaje que explicaría una mayor digestión. El CMS posparto para (do Amaral y col., 2011), (Tao y col., 2011) sólo encontraron diferencias numéricas pero no significativas.

En lo que refiere a la CC, los resultados han sido contradictorios, mientras que (Nardone y col., 1997) observaron que la CC preparto disminuyó 21 días previos al parto en las vacas expuestas a estrés calórico, (Avendaño y col., 2007) no observaron diferencias significativas entre tratamientos.

Por otra parte, el peso de los terneros al nacer presentó valores superiores para los tratamientos de confort (entre un 6 y 10%); (do Amaral y col., 2011), (Tao y Dahl., 2013), (Tao y col., 2011), (Karimi y col., 2015), (Dahl y col., 2016). Sin embargo, (Avendaño y col., 2007) no obtuvieron diferencias significativas, sólo fueron numéricamente mayores. Según (do Amaral y col., 2011) estos resultados se relacionarían con un periodo seco de 7 días más corto, pero (Avendaño y col., 2007), (Tao y col., 2011) no consiguieron significancia en sus resultados. El enfriamiento también mejoró la calidad del calostro, medido a través de la concentración de inmunoglobulinas pero no mejoró la cantidad (Nardone y col., 1997), (Karimi y col., 2015).

No se vieron repercutidos los parámetros reproductivos, tales como: periodo parto primer servicio, parto concepción y días abiertos (Avendaño y col., 2007), pero si se lograron diferencias en los valores de concepción, con un 36% superior en el tratamiento de confort (Avendaño y col., 2007) en un ensayo de 24 vacas.

En lo que refiere al efecto de residual de los tratamientos sobre los resultados productivos posteriores, se han reportado mejora (Avendaño y col., 2007), (do Amaral y col., 2011), (Karimi y col., 2015), (Tao y col., 2011) en la producción de leche posterior. Sin embargo, el uso de ventilación y aspersion generó un 11% más de leche corregida por grasa (LCG) (corregida al 3,5%) según (Avendaño y col., 2007), y un 36% más de LCG según (do Amaral y col., 2011) y un 11% más de LCG según (Karimi y col., 2015). La mejora en la producción de leche no se ve asociada con el aumento en el CMS y variaciones en la CC posparto no resultaron significativas.

Los resultados de las medidas de mitigación sobre la concentración de grasa en leche no son muy consistentes, mientras que (Tao y col., 2011) y (Karimi y col., 2015) no observaron efecto alguno con el uso de enfriamiento, (Avendaño y col., 2007) y (do Amaral y col., 2011) observaron un 10 y 16 % respectivamente de aumento en la concentración de grasa a favor del confort. En lo que respecta, a la concentración de proteína en leche, (Tao y col., 2011) observaron un 5 % de disminución para las vacas en confort, mientras que (Avendaño y col., 2007), (Karimi y col., 2015) no demuestran cambios significativos.

A modo de resumen, en los trabajos realizados durante el periodo seco, se ha demostrado que en la TR al igual que la FR son inferiores en los tratamientos que ofrecen confort. La FR se ubicó en valores que indican una severidad del estrés baja y media alta, según (Thomas y Pearson, 1986). En cambio los valores de TR que se registraron para los tratamientos confort se ubicaron en valores límite de la normotermia. Los resultados indican, en su mayoría, un aumento del CMS, y una

disminución del CDA para vacas en confort, sin variaciones en la CC. El aumento del CDA para las condiciones de estrés se explica como consecuencia de que aquellas vacas que no recibieron refrigeración incrementan la respiración, y jadeo para mantener la temperatura corporal adecuada. También se puede observar un efecto residual del estrés, disminuyendo la producción de leche, pero sin resultados concisos en la producción de sólidos. Por otra parte podemos mencionar que condiciones de confort aumentan el peso de los terneros al nacer, sin embargo los indicadores reproductivos no indican resultados significativos.

4. HIPÓTESIS

El acceso a sombra artificial atenuaría los efectos negativos del estrés calórico, mostrando menores temperaturas rectales y frecuencias respiratorias, mayores consumos de materia seca, y no afectará la condición corporal y peso vivo de los animales.

El acceso a sombra artificial mejorará el peso de la placenta, número de cotiledones y el peso del ternero. Además mejorará la calidad del primer calostro.

5. OBJETIVOS

General

Evaluar los efectos del acceso a sombra artificial durante el período seco sobre el desempeño de vacas Holstein.

Específico

Evaluar el efecto del acceso a sombra artificial sobre la temperatura rectal, frecuencia respiratoria, consumo de materia seca, peso vivo y condición corporal de vacas Holstein. Evaluar además el efecto sobre el peso de la placenta, número de cotiledones, peso del ternero y calidad del primer calostro.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 CARACTERÍSTICAS DEL PREDIO A ESTUDIAR Y METODOLOGÍA DE ESTUDIO

El trabajo se realizó en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), La Estanzuela, Ruta 50 km 11 (Departamento de Colonia) en el período comprendido entre el 28 de diciembre y el 08 de marzo.

Se utilizaron 24 vacas Holando del rodeo experimental de INIA La Estanzuela, multíparas de parición de otoño. Tomando en cuenta: el número de lactancias (2 ± 1.1), los días de gestación, producción de la lactancia anterior (5662 ± 506 L), CC ($3,6 \pm 0,39$, escala 1-5, (Edmonson y col., 1989), PV (PV; $631 \pm 71,5$ kg). Al inicio del experimento los animales fueron estratificados y asignados al azar en los siguientes tratamientos durante los últimos 62 ± 5.3 días preparto (desde el 23 de diciembre al 28 de febrero ± 5.3 (fecha promedio de parto):

- Control (SOL) (n=12): encierro en potrero de forma permanente sin acceso a sombra artificial.
- Sombra (SOM) (n=12): encierro en potrero permanente con acceso a sombra artificial.

El sombreado consistió en redes plásticas de color negro de 80% intercepción de la radiación solar, con una disponibilidad de $4,5 \text{ m}^2$ por vaca en una construcción de orientación este-oeste, con una altura de 3,5 metros en la pared sur y una inclinación de 15% hacia el norte. En el encierro los animales recibieron agua ad libitum y la misma ración totalmente mezclada (RTM, tabla 4).

Tabla 4. Ingredientes y composición química de la dieta

Ingredientes de RTM (% MS)		Composición química	
Ensilaje de maíz	6.6	MS (%)	36.1
Heno de la paja de trigo	0.9	PC (%)	13.7
Grano de maíz	1.1	FND (%)	44.4
Expeller de Soja	1.6	FAD (%)	28.6
Urea	0.04	Extracto etéreo (%)	2.6
Sales aniónicas*	0.2	ENI (Mcal/kg)	1.40

*Durante los últimos 25 días de gestación. MS: materia seca, PC: proteína cruda, FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, ENI: energía neta de lactación

6.2 CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO

Para el cálculo del Índice de Temperatura y Humedad (Thom, 1959) se utilizó registros horarios de temperatura y humedad del aire de la estación meteorológica (Campbell Scientific) ubicada en el Parque Agro meteorológico de La Estanzuela cercana al lugar experimental. El ITH fue calculado usando la conversión de Valtorta y Gallardo,(1996), que se muestra a continuación.

$ITH = (1.8 Ta + 32) - (0.55 - 0.55 HR) \times (1.8 Ta - 26)$, donde:

Ta = Temperatura del aire (°C); HR = Humedad relativa del aire (%).

6.3 DETERMINACIONES EN LOS ANIMALES

6.3.1 Peso vivo y condición corporal

Los días experimentales 12, 19, 25, 39, 47 y 59 se pesaron (PV) todos los animales con balanza digital y se realizó la evaluación de la CC los días experimentales 12, 19, 34, y 52 utilizando la escala de 5 puntos (Edmonson y col., 1989).

6.3.2 Fisiológicas

Una vez a la semana se registraron la FR en el potrero de encierro en tres momentos, a las 7:00 hrs (FR 7:00), 13:30hrs (FR 13:30) y a las 17:00 hrs (FR 17:00). La TR también fue registrada semanalmente en las mangas cercanas al tambo, en todos los animales, en dos momentos por la mañana (TR 7:00), y por la tarde (TR 17:00). La TR fue determinada mediante termómetro digital (MC-245-Omron Healthcare Inc., Forest. Illinois, USA; 0,1°C de precisión) y la FR por apreciación visual del movimiento de los flancos durante un minuto, siendo expresada como respiraciones por minuto (r.p.m.).

6.3.3 Consumo

El consumo de RTM y agua fueron determinados individualmente en 20 animales (n=10 por tratamiento). El que se realizó en dos períodos, siendo el 1 comprendido entre el día experimental 33 al 35 y el 2 los días experimentales 52 y 53. El consumo de RTM (disponibilidad 2.5% del PV) y agua se determinó en corrales individuales de 60 m² de superficie, que presentaron una superficie bajo sombra artificial en el tratamiento SOM. El consumo de RTM se determinó individualmente como diferencia entre el alimento ofrecido y rechazado en los comederos. El alimento se pesó y suministró a las 09:00 hrs. El rechazo de alimento se pesó a las 09:00 hrs cuando además se retiró para ofrecer la nueva alimentación. Al mismo momento se determinó el CDA individual, a través de la lectura de rechazo de agua en los bebederos.

6.3.4 Variables al parto

Al parto, los terneros fueron separados de sus madres evitando la ingesta de calostro y se pesaron con balanza digital (ID3000, Tru-Test, Auckland, Nueva Zelanda; 500 g exactitud). Las vacas fueron pesadas y se estimó CC, luego fueron ordeñadas para extraer el primer calostro y se recogió una muestra para la determinación de la calidad utilizando un refractómetro (Pal-1, ATAGO EE.UU., Inc., Wausau; exactitud Brix 0,1%) (Quigley y col., 2013). Además se recogió y pesó las placentas, y se pesaron los cotiledones disecados.

6.4 DETERMINACIONES EN LOS ALIMENTOS

La composición química de los componentes de la RTM se determinó el contenido de materia seca (MS), cenizas (C), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en el Laboratorio de Nutrición de INIA, La Estanzuela. El contenido de MS y de C fue determinado como fue propuesto por AOAC (1990). El contenido de PC (nitrógeno x 6,25) fue determinado a través del procedimiento Kjeldahl (AOAC, 1990), y el EE utilizando un extractor Soxhlet durante 6 horas con éter de petróleo como solvente. Según la metodología de (Van Soest y col., 1991) fueron obtenidos los contenidos de FDA y FDN.

6.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, donde las vacas fueron las unidades experimentales y se estratificaron según número de lactancia, los días de gestación al inicio del experimento, CC, PV. Los registros de CC, PV, las variables fisiológicas (TR 7:00, TR17:00, FR7:00, FR13:30 y FR 17:00) y consumo de RTM y agua se analizaron ajustando un modelo lineal general con medidas repetidas en el tiempo. Para el análisis se utilizó el procedimiento Mixed del paquete estadístico SAS (versión 9.4; SAS Institute, Cary, NC, 2014). El efecto "día experimental" fue considerado como el factor de medidas repetidas. En el modelo incluyó como efectos fijos los bloques, ambientes (SOL, SOM), el día experimental, la interacción ambiente \times día experimental y como efecto aleatorio la vaca. La estructura de covarianza utilizada fue AR (1)+RE. El PV y la CC previo al inicio del ensayo fueron incluidas como covariables en los modelos de análisis correspondientes.

Las variables al parto fueron analizadas con el procedimiento GLM del SAS (versión 9.4; SAS Institute, Cary, NC, 2014). La CC y PV previo al inicio del ensayo fueron usados como covariables en los modelos correspondientes.

7. RESULTADOS

7.1. CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO

En la tabla 5 se observan los promedios de las variables climáticas para el período de estudio. La evolución de las temperaturas mínimas, máximas y medias se observan en la figura 4.

Tabla5: Promedios de los registros meteorológicos (diarios): temperatura del aire máximo (T máx, °C), mínima (T min, °C), y media (T med, °C), humedad relativa (HR, %) e ITH en el período de estudio.

	Promedio
T máx	27.91
T min	18.10
T med	22.73
HR	75.11
ITH	70.72

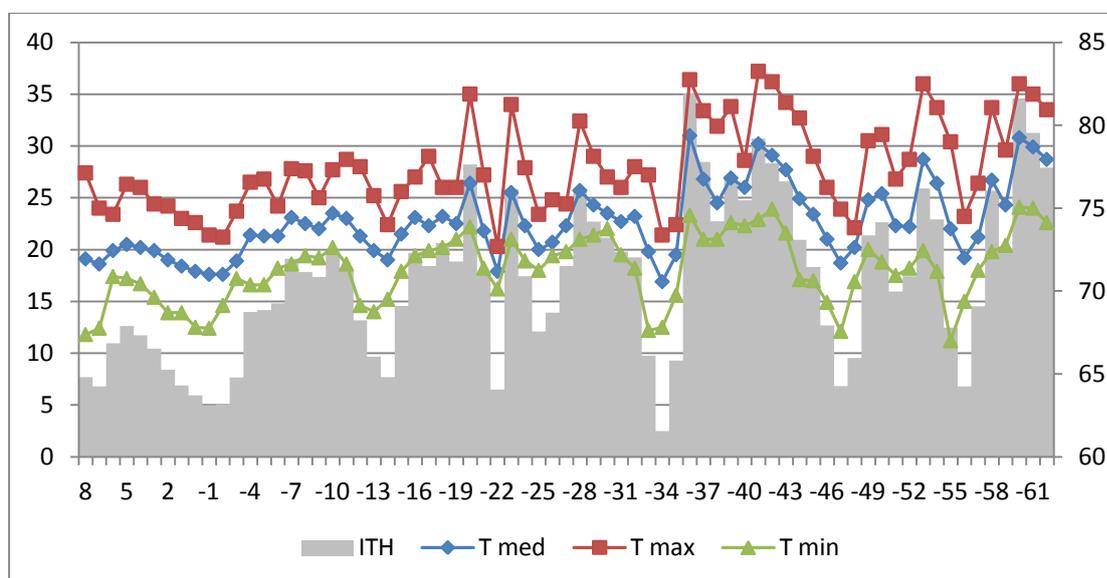


Figura 4. Evolución de las temperaturas máximas, mínimas y medias diarias durante el período experimental

7.2. DETERMINACIONES EN LOS ANIMALES

7.2.1. Peso vivo y condición corporal

El PV y la CC de los animales no fueron afectados por el tratamiento (SOM Y SOL) en que se encontraban ($p=0.176$ y 0.6344 , respectivamente). Se observaron promedios de 655 y 654 Kg de PV y CC de 3.77 y 3.72 en los tratamientos de SOM y SOL, respectivamente. No se observó interacción tratamiento \times día tanto para PV ($p<0.0001$, figura 5) como para CC ($p=0.1463$, figura 6).

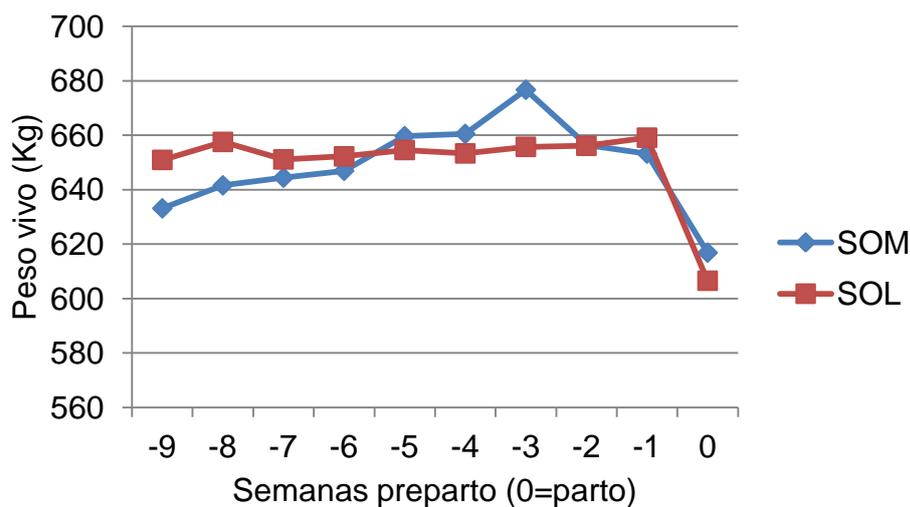


Figura 5. Evolución del peso vivo (Kg) de los animales en los dos tratamientos (SOM y SOL) según las semanas previas al parto

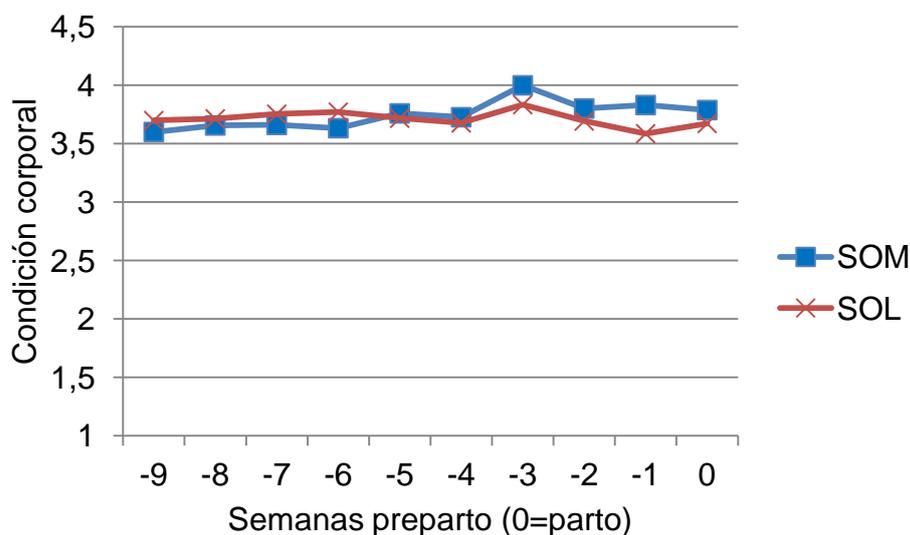


Figura 6. Evolución de la condición corporal (escala de 1 a 5) de los animales en los dos tratamientos (SOM y SOL) durante el período experimental

7.2.2. Fisiológicas

En la tabla 6 se observan las frecuencias respiratorias promedio según tratamiento.

Tabla 6: Frecuencias respiratorias (7:00, 13:30 y 17:00 hrs.) promedio según tratamiento.

	SOL	SOM	EEM	Significancia		
				Trat	Día	Tratx día
FR 07:00	39	39	0.1	0.1501	<0.0001	0.1349
FR 13:30	67	56	1.5	<0.0001	<0.0001	0.0013

FR 17:00	55	50	1.5	0.0441	<0.0001	0.0217
----------	----	----	-----	--------	---------	--------

La FR en la mañana no fue afectada por los tratamientos ($p=0.1501$), mientras que a las 13:30 y 17:00 hrs se observó mayor FR en los animales al SOL ($P<0.0001$ y 0.0441 , respectivamente). El día experimental afectó la FR a las 07:00 ($p<0.0001$; figura 7) sin efecto de la interacción tratamiento x día ($p=0.1349$). Se observó mayor FR 7:00 hrs el día preparto -7 respecto al -49 y -44. La FR a las 13:30 hrs fue afectada por la interacción tratamiento x día ($p=0.0013$; figura 8), observándose mayor FR 13:30 los días preparto -44 y -7 respecto -43. La FR a las 17:00 hrs fue afectada por la interacción tratamiento x día ($p=0.0217$; figura 9), se observó mayor FR 17:00hrs el día preparto -7 respecto al -49, -44, -14, -12.

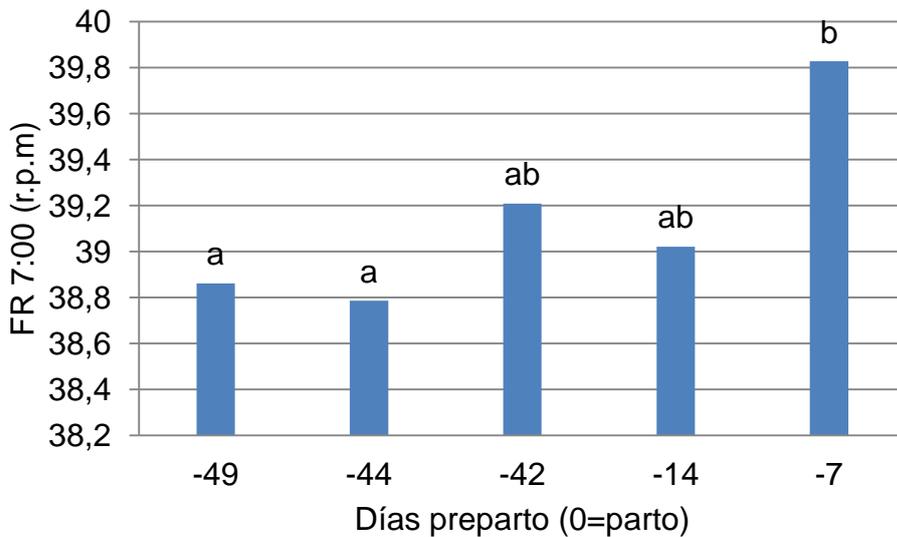


Figura 7. Frecuencia respiratoria a las 7:00 hrs según los días previos al parto. Letras minúsculas muestran diferencias entre los días para los dos tratamientos.

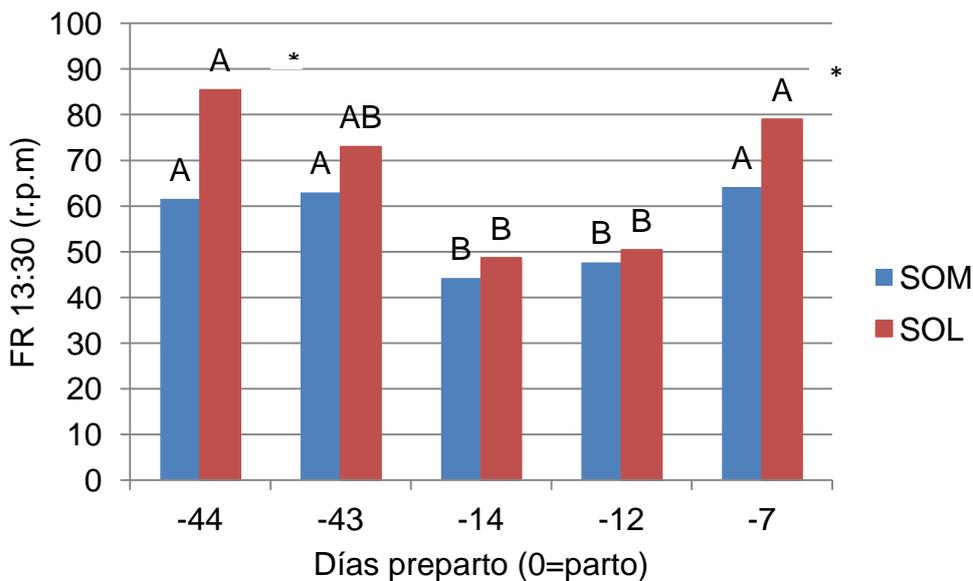


Figura 8. Frecuencia respiratoria a las 13:30 hrs según día pre parto

* muestran diferencias entre tratamientos en un mismo día experimental. Letras mayúsculas distintas muestran diferencias para un mismo tratamiento entre días experimentales.

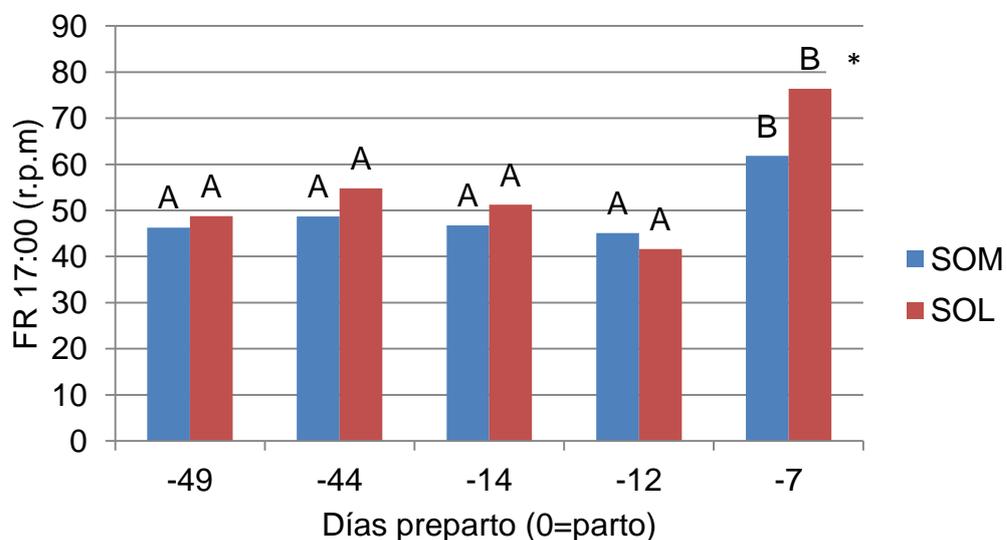


Figura 9. Frecuencia respiratoria a las 17:00 hrs según día preparto

* muestran diferencias entre tratamientos en un mismo día experimental. Letras mayúsculas distintas muestran diferencias para un mismo tratamiento entre días experimentales.

En la tabla 7 se observan las temperaturas rectales promedios según los tratamientos

Tabla 7: Temperaturas rectales (7:00 y 17:00 hrs) según tratamiento

	SOL	SOM	EEM	Significancia		
				Trat	día	Tratx día
TR 07:00	38.2	38.3	0.06	0.8136	0.4022	0.2438
TR17:00	39.2	39.1	0.07	0.1562	<0.0001	0.1631

La TR en la mañana como en la tarde no fueron afectadas por el tratamiento ($p=0.8136$ y $0,1562$, respectivamente). La TR 7:00 hrs no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la interacción tratamiento x día y en el día experimental ($p=0.2438$ y 0.4022 , respectivamente). La TR 17:00 hrs afectó el día experimental ($p=0.0001$; figura 10), sin efecto de la interacción tratamiento x día ($p=0.1631$; figura 10). Se observó mayor TR 17:00 hrs el día preparto -7 respecto -49, -44.

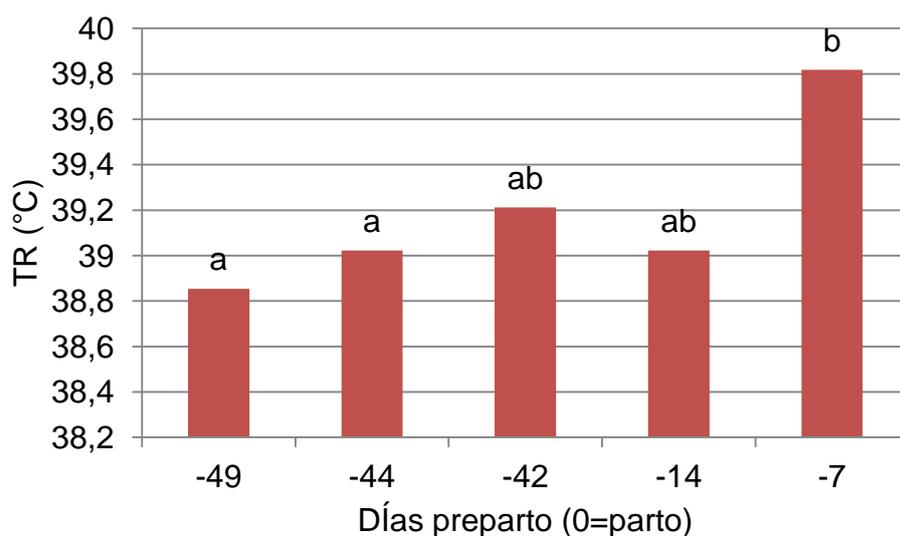


Figura 10. Temperatura rectal en la tarde según día pre parto
Letras minúsculas muestran diferencias entre los días para los dos tratamientos.

7.2.3. Consumo

El tratamiento SOL presenta menor consumo de RTM ($p < 0.0001$) que el tratamiento SOM (tabla 8). La interacción tratamiento \times día fue significativa ($p = 0.0278$). Se observó un descenso de consumo de RTM en el tratamiento SOL entre el período 1 y el 2 (figura 11). No se observó diferencias entre tratamientos en el período 1 mientras que en el período 2 sí, el tratamiento SOL consumió 0.7765 menos que el tratamiento SOM.

En el CDA no se observó diferencias significativas en el tratamiento \times período ($p = 0.2949$).

En la tabla 8 se observa el consumo de RTM y agua promedio en los dos períodos de los animales en los dos tratamientos

Tabla 8: Consumo promedio de RTM y agua en los dos periodos en ambos tratamientos

	SOL	SOM	EEM	P-valor		
				Trat	per	Trat*per
TMR	11.4481	11.9667	0.074505	<0.0001	0.0278	0.0278
Agua	47.7392	43.7103	2.6213	0.3033	0.0021	0.2949

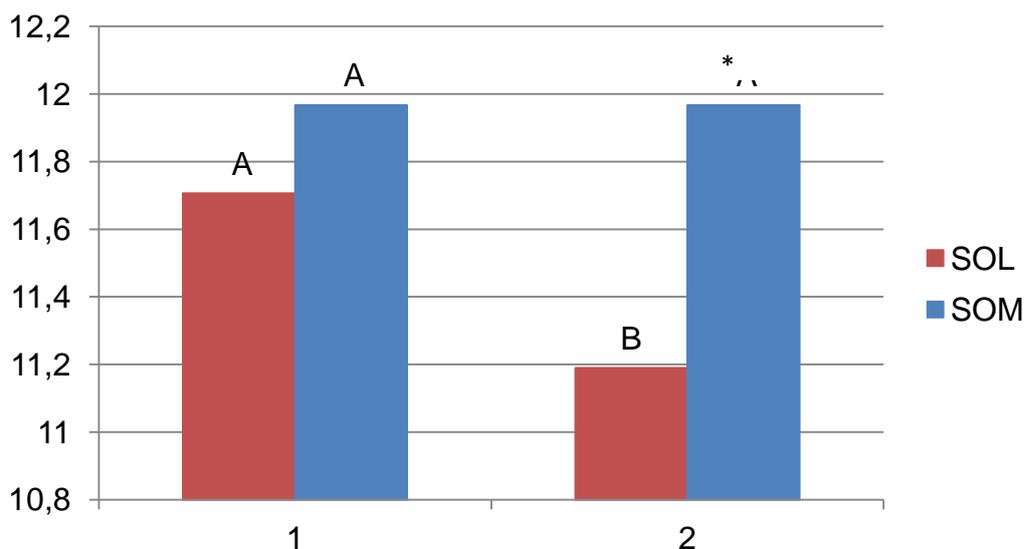


Figura 11. Consumo de RTM registrada en dos periodos durante el ensayo experimental.

* muestran diferencias entre tratamientos en un mismo periodo experimental. Letras mayúsculas distintas muestran diferencias para un mismo tratamiento entre periodos.

7.2.4. Variables al parto

No se observaron diferencias significativas en las variables al parto y en la cantidad y calidad del primer calostro para los dos tratamientos (tabla 9 y 10, respectivamente).

En la tabla 9 se observan los promedios de las diferentes variables al parto de la vaca y el ternero en los dos tratamientos.

Tabla9. Promedio de las variables al parto de la vaca y el ternero

	SOL	SOM	EEM	P-value
Longitud de gestación (días)	280	283	2.40	0.28
Condición corporal	3.8	3.6	0.11	0.18
Peso corporal (kg)	612	601	12.1	0.40
Peso de la placenta (Kg)	5.60	5.50	0.82	0.88
Número de cotiledones	106	114	13.1	0.54
Peso de los cotiledones (Kg)	2.33	2.28	0.29	0.88
Peso del ternero (Kg)	45.1	45.2	2.11	0.95
Eficiencia de la placenta*	8.30	8.70	1.09	0.72
Altura a la cruz (cm)	76.5	77.6	1.33	0.45
Altura de la cadera(cm)	80.9	82.9	1.57	0.25
Largo de tronco (cm)	55.6	55.8	4.25	0.97
Circunferencia del tórax (cm)	85.4	83.9	1.65	0.38
Ancho de la cadera (cm)	18.2	19.6	1.08	0.23

* kgternero/kg placenta

En la tabla 10 se observa la cantidad y calidad promedio del primer calostro en los dos tratamientos.

Tabla 10. Valores promedios de cantidad y calidad del primer calostro en los dos tratamientos

	SOL	SOM	EEM	P-value
Cantidad del primer calostro (L)	10.6	11.8	1.53	0.605
Grasa, %	8.39	5.76	1.256	0.1555
Proteína, %	18.22	20.93	1.042	0.0815
Lactosa, %	3.34	2.99	0.111	0.0434
Calidad ^b	27.2	30.8	2.20	NS

^brefractómetroBrix.

8. DISCUSIÓN

Los valores medios de precipitación para la zona de Colonia en meses estivales son de aproximadamente 100 mm/mes de acuerdo a la normal climatológica (Castaño y col., 2011), durante el período experimental las mismas fueron superiores, llegando a duplicar los registros de la normal climatológica. Esto explicaría la presencia de valores de HR promedio superior a la serie histórica (1965-2012) así como valores de HR máxima y mínima promedios durante el período experimental superiores a la serie histórica (1965-2012). Debemos tener en cuenta que las pérdidas de calor de los animales se dan por diferentes vías, pero la evaporación es la más importante cuando los animales quedan expuestos a altas temperaturas. Este proceso es dependiente de la HR, observándose que con incrementos de la HR disminuye su eficiencia. Lo que sugeriría que los animales tuvieron mayor dificultad para perder calor, en relación a la caracterización de HR de la serie histórica, y por tanto el ambiente resultante sea posiblemente más estresante para los animales que el de la serie histórica.

Para animales lecheros de media baja producción de leche, ITH crítico a partir del cual se repercute el desempeño productivo, es de 72 (Johnson y col., 1961). Tomando como referencia este valor, un 39.4% de los días experimentales presentaron valores superiores al umbral. Por otro lado, en animales en alta producción de leche (35 kg leche/a/d) el ITH crítico es de 68 (Zimbelman y col., 2009). Si tomamos en consideración este último umbral, el 66.2 % de los días experimentales presentaron ITH superiores a este crítico, mientras que en la serie histórica todos los días registran ITH superiores a 68. Sin embargo, estos niveles críticos fueron desarrollados para animales lactando y no necesariamente indicarían condiciones de estrés calórico en vacas secas.

La FR basal para bovinos es de 20 a 40 r.p.m., determinando estrés bajo cuando la FR está entre 40 y 60 r.p.m., estrés medio-alto cuando la FR se encuentra entre 60 y 80 r.p.m. y estrés alto si es superior a 80 r.p.m. (Thomas y Pearson, 1986). A las 7:00hrs la FR, sin diferencias entre tratamientos, se ubicaba en el rango de valores basales mientras que, a las 13:30 y 17:00 hrs las diferencias entre tratamientos fueron significativas a favor del tratamiento SOM. Las vacas que se encontraban al sol presentaron a las 13:30 hrs valores que indicaban estrés medio-alto (67r.p.m.), mientras que las vacas ubicadas a la sombra se encontraron en situación de estrés bajo (56 r.p.m.). Las vacas que se encontraban al sol y a la sombra a las 17:00 hrs presentaron valores que indicaban estrés bajo (50 r.p.m., y 55 r.p.m., respectivamente). Estas condiciones sugerirían que los animales se encontraron en situación de estrés a las 13:30 y 17:00 hrs con diferencias significativas entre tratamientos.

Si comparamos los valores de FR observados en el presente trabajo con los observados en otros trabajos que evalúan el efecto de diferentes medidas de mitigación en el período seco, observamos que, en el presente trabajo en la FR13:30 se observó una reducción del 16.4% y un cambio en la categoría de estrés, pero a las 17:00 hrs la categoría de estrés para ambos tratamientos era bajo y sólo se registró una diferencia de 9% en FR. En este sentido, (do Amaral y col.,2011), en el tratamiento estrés térmico registró niveles de estrés medio alto (78r.p.m) mientras que en el tratamiento de confort se registraron niveles de estrés térmico bajo (56 r.p.m) en la FR en la tarde (15:00hrs) presentando una reducción del 28.2 %. En el trabajo de (Avendaño y col.,2007) el tratamiento que sólo tuvo acceso a sombra en

el centro del corral registro niveles de estrés alto (83.7r.p.m.) en la FR en la tarde, presentando una reducción del 7.4% con el uso de un sistema de enfriamiento bajo la sombra (77.5 r.p.m.).El acceso a sombra con sistema de refrigeración en (do Amaral y col., 2011) fue significativo en la reducción de la FR, dándose un cambio en la categoría de estrés según (Thomas y Pearson 1986).

En lo que refiere a la TR, el aumento en la misma se da como resultado de un ambiente estresante, en el intento del animal por mantener su temperatura interna en rangos normales. Entre 38.4 a 39.0°C es el rango que (Seath y Miller, 1946), (Hansen y col., 1992) consideran como TR normal.

Para ambos tratamientos los valores se ubicaron dentro de este rango, superiores a las 17:00hrs e inferiores a las 7:00 hrs (Tabla 7). El aumento de TR en la tarde evidencia la acumulación de calor de los animales mientras que el aumento observado en la FR reflejaría la necesidad del animal por disipar el calor por las vías respiratorias.

(Avendaño y col., 2007), reportaron que con sistemas de enfriamiento la TR por la tarde logran obtener diferencias significativas pero menores a 1% entre el tratamiento refrigerado y el testigo. En tanto (do Amaral y col., 2011) tuvieron menores TR las vacas en confort (39.01 vs 39.41) por la tarde que vacas no refrigeradas.

Por el contrario en los resultados obtenidos en el presente ensayo las diferencias no fueron significativas y las temperaturas estuvieron en los valores de normotermia para bovinos. Para mantener el balance térmico, el incremento de la FR es el primer síntoma visible de respuesta al estrés, con la finalidad de aumentar las pérdidas de calor en forma de evaporación. Tanto en los trabajos de (Avendaño y col., 2007) como en el presente el aumento de FR, lograrían el mantenimiento de la TR dentro de los rangos normales. Pero en el caso de (do Amaral y col., 2011) los animales realizan mayores esfuerzos, aumentando en mayor medida la FR, sin embargo, no es suficiente y se da un aumento de la TR. Estas diferencias entre trabajos se deberían posiblemente a diferencias en el ambiente térmico.

Cuando el ITH diario fue inferior a 70 (en los días experimentales 50, 48) los valores medios de FR13:30 indican estrés bajo, según (Thomas y Pearson, 1986), para ambos tratamientos. Mientras que, en los días con ITH superiores a 70 (días experimentales 19, 20, 56) los valores medios de FR13:30 indican estrés medio-alto y alto. Además, cuando el ITH diario fue inferior a 70 los registros de FR13:30 muestran un incremento entre 5 y 9% al sol si se compara con la sombra. Cuando el ITH diario fue superior a 70 el tratamiento SOL registró aumentos de FR13:30 entre 14 y 28% en comparación con el tratamiento SOM. Este resultado indicaría que a ITH mayores a 70 animales al sol eleva la FR en mayor medida que animales con acceso a sombra, en un intento por mantener la normotermia, al disminuir así la mayor ganancia de calor de estos días. El día experimental 56 se registraron valores máximos de FR y TR para ambos tratamientos. La FR 13:30 y 7:00 hrs del tratamiento SOL numéricamente fue la más altas de las registradas, llegando al nivel de estrés alto (Thomas y Pearson, 1986) mientras que SOM logró un nivel medio-alto. La FR 17:00 registró nivel medio alto solamente el día experimental 56. Para este día la TR 17:00 registrada (39.8°C) no fue significativamente superior, pero fue más alto que el límite superior de la normotermia (39.0°C). Una de las posibles explicaciones radicaría en la cercanía de la fecha de parto de los animales. En este sentido, (García López y col., 2004) indican que vacas próximas al parto aumentan

su FR y la frecuencia cardiaca, debido a que estas tienen que disipar mayor cantidad de calor para lograr mantener la TR, la que aumenta en menor medida.

En lo que refiere a la CC y PV durante el periodo seco, los resultados son coincidentes con (Tao y col., 2011), (Avendaño y col., 2007) quienes no indican diferencias entre tratamientos, pero no así con (do Amaral y col., 2011), y (Nardone y col., 1997) quien obtuvo resultados significativos a favor del tratamiento confort.

La CC y PV presentan similitudes en el presente trabajo con (Avendaño y col., 2007) como ocurre con la FR, TR y el ambiente; presentando diferencias el presente trabajo con (do Amaral y col., 2011) y (Nardone y col., 1997).

En vacas durante el periodo seco se da la regeneración del tejido mamario y 65 % el crecimiento del ternero (Capuco y Ellis, 2013). El crecimiento del ternero reduce la capacidad CMS, al mismo tiempo que se dan los mayores requerimientos para el crecimiento de este y la preparación de la vaca para la posterior lactancia. La reducción del CMS (11,5 vs 12,0 kg/a/d de RTM $P=0,0001$ SOL, SOM respectivamente) es otro indicador de estrés. Condiciones de estrés, como las del tratamiento SOL, ocasiona aumentos de la FR para reducir la TR, como resultado de las condiciones ambientales.

En nuestro trabajo no se observaron diferencias significativas en las variables al parto para ambos tratamientos. Según (Karimi y col., 2015) no se observaron diferencias en la duración de la gestación entre ambos tratamientos. Sin embargo (do Amaral y col., 2011) y (Tao y col., 2012) encontraron diferencias en que las vacas bajo estrés térmico tendieron a tener un periodo seco de siete y cuatro días más corto respectivamente que vacas en confort. En cuanto al peso del ternero al nacimiento, (Karimi y col., 2015) y (Avendaño y col., 2007) encontraron sólo diferencias numéricas, siendo más livianos los terneros nacidos de madres bajo estrés calórico (40.7 vs 43.4, 34.6 vs 36.1 respectivamente). Mientras que para (do Amaral y col., 2011) y (Tao y col., 2012) fueron diferencias significativas (39.5 vs 44.5 Kg, 36.5 vs 42.5 Kg respectivamente), siendo más pesados los terneros nacidos de madres en confort.

En cuanto a la cantidad y calidad del primer calostro tampoco se encontraron diferencias significativas para los dos tratamientos en nuestro trabajo. (Karimi y col., 2015) y (Nardone y col., 1997) no se encontraron diferencias sobre la producción de calostro pero sí mejora la calidad del mismo en la vacas en confort. (Karimi y col., 2015) obtuvieron una densidad de 1056 vs 1065 para los animales en estrés calórico y en confort respectivamente. (Nardone y col., 1997) encontraron diferencias significativas en el total de proteínas en el calostro ($P<0.05$). Esta situación de estrés que se presentó en el presente trabajo y no se observaron diferencias en las variables al parto puede haberse dado por las condiciones climáticas en el que se presentaban los animales.

9. CONCLUSIONES

En el período seco la FR 13:30 indicó que las vacas que accedieron a la sombra presentaron una condición de estrés baja mientras las que no accedieron a ésta un estrés medio alto. El aumento de la TR en la tarde evidencia la acumulación de temperatura y la necesidad de los animales de disipar calor por las vías respiratorias con el aumento de la FR. Lo que dio como resultado que las vacas para ambos tratamientos registraran en FR17:00 estrés bajo, al igual que mantuvieron la TR en los rangos de la normotermia.

Los animales con acceso a sombra presentaron mayor CMS que los animales sin acceso a ésta. El PV y la CC no fueron afectada por los tratamientos al igual que las variables al parto y la cantidad y calidad del primer calostro.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Avendaño-Reyes, L.; Álvarez Valenzuela, F. D.; Correa Calderón, A.; Saucedo Quintero, J. S.; Rivera Acuña, F.; Verdugo Zárate, F. J.; Aréchiga Flores, C. F.; Robinson, P. H. (2007) Evaluación de un sistema de enfriamiento aplicado en el período seco de ganado lechero durante el verano. *Téc Pecu Méx*; 45:209-225.
2. Arias, R. A.; Mader, T. L.; Escobar, P. C. (2008) Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 40:7-22.
3. Bachman, K. C.; Shairer, M. L. (2003) Invited review: studies on optimal lengths of dry periods. *J Dairy Sci*; 86(10):3027-3037.
4. Bauman, D. E.; Currie, W. B. (1980) Partitioning of nutrients during and pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci*; 63(9):1514-1529.
5. Beede, D.K.; Collier, R. J. (1986) Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J Anim Sci*; 62:543-554.
6. Berman, A. (2005) Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *J Anim Sci* 83:1377–1384
7. Bianca, W. (1972) Termorregulación. En: Hafez, E. S. E. (ed). *Adaptación de los animales de granja*. México, Herrero. pp. 135-162.
8. Brosh, A.; Aharoni, Y.; Degen, A. A.; Wright, D.; Young, B. (1998) Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. *J Anim Sci*; 76(12): 3054-3064.
9. Brown-Brandl, T. M.; Eigenberg, R. A.; Nienaber, J. A. (2006) Heat stress risk factors of feedlot heifers. *Livest Sci*; 105:57-68.
10. Campos, R.; Jaramillo, L. F. (2008) Estrés y factores asociados al parto en bovinos Proyecto: Determinación del efecto estrés del parto sobre la homeostasis de los Bovinos seleccionados para producción lechera. Comparación racial. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencia Animal, pp.1-16. Disponible en: <https://docplayer.es/44655756-Estres-y-factores-asociados-al-parto-en-bovinos.html>. Fecha de consulta el 25 de marzo 2016.
11. Capuco, A. V.; Akers, R. M.; Smith, J. J. (1997) Mammary growth in Holstein cows during the dry period: quantification of nucleic acids and histology. *J Dairy Sci*; 80(3):477-487.

12. Capuco, A. V.; Ellis, S. E. (2013) Comparative aspects of mammary gland development and homeostasis. *Annu Rev Anim Biosci*; 1:179-202.
13. Castaño, F.; Rugeles, C.; Ramirez-López, C. (2014) Impacto de estrés calórico sobre la actividad reproductiva en bovinos y consideraciones para mitigar sus efectos sobre la reproducción. *Revista Biosalud*; 13(2):84-92.
14. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R. (2011) Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. INIA Serie Técnica N° 193, 34p.
15. Collier, R. J.; Doelger, S. G.; Head, H. H.; Thatcher, W. W.; Wilcox, C. J. (2012) Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of holstein cows. *J Anim Sci*; 54:309-319.
16. Correa-Calderón, A.; des Santos, G.; Avendaño, L.; Rivera, F.; Alvarez, D.; Ardon, F.; Diaz, R.; Collier, R. (2009) Enfriamiento artificial y tasa de concepción de vaquillas holstein con estrés térmico. *Arch Zootec*; 58(222):231-239.
17. Cruz, G.; Saravia, C. (2008) Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia*; 12(1):56-60.
18. Dahl, G. E.; Tao, S.; Monteiro, A. P. A. (2016) Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves. *J DairySci*; 99(4):3193-3198.
19. del Campo, M. (2012) Introducción. In: Rovira, P. Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay. INIA Serie Técnica N° 202, p.1-2.
20. do Amaral, B. C.; Connor, E. E.; Tao, S.; Hayen, M. J.; Bubolz, J. W.; Dahl, G. E. (2011) Heat stress abatement during the dry period influences metabolic gene expression and improves immune status in the transition period of dairy cows. *J Anim Sci*; 94(1):86-96.
21. Edmonson, J. A.; Lean, I. J.; Weaver, L. D.; Farver, T.; Webster, G. (1989) A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*; 72:68-78.
22. Finch, V. A. (1986) Body temperature in beef cattle; its control and relevance to production in the tropics. *J Anim Sci*; 62(2):531-542.
23. Gallardo, M.; Valtorta, S. (2011) Producción y bienestar animal; estrés por calor en ganado lechero impacto y mitigación. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 125 p.
24. Garmendia, J (2005) Suplementación estratégica de vacas de doble propósito alrededor del parto. IX Seminario de pastos y forrajes, pp.112-129. Disponible

en:

http://www.avpa.ula.ve/eventos/ix_seminario_pastosyforraje/Conferencias/C8-JulioGarmendia.pdf. Fecha de consulta 18 de marzo 2016.

25. Gaughan, J. B.; Bonner, S.; Loxton, I.; Mader, T. L.; Lisle, A.; Lawrence, R. (2010) Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *J Anim Sci*; 88:4056-4067.
26. Grigera, J; Bargo, F (2005) Evaluación del estado corporal en vacas lecheras. Informa técnico. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/09-cc_lecheras.pdf. Fecha de consulta 19 de marzo 2016.
27. Grummer, R.R.; Mashek, C.G.; Hayirli, A. (2004) Dry matter intake and energy balance in the transition period. *Vet Clin N An Food Anim. Pract*, 20:447-470.
28. Hafez, E. S. E. (1972) Principios de la adaptación animal. En: Hafez, E.S.E. *Adaptación de los animales de granja*. México, Herrero. pp.13-30.
29. Hansen, P. J.; Thatcher, W. W.; Ealy, A. D. (1992) Methods for reducing effects of heat stress on pregnancy. En: Van Hom, H. H.; Wilcox, C. J. (eds). *Large dairy herd management*. Champaign, IL. American Dairy Science Association. pp. 116-125.
30. 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. *J Dairy Sci*; 44(6): 1191.
31. Johnson, H. D. (1965) Environmental temperature and lactation (with special reference to cattle). *International Journal of Biometeorology*. 9(2):103-116.
32. Jordan, E. R. (2003) Effects of heat stress in reproduction. *J Dairy Sci*; 86:104-114.
33. Karimi, M. T.; Ghorbani, G. R.; Kargar, S.; Drackley, J. K. (2015) Late-gestation heat stress abatement on performance and behavior of Holstein dairy cows. *J Dairy Sci*; 98(10):6865–6875.
34. Lenis, Y; Maldonado-Estrada, J; Carrillo, D; Rodriguez-Osorio, N. (2014) Desarrollo fetal, Gestación y parto en la vaca. En: Lenis, Y. *Reproducción de la vaca. Manual didáctico sobre la reproducción la gestación, la lactancia y el bienestar de la hembra bovina*. Universidad de Antioquía, Medellín, Corporación Universitaria Remington, p 97-129.
35. López, F. J. (2006) Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*; 4(1):77-86.

36. Mallard, B. A.; Dekers, J.C.; Ireland, M.J.; Leslie, K. E.; Sharif, S.; Lacey Vankampen, L.; Wilkie, B. N. (1998) Alteration in immune responsiveness during the peripartum period and its ramification on dairy cow and calf health. *J Dairy Sci*; 81(2):585-595.
37. Meikle, A.; Sahlin, L.; Ferraris, A.; Masironi, B.; Blanc, J. E.; Rodriguez-Iraozqui, M.; Rodriguez-Piñón, M.; Kindahl, H.; Forsberg, M. (2001) Endometrial mRNA expression of estrogen and progesterone receptors and insulin-like growth factor-I (IGF-I) throughout the bovine estrous cycle. *Anim Reprod Sci*; 68(1-2):45-56.
38. Mujika, I. (2014). El estrés calórico. Efecto en las vacas lecheras. *Entorno Ganadero*; 67:106-116.
39. Nardone, A.; Lacetera, N.; Bernabucci, U.; Ronchi, B. (1997) Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. *J Dairy Sci*; 80(5):838–844.
40. Pezo, D.; Ibrahim, M. (1998) *Sistemas silvopastoriles*. Turrialba, Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza CATIE, 258p. (Materiales de enseñanza agroforestal; 2).
41. Prieto Ocejo, D. (1995) Fisiología de la lactación. En: García Sacristán, A., Castejón, F., De la Cruz, L., González, J., Murillo, M., Salido, G., Fisiología veterinaria. Madrid, McGraw-hill, p.893-914.
42. Quigley, J.; Lago, A.; Chapman, C.; Erickson, P.; Polo, J. (2013) Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *J Dairy Sci*; 96(2):1148-1155.
43. Ramírez Benavidez, G. F. (2005) *Manual de semiología clínica veterinaria*. Manizales, Universidad de Caldas, 202p.
44. Román, L.; Banchemo, G.; Morales, T.; Acosta, Y.; Mendoza, A.; Pla, M.; Raggio, V.; Medina, G.; Waller, A.; La Manna, A. (2014) Efecto del acceso a sombra artificial durante el periodo seco en vacas lecheras holando. INIA Serie de Actividades de Difusión N° 728, p 19-22.
45. Rovira, P. (2012) Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay. INIA Serie Técnica N° 202, p.84.
46. Saravia, C.; Bentancur, O.; Cruz, G. (2003). Caracterización de diferentes situaciones del ambiente utilizando esferas de Vernon. *Congresso Brasileiro de Agrometeorología n° 13*, Santa Maria, Brasil, p.651-652.
47. Saravia, C.; Cruz, G. (2003) Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. Facultad de Agronomía (Montevideo). Nota Técnica no. 50. 36p.

48. Saravia, C.; Cruz, G. (2009). Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas holando y jersey. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 136 p.
49. Seath, D. M.; Miller, G. D. (1946) Effect of warm weather on grazing performance of milking cows. *J Dairy Sci*; 29(2):199-206.
50. Singh, R.; Vadlani, P. V.; Harrison, M. L.; Bennett, G. N.; San, K. Y. (2008) Aerobic production of isoamyl acetate by overexpression of the yeast alcohol acetyl-transferases AFT1 and AFT2 in *Escherichia coli* and using low-cost fermentation ingredients. *Bioprocess Biosyst Eng*; 31(4):299-306.
51. Spiers, D. E. (2012) Physiological basics of temperature regulation in domestic animals. En: Collier, J.; Collier, J. L. (Eds.). *Environment Physiology of Livestock*. Iowa: John Wiley pp. 17-34.
52. Tao, S.; Bubolz, J. W.; do Amaral, B. C.; Thompson, I. M.; Hayen, M. J.; Johnson, S. E.; Dahl, G. E. (2011) Effect of heat stress during the dry period on mammary gland development. *J. Dairy Sci*; 94(12):5976–5986.
53. Tao, S y Dahl, G.E. (2013) Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *J. Dairy Sci*; 96(7):4079-4093.
54. Tao, S.; Monteiro, A. P. A.; Thompson, I.M.; Hayen, M. J.; Dahl, G. E. (2012) Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. *J. Dairy Sci*; 95(12):7128-7136.
55. Thom, E. C. (1959) The discomfort index. *Weatherwise*; 12:57-59.
56. Thomas, C. K.; Pearson, R. A. (1986) Effects of ambient temperature and head cooling on energy expenditure, food intake and heat tolerance of Brahman and Brahman x Friesian cattle working on treadmills. *Animal Production*. 43: 83-90.
57. Valtorta, S. E.; Gallardo, M. R. (1996) El estrés por calor en producción lechera. INTA Rafaela. *Miscelánea*, N° 81, p 173-185.
58. Van Soest, P.J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*; 74(10): 3583-3597.
59. Wiersama, F. (2005). Appendix 1: Temperature-Humidity Index. En: Moran, J., *Tropical dairy farming: feeding management for the small holder dairy farmers in the humid tropics*. Australia, Landlinks, 275 p.
60. Zimbelman, R. B.; Rhoads, R. P.; Rhoads, M. L.; Duff, G. C.; Baumgard, L. H.; Collier, R. J. (2009) A re-evaluation of the impact of Temperature Humidity

Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. Southwest Nutrition and Management Conference N° 24, Arizona, EEUU, p 158-169.