

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEL ACCESO A SOMBRA ARTIFICIAL DURANTE PERÍODO SECO  
SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE VACAS HOLSTEIN  
EN LA ESTANZUELA COLONIA

por

Alicia Carolina WALLER BÁRCENA

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2015

Tesis aprobada por:

Director: \_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Alejandro La Manna

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Ana Bianco

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Laura Astigarraga

Fecha: 24 de julio de 2015

Autor: \_\_\_\_\_  
Alicia Carolina Waller Bárcena

## AGRADECIMIENTOS

En especial a mi familia, a mis amigos de siempre y aquellos que me regalo la carrera por su apoyo permanente a lo largo de la misma.

Al personal de la Unidad de Lechería de INIA La Estanzuela, Daniel, Víctor, Marcelo, Carlos, Denis, José, en especial a Marcelo Pla y Esteban “Lobo” López y su familia, por todo el apoyo en la tarea de campo.

Al Ing. Agr. Alejandro Mendoza y a la Dra. Tatiana Morales por su aporte y colaboración en el transcurso del ensayo.

A los técnicos y pasantes de INIA La Estanzuela por su compañía durante mi estadía.

Al personal de Biblioteca de la Facultad de Agronomía, por su apoyo a la hora de hacer la revisión bibliográfica, y a la Lic. Sully Toledo.

Muy especialmente a mi director de tesis, Ing. Agr. Alejandro La Manna y a Ing. Agr. Lorena Román, por su excelente disposición e invaluable apoyo y orientación en el transcurso de esta tesis.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1 ESTRÉS CALÓRICO.....	2
2.2 ELEMENTOS DEL CLIMA QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN...	3
2.2.1 <u>Temperatura del aire</u> .....	3
2.2.2 <u>Velocidad del viento</u> .....	3
2.2.3 <u>Radiación</u> .....	3
2.2.4 <u>Humedad relativa</u> .....	3
2.3 CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE.....	4
2.3.1 <u>Índice de temperatura y humedad</u> .....	4
2.3.2 <u>Esfera de Vernon</u> .....	5
2.4 INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE LOS ANIMALES Y SU AMBIENTE.....	6
2.5 ZONAS DE CONFORT TÉRMICO.....	7
2.6 RESPUESTA ANIMAL AL ESTRÉS CALÓRICO.....	8
2.7 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO Y RESPUESTA ANIMAL.....	9
2.8 HIPÓTESIS.....	13
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	14
3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	14
3.2 ANIMALES Y TRATAMIENTOS.....	14
3.3 MANEJO Y ALIMENTACIÓN.....	14
3.4 DETERMINACIONES.....	16
3.4.1 <u>En el ambiente</u> .....	16
3.4.1.1 Serie histórica.....	16
3.4.1.2 Período experimental.....	16
3.4.2 <u>En los animales</u> .....	16
3.4.2.1 Frecuencia respiratoria y temperatura rectal.....	16
3.4.2.2 Producción de leche.....	17
3.4.2.3 Composición de leche.....	17

3.4.2.4	Peso vivo y condición corporal.....	17
3.5	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	17
4.	<u>RESULTADOS</u> .....	19
4.1	CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE.....	19
4.2	DETERMINACIONES EN LOS ANIMALES.....	21
4.2.1	<u>Frecuencia respiratoria y temperatura rectal</u> .....	21
4.2.2	<u>Producción de leche</u> .....	22
4.2.3	<u>Composición de leche</u> .....	23
4.2.4	<u>Condición corporal y peso vivo (posparto)</u> .....	24
5.	<u>DISCUSIÓN</u> .....	25
6.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	30
7.	<u>RESUMEN</u> .....	31
8.	<u>SUMMARY</u> .....	32
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	33
10.	<u>ANEXOS</u> .....	38

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Composición de la RTM durante el período seco.....	15
2. Composición de la RTM durante posparto.....	15
3. Frecuencia respiratoria (r.p.m., media $\pm$ EEM.) a las 7:00, 13:30 y 17:00 horas según ambiente (Sombra – Sol).....	21
4. Temperatura rectal ( $^{\circ}$ C, media $\pm$ EEM) a las 7:00 y 17:00 de acuerdo al ambiente (Sombra –Sol).....	22
5. Producción de leche corregida por sólidos (LCS; kg; media $\pm$ EEM) según ambiente (Sombra - Sol).....	23
6. El rendimiento de grasa, proteína y lactosa (kg, media $\pm$ EEM) según los efectos residuales del ambiente en período seco, sombra, sol.....	24
7. Concentración de grasa, proteína (% , media $\pm$ EEM) según los efectos residuales del ambiente en período seco, sombra, sol.....	24
8. Peso Vivo (Kg, media $\pm$ EEM) y Condición Corporal (unidades, media $\pm$ EEM) según ambiente (Sombra - Sol).....	24
Figura No.	
1. Variación espacial del índice de temperatura y humedad del aire en el mes de enero.....	5
2. Representación de las condiciones ambientales críticas para el animal.....	7
3. Temperaturas ( $^{\circ}$ C) medias, máximas y mínimas promedio durante el período experimental (2013-2014) y la serie histórica (1965-2012).....	19

4. Humedad Relativa (%) medias, máximas y mínimas promedio durante el período experimental (2013-2014) y serie histórica (1965-2012).....	20
5. Índice de temperatura y humedad durante el período experimental (2013-2014) y diferencia de ITH con respecto a la serie histórica (1965-2012).....	20
6. Frecuencia respiratoria (r.p.m., media) a las 13:30 horas según ambiente (sombra y sol) y día experimental.....	21
7. Frecuencia respiratoria (r.p.m., media) a las 17:00 horas según ambiente (sombra y sol) y día experimental.....	22
8. Evolución de la producción de LCS (Kg) según ambiente (Sombra - Sol) durante 27 semanas posparto.....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción lechera del país se genera básicamente sobre sistemas pastoriles, lo que hace que los animales se encuentren en contacto directo con el medio, influyendo el mismo, de forma continua sobre la productividad animal.

De acuerdo a los reportado por Arcos (2008), en la zona sur de nuestro país se da una concentración del 48% de los partos anuales en otoño (febrero a mayo), lo que lleva a un mejor aprovechamiento del forraje en los meses de primavera en etapas avanzadas de la lactancia (Chilibroste, 2012). Por lo cual si bien esta distribución de partos favorece la productividad en la lactancia, provoca que los períodos secos ocurran en los meses estivales, lo que predispondría a los animales a sufrir condiciones de estrés calórico durante este, considerándose el período seco como la etapa de preparación de la vaca para su próxima lactancia.

Los procesos que ocurren durante la etapa de lactación al igual que los procesos biológicos que ocurren durante el período seco se ven afectados por factores ambientales que influyen en la producción de leche. Durante los meses cálidos, la acción combinada de alta radiación solar, temperatura y humedad del aire, determina que el ambiente meteorológico se encuentre fuera de la zona de confort, lo cual estaría afectando los rendimientos de la lactancia posterior (Gulay et al., 2003).

En estas circunstancias, se debe dar especial importancia a las medidas de manejo que mejoren el confort, como forma de evitar pérdidas en la productividad. Una de las alternativas es la utilización de sombra artificial para minimizar el efecto de la radiación solar sobre el animal.

Existen varios estudios e investigaciones en el ámbito internacional, pero tanto a nivel nacional como regional no se cuenta con trabajos que estudien los efectos ambientales durante el período seco. Siendo los antecedentes internacionales los que ponen de manifiesto la necesidad de evaluar medidas de mitigación del estrés para obtener mejoras en la productividad en el ámbito regional.

Por lo cual, el presente trabajo tiene por objetivo evaluar el efecto del acceso a la sombra artificial en las variables fisiológicas de las vacas secas y su performance en la lactancia posterior así como su condición corporal y el peso vivo de las mismas.



## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ESTRÉS CALÓRICO

La performance productiva de un animal o un rodeo lechero está afectada por el genotipo y las condiciones ambientales, o sea el contexto en que se desenvuelve la actividad productiva del animal. Estas condiciones ambientales como, clima, topografía, condición física del suelo, año, están determinadas por la ubicación geográfica y temporal en que transcurren las condiciones de producción. A su vez efectos como época de parto, número de lactancia, intervalo parto concepción, entre otros, determinan que los aspectos fisiológicos estén vinculados con circunstancias del ambiente concretas, que implican que la performance productiva no se corresponda con lo reportado por mérito genético.

Estos factores que determinan la producción, se ven afectados por el manejo, o sea por las modificaciones que el productor introduce en los aspectos físicos del ambiente y en el manejo productivo y reproductivo para lograr mayor eficiencia física o rendimiento de leche por unidad productiva, modificando el confort. Siendo que el término “Confort” se refiere a un conjunto de circunstancias que determinan que el comportamiento del animal sea eficaz para el objetivo buscado, la producción de leche, en este caso, buscando minimizar los factores de estrés que puedan generar efectos negativos para el logro de este objetivo (Gallardo y Valtorta, 2011).

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 en tanto son indeseadas (Hafez, 1972).

Para el normal funcionamiento animal es esencial mantener la temperatura corporal dentro de un estrecho margen y de ésta forma poder llevar a cabo normalmente los procesos fisiológicos y metabólicos (Shearer y Beede, 1990). Las funciones corporales, incluyendo aquellas que implican beneficios económicos para el hombre, dependen del mantenimiento de la homeostasis (Hafez, 1972).

Cannon, citado por Hafez (1972) 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.

## 2.2 ELEMENTOS DEL CLIMA QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN

La productividad animal se ve afectada directamente por variaciones en elementos del clima, como son las condiciones de temperatura, velocidad del aire, radiación y humedad, y su acción combinada, e indirectamente por el efecto de los mismos sobre la calidad y cantidad de los componentes principales de la alimentación pasturas y cultivos (Hafez, 1972).

### 2.2.1. Temperatura del aire

El confort y el funcionamiento normal de los procesos fisiológicos del animal dependen del aire del medio que los rodea. Si la temperatura del aire es superior al rango de confort, disminuye la pérdida de calor hacia el exterior, y si aún aumenta por encima de la temperatura de la piel, el calor fluirá en dirección inversa (Martínez, 2011). 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).

### 2.2.2 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). El aumento en la velocidad del viento ayuda a reducir los efectos del estrés por calor mejorando los procesos de disipación de calor por vías evaporativas, principal mecanismo de disipación del calor (Mader et al., 1997, 1999).

### 2.2.3 Radiación

La cantidad de radiación, de energía solar que llega a cierta región dependerá de la latitud, la época del año y las condiciones atmosféricas.

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).

### 2.2.4 Humedad relativa

Los principales efectos de la humedad relativa radican en la reducción de la efectividad de la disipación de calor por sudoración y respiración (Blackshaw y Blackshaw 1994, Renaudeau 2005). La tasa de evaporación depende del gradiente de

presión de vapor que existe entre el animal y el medio (Arias et al., 2008); por lo cual 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).

## 2.3 CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE

### 2.3.1 Índice de temperatura y humedad

Debido a que existe un efecto combinado, de los elementos antes mencionados, sobre la productividad animal, es que se han desarrollado índices bioclimáticos.

Uno de los más utilizados es el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) creado por Thom en 1959; el cual permite conocer el ambiente térmico en el que se desarrolla el animal (Cruz y Saravia, 2008).

$$ITH = (1,8 Ta + 32) - (0,55 - 0,55 HR) \times (1,8 Ta - 26)$$
 conversión de Valtorta y Gallardo (1996).

Donde:

Ta = Temperatura del aire (°C)

HR = Humedad relativa del aire (%)

Johnson et al. (1961) determinaron que vacas en lactación presentan valores de ITH en la zona de confort térmico de 35 a 72 y que el valor crítico de ITH para la producción de leche, en vacas Holstein es 72. Cuanto mayor es el nivel de producción, más sensible es el animal al estrés térmico y por lo tanto el valor crítico de ITH es inferior. Zimelman et al. (2009) en vacas Holstein de alta producción (35 Kg de leche) indicaron que el valor crítico de ITH es 68. Para vacas secas no se han logrado valores críticos de ITH.

Este índice ha sido estudiado para las condiciones de nuestro país (Cruz y Saravia, 2008). Donde se logró la caracterización temporal y la regionalización del país de acuerdo al ITH a partir de registros de 30 años (serie 1961-1990). La frecuencia acumulada de valores de ITH aumenta de diciembre a enero y disminuye hacia marzo. Los mayores valores que se registraron se encuentran en la zona norte y en el mes de enero, lo que se puede observar en la figura No. 1.

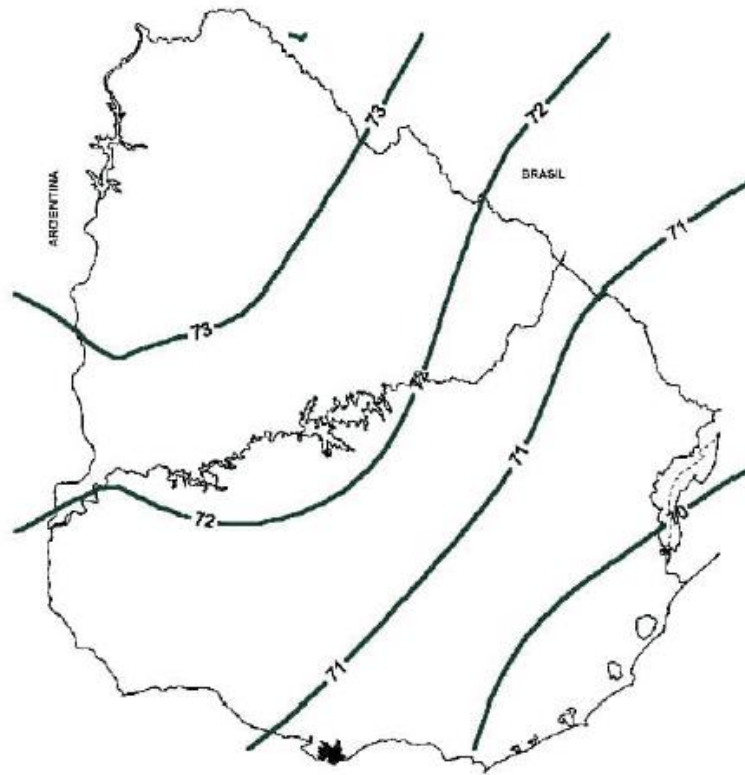


Figura No. 1. Variación espacial del índice de temperatura y humedad del aire en el mes de enero (Cruz y Saravia, 2008).

### 2.3.2. Esfera de Vernon

El animal absorbe radiación de los objetos que lo rodean, aunque la principal fuente es el sol. Una de las forma de registrar la radiación que está incidiendo sobre el animal, en un determinado lugar físico, es el registro la temperatura del “globo negro” o esferas de Vernon.

La temperatura de las esferas de Vernon es el mejor indicador disponible para estimar la carga calórica que sufre el animal debido a que representa la integración de la temperatura del aire, radiación y velocidad del aire (de la Sota, 1995).

El principio fundamental de éste dispositivo es el de integrar los aportes de calor por convección y radiación (Berbigier, citado por Saravia et al., 2003a). La temperatura uniforme registrada dentro del espacio cerrado “negro” expresa las ganancias ó pérdidas de calor del medio ambiente medido (Herting, citado por Saravia et al., 2003a).

## 2.4 INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE LOS ANIMALES Y SU AMBIENTE

El balance de calor entre el animal y su entorno puede representarse por la siguiente ecuación:

$$M = R + C_v + C_d + E + A \text{ (Silanikove, 2000)}$$

En donde: M representa el calor generado por el metabolismo, R las ganancias o pérdidas de energía por radiación,  $C_v$  las ganancias o pérdidas por convección,  $C_d$  las ganancias o pérdidas por conducción, E las pérdidas evaporativas y A el almacenaje de calor.

La transferencia de calor desde el cuerpo del animal hacia el medio se produce a través de las denominadas pérdidas de calor sensible, mediante los procesos de radiación, conducción y convección, de las cuales el animal tiene poco control; y mediante evaporación, sobre la cual si existe un marcado control por parte del animal (Bianca, 1972).

Mediante el mecanismo de radiación el animal absorbe energía incidente del sol, la vía más importante de ganancia de calor; y de los objetos que lo rodean, al mismo tiempo que emite energía de acuerdo a la temperatura corporal; este balance resultará entonces en ganancia o pérdida de calor. La transferencia de calor por conducción se dará si el animal se encuentra en contacto con una superficie, si el animal está más caliente que la superficie de apoyo el calor se perderá por conducción, sin embargo el animal de pie tiene muy poca superficie de contacto, o sea las pérdidas por conducción son mínimas (Silanikove, 2000).

La convección depende de la velocidad del viento y del aire que rodee la superficie corporal, la transferencia de calor es causada por la diferencia de temperatura, perderá calor si el animal está más caliente que el aire, de lo contrario habrá una ganancia de calor por parte del animal. Si la velocidad del viento aumenta se incrementa la transferencia de calor.

A su vez el animal pierde calor por evaporación, esta pérdida se da a través de la sudoración y el jadeo; se produce el cambio de estado del agua de líquido a vapor, donde se absorben de la superficie del animal y del aire circundante alrededor de 600 calorías por gramo de agua evaporada. Con altos contenidos de humedad en el aire se disminuye el intercambio entre la superficie del animal, y el aire, evaporación, aumentando el estrés calórico (Bianca, 1972).

Las pérdidas de calor sensible dependen del gradiente de temperaturas, a diferencia de la evapotranspiración que depende de la capacidad del aire de aceptar

vapor de agua. Siendo esta la razón por la cual a medida que aumenta la temperatura del aire y el ambiente se torna más estresante, la evapotranspiración se transforma en la vía más importante de pérdida de calor.

## 2.5 ZONAS 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).

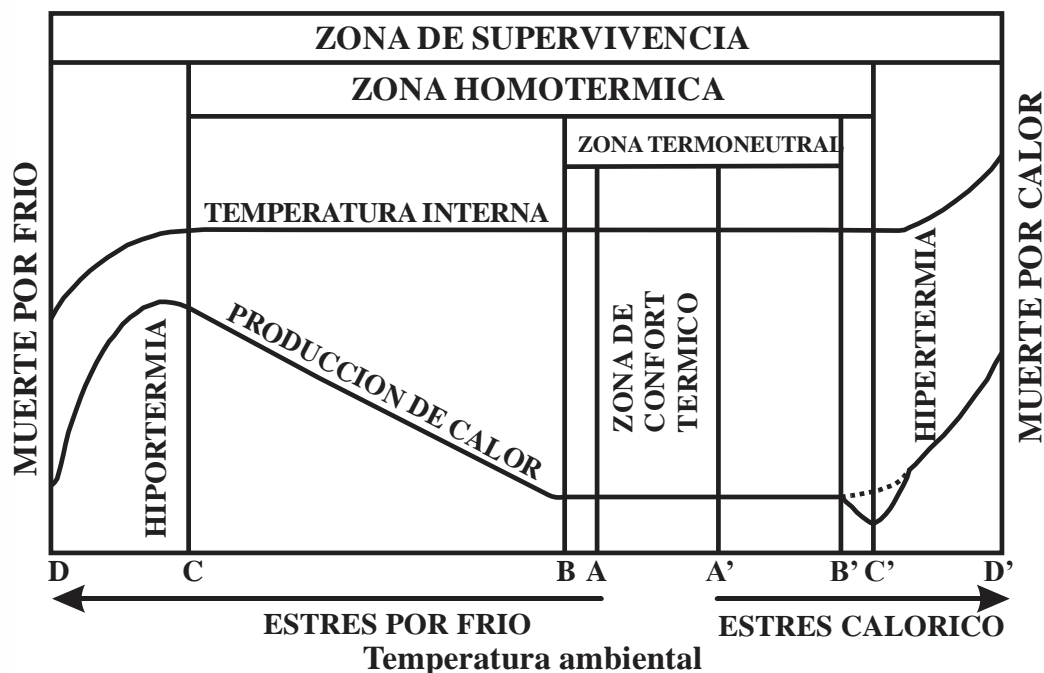


Figura No. 2. Representación de las condiciones ambientales críticas para el animal (Bianca, 1972).

En la figura No. 2 se muestra el rango térmico en que es posible el control fisiológico de la homeotermia, este es mucho más acotado en el caso de calor que en el caso del frío. El control de las situaciones de estrés por frío existe un amplio margen de control de la homeotermia a expensas del incremento en la producción metabólica de calor mientras que en el caso de estrés por calor depende en gran medida de los procesos evaporativos de disipación de calor (Cruz, 2009).

Cuando las temperaturas aumentan por encima de la zona de confort (A') se activan los mecanismos de pérdida de calor a través de la vasodilatación y transpiración y/o jadeo. Cuando se alcanza la temperatura crítica superior, B', el aumento en la temperatura del ambiente puede estar asociado con una disminución de la producción de calor metabólico. Los animales son incapaces de mantener la homeotermia y se torna hipertérmico a partir de C'. En D' se da la muerte por exposición a la temperatura máxima (Gallardo y Valtorta, 2011).

## 2.6 RESPUESTA ANIMAL AL ESTRÉS CALÓRICO

Los mecanismos de respuesta a la termorregulación se expresan en aspectos fisiológicos y comportamentales. Los intentos por compensar las condiciones adversas del ambiente estival (efecto de las mayores temperaturas) llevan al animal a un cambio en el flujo sanguíneo vascular, iniciación de la sudoración, aumento del ritmo respiratorio, cambios endocrinos y por último cambios en el comportamiento. Como primera respuesta, independientemente de las condiciones externas, al darse el aumento de la temperatura de la piel, se produce eliminación de cantidades de agua en forma de vapor. Los cambios fisiológicos que ocurren se dan como forma de compensar el aumento de la temperatura ambiental, para mantener la temperatura corporal (Mc Dowell et al., citados por Saravia, 2009).

Las modificaciones en el flujo sanguíneo son las responsables del aumento de la transferencia de calor a la superficie, la cual depende de la conducción interna de los tejidos y la convección que se da por la corriente sanguínea.

A altas temperaturas ambientales se facilita el flujo de calor desde la piel hacia el medio. Por aumento de esta temperatura de la piel también se da un aumento en la eliminación de agua en forma de vapor, pero el enfriamiento que se da es de poca importancia. Sin embargo la sudoración, control fisiológico de pérdidas de mayores cantidades de agua, que se da por las glándulas sudoríparas, si está asociada a la evaporación como efecto refrigerante.

El incremento en la frecuencia de respiración hasta llegar al jadeo es una de las vías más importantes para mantener el balance térmico y tiene como objeto aumentar la pérdida de calor evaporativas por las vías respiratorias. El aumento de la actividad respiratoria generalmente es el primer síntoma visible en respuesta al estrés por calor, primariamente se genera incrementando la frecuencia y disminuyendo la profundidad respiratoria (polipnea térmica). La frecuencia respiratoria basal para bovinos es de 20 a 40 respiraciones por minutos (r.p.m.) (Thomas y Pearson, 1986); incrementos por encima de 40 r.p.m. son considerados como polipnea térmica, generado para realizar el enfriamiento del cuerpo a través de pérdidas evaporativas por el tracto respiratorio.

Se puede calificar la severidad del estrés que presentan los animales de acuerdo a la frecuencia respiratoria: 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 Pearson, 1986). Cuando la temperatura corporal de bovinos alcanza los 40° C aproximadamente cambia el tipo de respiración, la respiración rápida y superficial cambia a una respiración más lenta y profunda, aumentando la ventilación (Bianca, 1972).

Un indicador del balance térmico y que puede ser usado para evaluar la adversidad del medio ambiente calórico sobre el crecimiento, lactación y reproducción en el ganado lechero es la temperatura rectal (Johnson, 1987). En bovinos para leche el rango de temperatura corporal considerado normal (normotermia) es de 38,4 a 39,0° C (Seath y Miller 1946, Hansen et al. 1992). Cuando la temperatura corporal es mayor el animal está en hipertermia, afectando el sistema nervioso central, llevando a la muerte del mismo con aumentos entre 3 a 6° C por encima del rango de normotermia (Bianca, 1972).

Las principales modificaciones en la conducta animal según Davidson, citado por Gallardo y Valtorta (2011) se presentan en orden decreciente, alineación del cuerpo con la dirección de la radiación, búsqueda de sombra, rechazo a echarse, reducción del consumo, aproximación a las aguadas, salpicado del cuerpo, búsqueda de sombra en otros animales. A su vez el efecto comportamental también genera una reducción del tiempo y patrón de pastoreo.

Las modificaciones en el consumo de agua (CDA) y materia seca (CMS) son directamente afectados, ya que ambos se relacionan con el balance térmico y la regulación de la temperatura corporal; se da un aumento en el CDA y una disminución del CMS (Finch, 1986). Estas condiciones ambientales afectan directamente la demanda de energía para mantención, así como también para la activación de algunas respuestas fisiológicas y de comportamiento animal necesarias para hacer frente a las condiciones adversas del clima (NRC, 1981, 1987). La reducción del CMS es resultado del estrés térmico en el intento del animal por regular sus demandas energéticas con su capacidad de perder calor. Esto implica reducciones en los índices productivos como ganancia de peso, producción y composición de leche (Arias et al., 2008)

## 2.7 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO Y RESPUESTA ANIMAL

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



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 2003b, 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 et al. (2003a) 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 producción, 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. Collier et al. (1982) en Florida Estados Unidos, sobre vacas secas logro diferencias entre el sol y la sombra de un 20% en la temperatura de las Esferas de Vernon, mientras que la temperatura rectal disminuyo solo el 2% y la frecuencia respiratoria un 28% en relación al testigo(sol).

La ventilación forzada se basa en el principio de incrementar las pérdidas de calor por convección. Al hacer circular la capa límite del animal se producirá el gradiente de temperatura necesaria, pero solo puede ser efectivo si la temperatura del aire es menor. De lo contrario puede ser negativo, por hacer circular aire caliente, lo que provocaría ganancias de calor para el animal (Bucklin et al., 1992).

El efecto beneficioso del humedecimiento se basa en las pérdidas de calor por evaporación. Cuando la humedad ambiente ya es elevada se debe considerar que al introducir más agua al ambiente se puede llegar a la saturación, disminuyendo así la vía evaporativa de disipación del calor. Es por esta razón que, por lo general, se utilizan sistemas combinados de ventilación forzada y humedecimiento. Este sistema en condiciones de elevada temperatura ambiental, privilegia la vía más importante de pérdida de calor, la evaporación (Gallardo y Valtorta, 2011).

Los métodos de ventilación forzada con el humedecimiento se combinan de diferentes formas (Armstrong, 1994). Producción de neblinas y ventilación forzada, en este caso se utilizan aspersores que generan una fina niebla que debe evaporarse antes de llegar al animal. Este sistema produce enfriamiento del aire que luego, al circular sobre los animales, aumenta las pérdidas de calor por convección. También se utiliza la combinación de aspersores y ventiladores con el objetivo de lograr gotas suficientemente grandes como para penetrar hasta la cubierta del animal. La evaporación, se asegura por la ventilación forzada, lo que refresca al animal.

Los diferentes trabajos internacionales que utilizaron el método combinado de ventilación y humedecimiento con generación de niebla fina fueron Avendaño et al. (2007), Adin et al. (2009). Mientras que Wolfenson et al. (1988), do Amaral et al. (2009), Tao et al. (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 et al. (2007) en el ensayo realizado en Baja California México, en establo, no encontraron diferencias significativas en las temperaturas es de la mañana, entre el tratamiento, con aspersores y ventiladores, y el testigo, mientras que en la tarde si 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 et al. (2009), Tao et al. (2011), en Israel Wolfenson et al. (1988), Adin et al. (2009) con sistemas de aspersión y ventilación en establos.

Avendaño et al. (2007) midiendo la frecuencia respiratoria de la tarde obtuvieron una reducción del 7% en el tratamiento con aspersores y ventiladores, por su parte Adin et al. (2009) obtuvieron una reducción del 40 y 20% en relación al testigo, Tao et al. (2011) obtuvieron valores de reducción del 42%. Adin et al. (2009), Tao et al. (2011) registraron en el tratamiento confort severidad baja de acuerdo a la clasificación del estrés de Thomas y Pearson (1986).

El CDA durante el período seco se ve aumentado por condiciones de estrés calórico, en valores de 34 y 38 % en los ensayos realizados por Adin et al. (2009), Tao et al. (2011). Adin et al. (2009) encontraron también una aumento del 38% del consumo de agua en el período posparto), sin embargo do Amaral et al. (2009), Tao et al. (2011) no encontraron significativas.

A su vez Adin et al. (2009) observaron que el CMS fue superior para el tratamiento con aspersores y ventiladores (8 y 14 %). Sin embargo do Amaral et al. (2009) 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 registro valores entre el 18 y 4 % superior para animales refrigerados (Adin et al., 2009), sin embargo do Amaral et al. (2009), Tao et al. (2011) solo encontraron diferencias numéricas pero no significativas.

En lo que refiere a la condición corporal, los resultados han sido contradictorios, mientras que Adin et al. (2009) observaron que la condición corporal preparto vario 21 días previos al parto, Wolfenson et al. (1988) no observaron diferencias significativas entre tratamientos. Lo mismo se da durante la lactancia, Wolfenson et al. (1988), do Amaral et al. (2009) no se observaron diferencias en la condición corporal posparto entre tratamiento, pero Tao et al. (2011) si obtuvo diferencias significativas.

Por otra parte, el peso de los terneros al nacer presentó valores superiores para los tratamiento de confort (entre un 6 y 10%; Collier et al. 1982, Wolfenson et al. 1988, Adin et al. 2009, Tao et al. 2011). Sin embargo, Avendaño et al. (2009) no obtuvieron diferencias significativas. Según Adin et al. (2009) estos resultados se relacionarían con una reducción de 4 días en la longitud de la lactancia, pero Collier et al. (1982), Tao et al. (2011) no consiguieron significancia en sus resultados. El enfriamiento también mejoro la cantidad y calidad del calostro, medido a través de la concentración de inmunoglobulinas (Adin et al., 2009).

El enfriamiento en el período seco no provocó cambios en el porcentaje de incidencia de distocias al parto, considerado como un parámetro de salud de las vacas (Adin et al., 2009). Tampoco se vieron repercutidos los parámetros reproductivos, tales como: período parto primer servicio, parto concepción y días abiertos (Avendaño et al. 2007, Adin et al. 2009), pero si se lograron diferencias en el los valores de concepción, con un 36% superior en el tratamiento de confort (Avendaño et al., 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 no efecto (Collier et al., 1982) o mejora (Wolfenson et al. 1988, Avendaño et al. 2007, do Amaral et al. 2009, Adin et al. 2009) en la producción de leche posterior. Collier et al. (1982) reportaron diferencias numéricas, pero no significativas para producción cuando la medida de mitigación utilizada fue el acceso a sombra. Sin embargo, el uso de ventilación y aspersion generó un 3,1 Kg más de leche corregida por grasa (LCG) según Wolfenson et al. (1988), un 11% más de LCG (corregida al 3,5%) según Avendaño et al. (2007), un 46 % más de LCG y un 5% más en leche corregida por energía (LCE) según Adin et al. (2009), y un 36% más de LCG según do Amaral et al. (2009). La mejora en la producción de leche no se ve asociada con el aumento en el CMS y variaciones en la condición corporal posparto no resultaron significativas.

Los resultados de las medidas de mitigación sobre la concentración de grasa en leche no son muy consistentes, mientras que Collier et al. (1982), Adin et al. (2009), do Amaral et al. (2009), Tao et al. (2011) no observaron efecto alguno con el uso de enfriamiento, Avendaño et al. (2009) observaron un 10 % de aumento en la concentración de grasa a favor del confort. En lo que respecta, a la concentración de proteína en leche, Tao et al. (2011) observaron un 5 % de aumento, mientras que Collier et al. (1982), Avendaño et al. (2007), Adin et al. (2009) no demuestran cambios significativos. A su vez las diferencias tampoco fueron significativas para lactosa y urea (Avendaño et al. 2007, Adin et al. 2009, Tao et al. 2011).

A modo de resumen, en los trabajos realizados durante el período seco, se ha demostrado que en la temperatura rectal al igual que la frecuencia respiratoria son inferiores en los tratamientos que ofrecen confort. La frecuencia respiratoria se ubicó en valores que indican una severidad del estrés baja y media alta, según Thomas y Pearson (1986). En cambio los valores de temperatura rectal 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 condición corporal. 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.

## 2.8 HIPÓTESIS

La sombra artificial, reducirá la temperatura rectal y la frecuencia respiratoria de las vacas en período seco.

El estrés térmico en período seco estaría afectando negativamente el desempeño productivo, la composición de la leche la evolución del peso vivo y condición corporal de la lactancia posterior.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El ensayo se realizó en la Unidad de Lechería del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Estación Experimental La Estanzuela, localizada sobre la Ruta 50, km. 11, en el paraje Semillero, departamento de Colonia, República Oriental del Uruguay.

Se inició el día 28 de diciembre de 2013 (día experimental: 1) finalizando, los tratamientos, el 4 de setiembre de 2014 ( $\pm 5,5$ ). El mismo comprende con los 60 días de período seco, y 27 ( $\pm 0,78$ ) semanas posparto. La fecha promedio de parto el 28 de febrero de 2014 ( $\pm 5,5$ ).

#### 3.2 ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Se utilizaron 26 vacas Holstein multíparas gestantes en un diseño en bloques completos al azar. Los factores de bloqueo fueron número de lactancias ( $2 \pm 1,1$ ), producción de leche de la lactancia anterior ( $5662 \pm 506$  L), peso vivo ( $631 \pm 71,5$  kg) y condición corporal ( $3,6 \pm 0,39$ , escala 1 a 5 puntos (Edmonson et al., 1989). Donde cada animal fue asignado al azar a cada uno de los 2 tratamientos:

- Sombra (n: 13): Acceso a la sombra artificial durante el período seco,  $60 \pm 5,5$  días.
- Sol (n: 13): Sin acceso a sombra en el transcurso de todo el período seco,  $60 \pm 5,5$  días.

El sombreado artificial ofrecido consto de redes plásticas de color negro de 80% de intercepción de la radiación solar con una disponibilidad de  $4,5 \text{ m}^2$  por vaca, en una construcción con orientación este-oeste, con una altura de 3,5 metros en la pared sur y una declinación del 15% hacia el norte.

A medida que se daban las pariciones se llevó a cabo un manejo homogéneo entre ambos tratamientos durante los  $27 \pm 0,78$  semanas posparto.

#### 3.3 MANEJO Y ALIMENTACIÓN

Durante el período seco se ofrecía una vez al día una ración totalmente mezclada (RTM) a la 09:00 horas; en comederos de igual acceso para todos los animales, manejando de igual forma a ambos lotes. El tratamiento con sombra tenía libre acceso a la misma durante todo el día, mientras que el testigo, sol, no tenía acceso a sombra en ningún momento.

La alimentación preparto consistió en una mezcla de ensilaje y suplemento (1,49 Mcal/kgMS de energía neta de lactación; 12,7 % de proteína) cuya composición se muestra en el cuadro No. 1. A su vez durante los últimos 25 días de gestación se incluyeron sales aniónicas.

Cuadro No. 1. Composición de la RTM durante el período seco

	Dieta (Kg BS/Vaca)
Silo de maíz	8
Grano de Maíz	1,04
Expeler de soja	1,45
Urea Optigen	0,04
Heno de paja de trigo	0,97

Luego del parto todos los animales fueron manejados en un único lote. El ordeño se realizó dos veces al día a las 05:30 y 16:30 horas; posterior al ordeño de la tarde ingresaban a una pastura con franjas diarias y una disponibilidad de forraje de  $3113 \pm 755$  kgMS/ha, en la cual se ofrecían 9,4 kg MS/a/d promedio por vaca. Se manejaron tres praderas de similares características, de segundo año compuestas por *Medicago sativa* (alfalfa) y *Dactylis glomerata* (dactilis) o *Festuca arundinacea* (festuca) con 26,7% de proteína, 48 % de fibra detergente neutro, 35,2 % de fibra detergente ácido, 11,2 % de cenizas, y 10,7 % de extracto etéreo, en base seca. Después del ordeño matutino se les ofrecía una RTM (09:00 horas) en comederos donde todas las vacas tienen el mismo acceso. La composición de la RTM fue 16,1 % de proteína, 40,6 % de fibra detergente neutro, 23,1 % de fibra detergente ácido, 8,3 % de cenizas, y 4,5 % de extracto etéreo, en base seca.

Cuadro No. 2. Composición de la RTM durante posparto.

	Dieta (Kg BS/Vaca)
Ensilaje de maíz	11,2
Grano de maíz	6,09
Maíz Soja 90/10	2,5
Urea	0,1
Sal	0,02
Bicarbonato de Na	0,15
Carbonato Ca	0,08
Bovimilk Premium *	0,2

\* Composición: 83 % cenizas, 21 % calcio, 1 % fósforo, 4 % magnesio, 12 % sodio 18 % cloro.

La asignación de pastura aumento de acuerdo a los requerimientos de la vacas, la oferta de RTM evoluciono de acuerdo al rechazo en los comederos (no inferior al 5% de la oferta). La dieta fue formulada de acuerdo a NRC (2001).

Los animales tuvieron libre acceso al agua durante todo el experimento.

### 3.4 DETERMINACIONES

#### 3.4.1 En el ambiente

##### 3.4.1.1. Serie histórica

Se utilizaron los registros de la Estación Meteorológica de la INIA La Estanzuela de temperatura del aire media, máxima y mínima diaria, y humedad relativa media, máxima y mínima para el período comprendido entre el 28 de diciembre y el 8 de marzo desde diciembre de 1965 a marzo del 2013 para describir el ambiente térmico. A partir de los promedio diarios de temperatura y humedad se calculó el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) para la serie histórica, usando la conversión de Valtorta y Gallardo (1996):

$$ITH = (1,8 Ta + 32) - (0,55 - 0,55 HR) \times (1,8 Ta - 26)$$

##### 3.4.1.2. Período experimental

Hasta que se culminaron todos los partos (8 de marzo de 2014) se tomaron registros de temperatura del aire media, máxima y mínima diaria, y humedad relativa media, máxima y mínima diaria obtenidos en la Estación Meteorológica de la INIA La Estanzuela ubicada a 2 Kilómetros de donde se realizó el ensayo. A partir de los datos obtenidos de la estación meteorología se calculó el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) para el período experimental (Valtorta y Gallardo, 1996).

#### 3.4.2 En los animales

##### 3.4.2.1. Frecuencia respiratoria y temperatura rectal (Preparto)

Los días experimentales 13, 18, 20, 48, 50 y 55 se llevó el registro de la frecuencia respiratoria (FR). Las mediciones se realizaron en tres momentos del día, 07:00, 13:30, y 17:00, se midió observando el número de movimientos de los francos por 0,50 minutos, se expresó como respiraciones por minuto (r.p.m.). Además se midió la temperatura rectal, los días 13, 18, 20, 48 y 55 a las 07:00 y las 17:00 horas con

termómetro digital (Precisión:  $\pm 0,1$  °C, Marca Omron, modelo MC-245; origen japonés).

#### 3.4.2.2 Producción de leche

Se realizó de forma automática la medición de producción de leche en cada ordeño, con el sistema electrónico Metatrón P 21 certificado por International Committee for Animal Recording (ICAR). Se registró la producción de leche de cada una de las vacas durante 27 semanas con el programa Dairy Plan. El ordeño se llevó a cabo con un equipo GEA WESTFALIA SURGE de 22 órganos.

#### 3.4.2.3 Composición de leche

En los animales se extrajeron semanalmente hasta el día posparto 60 y posteriormente quincenalmente muestras de leche hasta las 27 semanas posparto para determinar el contenido de grasa (G), proteína (P) y lactosa (Lac). Se realizaba una muestra compuesta del ordeño matutino y vespertino mantenidas con conservante (Lactopo, grupo benzo) y refrigeración (4 °C). Dicho análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad de Leche de INIA La Estanzuela, a través del análisis infrarrojo medio (Bentley Model 2000, Bentley Instruments Inc., Chaska, MN, USA) de acuerdo a la metodología propuesta por IDF (2000).

La producción de leche fue corregida por sólidos (LCS) según la siguiente ecuación (Tyrrel y Reid, 1965):

$$\text{LCS} = 12,3 (\text{G}) + 6,56 (\text{SNG}) - 0,0752 (\text{L}); \text{ donde grasa (G) sólidos no grasos (SNG) y leche (L) se expresan en Kg.}$$

#### 3.4.2.4 Peso vivo y condición corporal

Los días experimentales 70, 77, 84, 91, 98, 105, 112, 119, 126, 133  $\pm 5,5$  posterior al ordeño matutino se realizaron conjuntamente las mediadas de peso y condición corporal. Esta última se llevó a cabo de forma visual con una escala de 5 puntos (Edmonson et al., 1989), siempre a cargo de la misma persona.

### 3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental es en bloques completos al azar. Las variables se analizaron ajustando un modelo lineal general con medidas repetidas en el tiempo. El modelo mixto incluyó el tratamiento, el tiempo y la interacción tratamiento  $\times$  tiempo como efectos fijos, y la vaca como efecto aleatorio. El efecto tiempo (“semana” para las variables productivas y “días posparto” para las variables fisiológicas) fue considerado



como factor de medidas repetidas. La caracterización del ambiente térmico se presenta como media  $\pm$  desvío estándar (DE) y los resultados como media  $\pm$  error estándar (EEM). El nivel de significancia utilizado fue de 5%.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE

La temperatura del aire media promedio en el período experimental fue de  $22,7 \pm 3,49$  °C, la temperatura máxima promedio de  $27,9 \pm 4,39$  °C, y la temperatura mínima promedio de  $18,1 \pm 3,32$  °C. Se registraron valores de humedad relativa promedio de  $75 \pm 12$  %, con valores máximo de  $93 \pm 6$  % y mínimos de  $53 \pm 15$  %. El ITH promedio durante el período fue de  $71 \pm 4,9$ , mientras que en la serie histórica fue de  $70 \pm 0,8$ . En las figuras No. 3, 4, 5 se observa la evolución de la temperatura de aire, humedad relativa e ITH promedio del período experimental y la serie histórica (1965-2012).

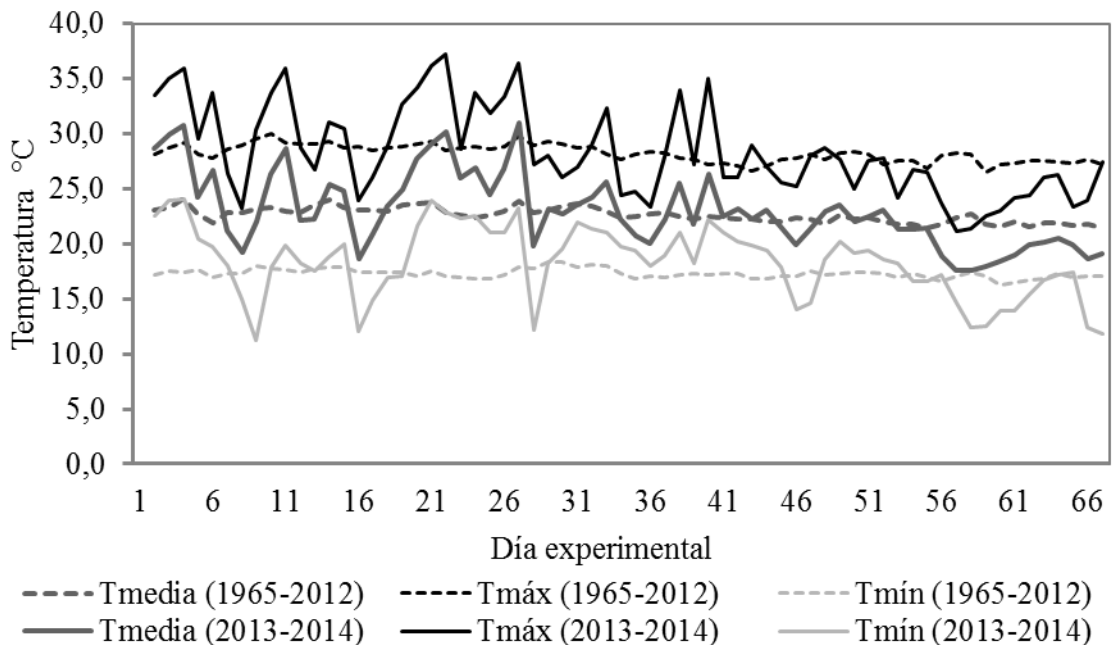


Figura No. 3. Temperaturas (° C) medias, máximas y mínimas promedio durante el período experimental (2013-2014) y la serie histórica (1965-2012).

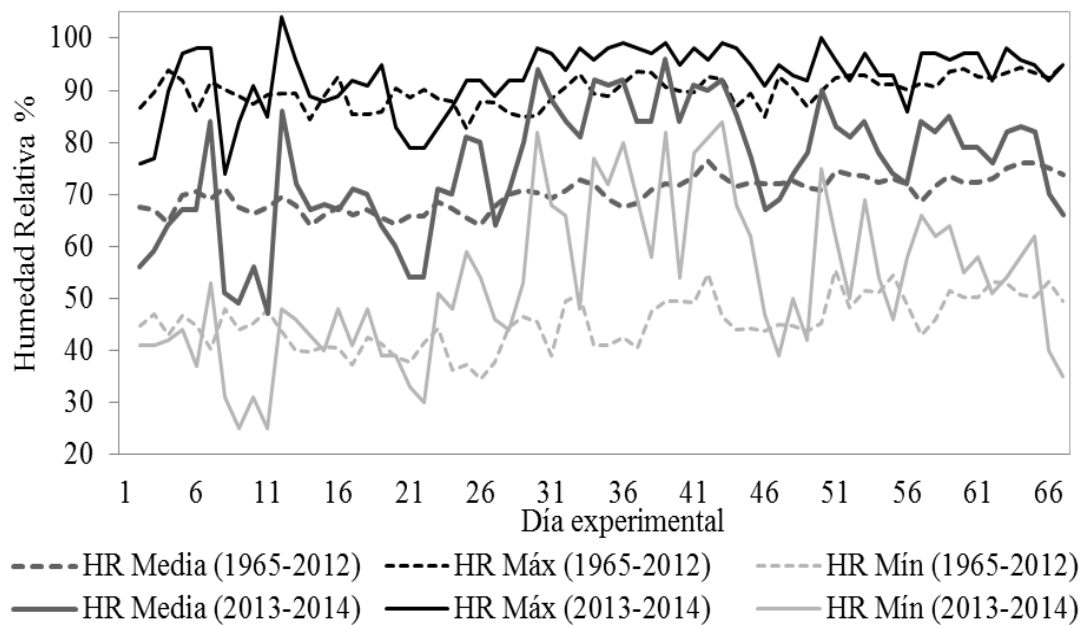


Figura No. 4. Humedad Relativa (%) medias, máximas y mínimas promedio durante el período experimental (2013-2014) y serie histórica (1965-2012).

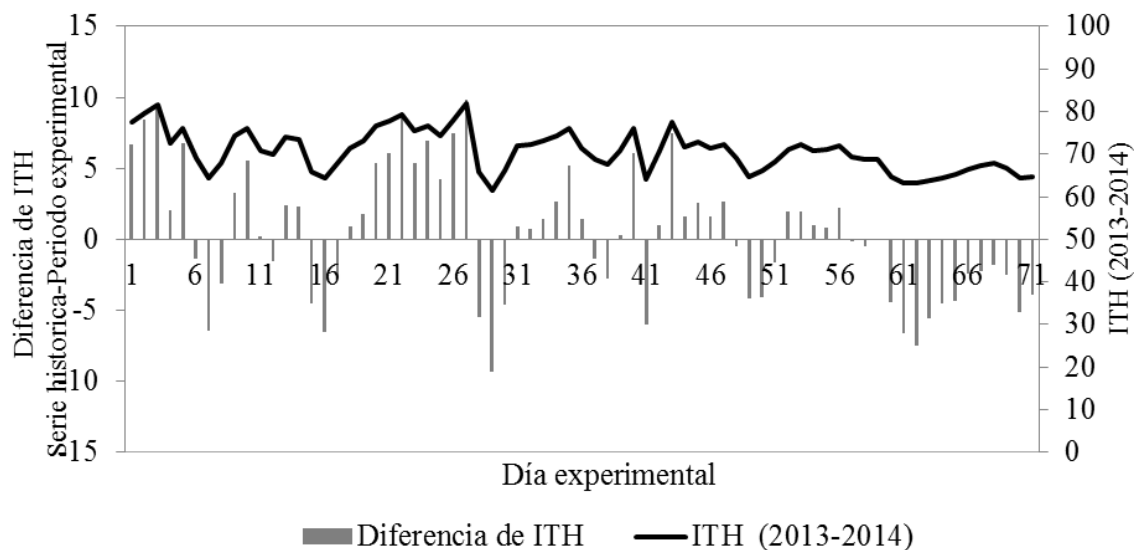


Figura No. 5. Índice de temperatura y humedad durante el período experimental (2013-2014) y diferencia de ITH con respecto a la serie histórica (1965-2012).

## 4.2 DETERMINACIONES EN LOS ANIMALES

### 4.2.1 Frecuencia respiratoria y temperatura rectal

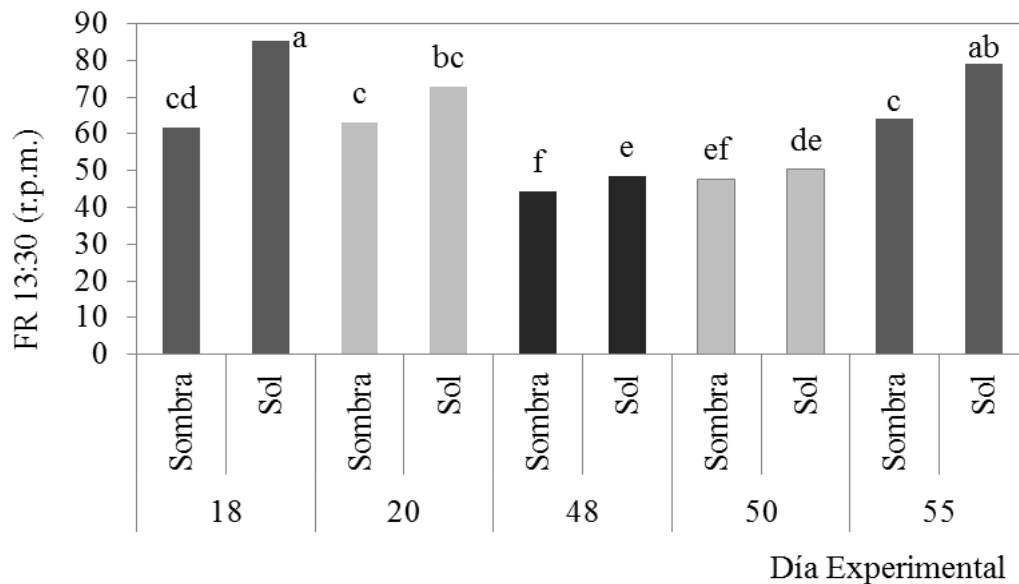
La FR a las 7:00 horas fue afectada significativamente por el día experimental, al igual que a las 13:30 y 17:00 horas ( $P < 0,0001$ ). Los resultados de la FR a las 13:30 y 17:00 horas fueron afectada por el ambiente (sol-sombra) ( $P < 0,0001$  y  $P = 0,0441$ , respectivamente), pero no a las 7:00 horas ( $P = 0,1501$ ) (cuadro No. 3).

Cuadro No. 3. Frecuencia respiratoria (r.p.m., media  $\pm$  EEM.) a las 7:00, 13:30 y 17:00 horas según ambiente (Sombra – Sol).

	FR 7:00	FR 13:30	FR 17:00
Sombra	39,2 $\pm$ 0,06 a	56,1 $\pm$ 0,78 a	49,7 $\pm$ 1,48 a
Sol	39,1 $\pm$ 0,07 a	67,3 $\pm$ 0,79 b	54,6 $\pm$ 1,73 b

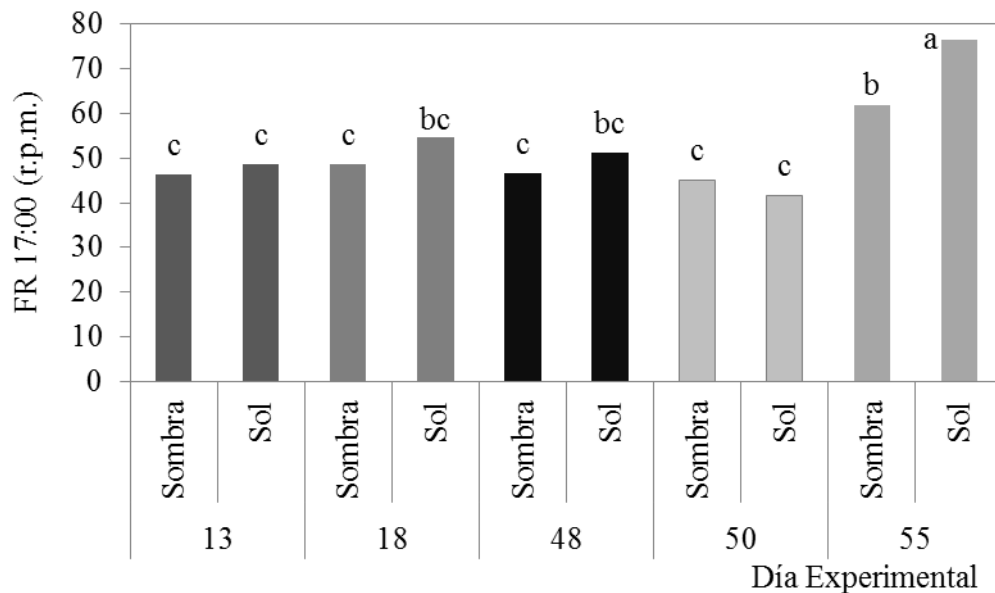
Medias seguidas de letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos.

Los resultados de la interacción día  $\times$  ambiente a las 7:00 horas no se registraron resultados significativos ( $P = 0,1349$ ), pero si a las 13:30 horas ( $P = 0,0013$ ) (figura No. 6) y a las 17:00 horas ( $P = 0,0217$ ) (figura No. 7).



Medias seguidas de letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos.

Figura No. 6. Frecuencia respiratoria (r.p.m., media) a las 13:30 horas según ambiente (sombra y sol) y día experimental.



Medias seguidas de letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos.

Figura No. 7. Frecuencia respiratoria (r.p.m., media) a las 17:00 horas según ambiente (sombra y sol) y día experimental.

La TR en la mañana (7:00 horas) no fue afectada significativamente por el ambiente (sombra - sol), el día experimental, ni por la interacción día  $\times$  ambiente ( $P=0,8136$ ,  $P=0,4022$  y  $P=0,2438$ , respectivamente). En la tarde (17:00 horas) no se registraron diferencias significativas por el ambiente (cuadro No. 4), ni se observó una interacción día  $\times$  ambiente ( $P=0,1562$  y  $P=0,1631$ , respectivamente), pero si fueron significativamente diferentes entre días experimentales ( $P < 0,0001$ ).

Cuadro No. 4. Temperatura rectal ( $^{\circ}\text{C}$ , media  $\pm$ EEM) a las 7:00 y 17:00 de acuerdo al ambiente (Sombra -Sol).

	TR 7:00	TR 17:00
Sombra	38,2 $\pm$ 0,06 a	39,2 $\pm$ 0,07 a
Sol	38,3 $\pm$ 0,06 a	39,1 $\pm$ 0,07 a

Medias seguidas de letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos.

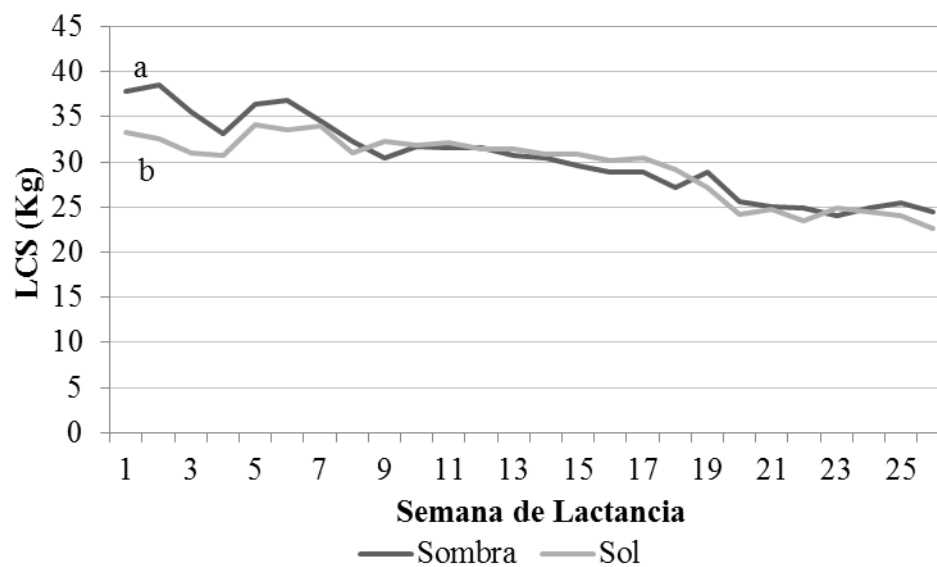
#### 4.2.2 Producción de leche

La producción LCS fue significativamente afectada por el ambiente (sol-sombra) ( $P=0,0478$ ) (cuadro No. 5). La evolución de la misma hasta las 27 semanas se observa en la figura No. 8. En la 2 semana observan diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro No. 5. Producción de leche corregida por sólidos (LCS; kg; media  $\pm$ EEM) según ambiente (Sombra - Sol).

	LCS
Sombra	30,35 $\pm$ 0,313 a
Sol	29,47 $\pm$ 0,314 b

Medias seguidas de letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos.



Medias seguidas de letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos.

Figura No. 8. Evolución de la producción de LCS (Kg) según ambiente (Sombra - Sol) durante 27 semanas posparto.

#### 4.2.3 Composición de leche

El rendimiento de grasa fue significativamente afectada por el ambiente (sol, sombra), ( $P = 0,0103$ ) al igual que el rendimiento de proteína y lactosa ( $P < 0,0001$ ,  $P = 0,0012$ , respectivamente) (cuadro No. 6).

Cuadro No. 6. El rendimiento de grasa, proteína y lactosa (kg, media  $\pm$ EEM) según los efectos residuales del ambiente en período seco, sombra, sol.

	G	P	Lac
Sombra	1,48 $\pm$ 0,039 a	1,12 $\pm$ 0,015 a	1,70 $\pm$ 0,026 a
Sol	1,33 $\pm$ 0,039 b	1,03 $\pm$ 0,015 b	1,57 $\pm$ 0,026 b

Medias seguidas de letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos.

La concentración de grasa al igual que la de proteína no fue significativamente afectada por el ambiente (sol, sombra) ( $P = 0,9247$ ,  $P = 0,8640$ , respectivamente) (cuadro No. 7).

Cuadro No. 7. Concentración de grasa, proteína (% , media  $\pm$ EEM) según los efectos residuales del ambiente en período seco, sombra, sol.

	G	P
Sombra	3,8 $\pm$ 0,103 a	3,1 $\pm$ 0,041 a
Sol	3,7 $\pm$ 0,110 a	3,2 $\pm$ 0,042 a

Medias seguidas de letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos.

#### 4.2.4 Condición corporal y peso vivo

El PV y la CC no registraron diferencias significativas tomando hasta el día 119  $\pm$ 5,5 posparto ( $P = 0,1296$  y  $P = 0,3840$ , respectivamente) (cuadro No. 8).

Cuadro No. 8. Peso Vivo (Kg, media  $\pm$ EEM) y Condición Corporal (unidades, media  $\pm$ EEM) según ambiente (Sombra - Sol).

	CC	PV
Sombra	2,9 $\pm$ 0,03 a	567,1 $\pm$ 4,37 a
Sol	2,8 $\pm$ 0,03 a	556,8 $\pm$ 4,87 a

Medias seguidas de letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos.

## 5. DISCUSIÓN

De la comparación entre la serie histórica (1965-2012) y el período experimental (figura No.3) se observa que la temperatura media promedio fue 0,44 % superior y la temperatura máxima fue 1,4 % inferior en el período experimental. Las temperaturas mínimas promedio se ubican 4,4% por encima del promedio de la serie histórica. 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 et al., 2011), durante el período experimental las mismas fueron superiores, llegando a duplicar los registros de la normal climatológica (anexo No. 1). Esto explicaría la presencia de valores de HR promedio durante el experimento superior a la serie histórica ( $70 \pm 3$  % en relación a  $75 \pm 12$  %) (figura No.4). Así como valores de HR máxima y mínima promedios durante el período experimental superiores a la serie histórica (3 % y 15% superior, respectivamente). El 52 % del período experimental presentó valores de ITH diario superiores a los promedios diarios de serie histórica (figura No.5), lo que determina que el ITH promedio durante el período experimental fuera superior a la serie ( $71 \pm 4,9$  vs  $70 \pm 0,8$ , respectivamente). El ambiente en los meses que se desarrolló el experimento fue más cálido que el resto de los años de la serie histórica; caracterizado principalmente por temperaturas mínimas superiores que podrían dificultar la recuperación nocturna de la normotermia, y temperaturas medias levemente superiores. También 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 en producción el ITH crítico a partir del cual se repercute el desempeño productivo, es de 72 (Johnson et al., 1961), para vacas de media-baja producción de leche. Tomando como referencia este valor, un 45 % de los días experimentales presentaron valores superiores, mientras que en la serie histórica solo el 11 % lo supera. En animales en alta producción de leche (35 kg leche/a/d) el ITH crítico es de 68 (Zimbelman et al., 2009). El 72 % de los días experimentales presentan 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 7:00 horas la FR sin diferencias entre tratamientos se ubicaba en el rango de valores basales,



mientras que a las 13:30 y 17:00 horas las diferencias entre tratamientos fueron significativas a favor del tratamiento sombra. Las vacas que se encontraban al sol presentaron a las 13:30 horas valores que indicaban estrés medio-alto (67,3 r.p.m.), mientras que las vacas ubicadas a la sombra se encontraron en situación de estrés bajo (56,1 r.p.m.). La media para FR 17:00 indicó que las vacas estaban en un nivel de estrés bajo (49,7 r.p.m., y 54,6 r.p.m., sombra, sol respectivamente). Adin et al. (2009), trabajando en un sistema de refrigeración para brindar confort a las vacas obtuvieron una diferencia en FR15:00 de 40 %, lo que permitió obtener niveles de estrés bajo (43 r.p.m.), en relación a los resultados sin refrigeración que el estrés fue medio-alto (72,8 r.p.m.). Mientras que en su experimento 2, a nivel de establecimientos comerciales, las vacas estaban en estrés bajo y obtuvieron una reducción del 20 % (45,4 r.p.m. y 57,4 r.p.m. para el tratamiento confort y el testigo respectivamente). En el trabajo de Collier et al. (1982) el tratamiento sol registro niveles de estrés alto (87,4 r.p.m.) en la FR en la tarde, presentando una reducción del 28 % con el uso de sombra (63,3 r.p.m.). La forma utilizada para reducción del estrés calórico por Collier et al. (1982) fue similar a la utilizada en este caso, por el contrario Adin et al. (2009) trabaja en un sistema estabulado (acceso a sombra en ambos tratamientos) donde el tratamiento diferencial es la refrigeración (neblinas - evaporative cooling). El acceso a sombra en Collier et al. (1982) fue significativo en la reducción de la FR, dándose un cambio en la categoría de estrés según Thomas y Pearson (1986). En nuestro trabajo en la FR13:30 se observó una reducción del 17 % y un cambio en la categoría de estrés, pero a las 17:00 el categoría de estrés para ambos tratamientos era bajo y solo se registró una diferencia de 9% en FR. El aumento de FR 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 et al. (1992) consideran como TR normal. Para ambos tratamientos los valores medios se ubicaron dentro de este rango, superiores a las 17:00 e inferiores a las 7:00, (cuadro No. 4). 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. Aunque los animales sufrieron de estrés puesto que elevaron la FR a las 13:00 fueron capaces de mantener la normotermia. Collier et al. (1982), reportaron que con acceso a sombra artificial la TR logran obtener una diferencia del 2 % entre el tratamiento sombra y el testigo con valores por encima del rango normal (39,2 vs 40° C). En tanto Adin et al. (2009) registro variaciones de TR significativas pero inferiores al 1% en los valores de la normotermia (experimento 1: 38,4 vs 38,7° C y experimento 2: 38,5 vs 38,8° C). 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 Adin et al. (2009) como en el presente el aumento de FR, logran el mantenimiento de la TR dentro de los rango normales. Pero en el caso de Collier et al. (1982) 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 48, 50) 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 18, 20, 55) 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 10% 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 15 y 39 % en comparación con el tratamiento sombra. 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 55 se registraron valores máximos de FR y TR para ambos tratamientos. La FR 13:30 y 7:00 horas del tratamiento sol numéricamente fue la más altas de las registradas, llegando al nivel de estrés alto (Thomas y Pearson, 1986) mientras que sombra logro un nivel medio-alto. La FR 17:00 registró nivel medio alto solamente el día experimental 55. Para este día la TR17:00 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 et al. (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 los resultados productivos se encontró que la LCS fue significativamente afectada por el tratamiento, pero las diferencias son más marcadas en las primeras semanas de la lactancia, aunque solo se registraron diferencias significativas en la semana 2. La producción aumentó el 3% de LCS lo que confirma lo reportado en la bibliografía internacional, donde la exposición a condiciones de confort (ventilación y aspersion (Wolfenson et al. 1988, do Amaral et al. 2009, Tao et al. 2011), y neblinas – “evaporative cooling” (Avendaño et al. 2007, Adin et al. 2009) en período seco, aumentan la producción leche corregida por grasa. Sin embargo Collier et al. (1982) mostraron que el acceso a sombra artificial no obtuvo resultados significativos. En este trabajo a pesar de observarse aumentos en la FR a niveles altos no se logró disminuir la TR, incluso en los animales a la sombra, los que se estresan. Esta podría ser una de las razones por la cual no se observan diferencias en LCS. En tanto, en los trabajos de Avendaño et al. (2007) el ambiente fue estresante indicado en la alta FR observada, sin embargo, los animales logran disminuir la TR con las medidas de mitigación y ubicarlas en los rangos de la normotermia, y al igual que en los restantes y el presente trabajo. Esto indicaría que, si se logran diferencias en TR entre los tratamientos que permitan a los animales bajo medidas de mitigación logran mantener la TR dentro del rango de la

normotermia, se observarían mejoras en la producción de leche por el uso de medidas de mitigación.

La diferencia en rendimiento de G y P es resultado de los distintos niveles de producción, ya que la concentración para ambos tratamientos es similar, se obtuvo mayor rendimiento en sólidos a la sombra, debido a un aumento en la producción de leche. Estos resultados son similares a los reportados por do Amaral et al. (2009) para G quienes obtuvieron aumentos significativos en el rendimiento (en 44 %), pero no así en la concentración. Sin embargo, tanto para el rendimiento como concentración de G los resultados los de trabajos de la literatura internacional no son muy consistentes. Hay trabajos que no reportan diferencias significativas en concentración (Collier et al. 1982, Adin et al. 2009, do Amaral et al. 2009, Tao et al. 2011), mientras que Avendaño et al. (2007) consiguieron aumentos en esta. Sin embargo, la mayoría de estos muestra al igual que en el presente ensayo no cambios en la concentración de G. Para el caso de los rendimientos de P estos resultados son similares a los obtenidos por Adin et al. (2009), donde se diferencia por rendimiento y no por concentración. Tanto (Collier et al. 1982, Avendaño et al. 2007, Adin et al. 2009, do Amaral et al. 2009) no observan diferencias en la concentración de P en leche, sin embargo, Tao et al. (2011), obtuvieron diferencias en la concentración. Los resultados obtenidos en el presente trabajo en el rendimiento de Lac reportan diferencias significativas del 8 %, difiere con lo que reportó Tao et al. (2011) que no demuestran diferencias en rendimiento y al igual que Adin et al. (2009) tampoco en concentración.

En lo que refiere a la CC y PV posparto, los resultados son coincidentes con Wolfenson et al. (1988), Tao et al. (2011) quienes no indican diferencias, pero no así con do Amaral et al. (2009) quien obtuvo resultados significativos a favor del tratamiento confort.

En vacas durante el período 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 consumo de materia seca, al mismo tiempo que se dan los mayores requerimientos para el crecimiento de este y la preparación de la vaca para la posterior lactancia. Condiciones de estrés, tratamiento sol, ocasiona aumentos de la FR para reducir la TR, que generan que el consumo de materia seca se vea reducido como resultado de las condiciones ambientales (11,5 vs 12,0 kg/a/d de RTM  $P=0,0001$  sol sombra respetivamente)<sup>1</sup>. La ingestión de materia seca durante la lactancia no se ve afectada (RTM 15,6 kg/a/d sol vs 15,5 kg/a/d sombra  $P=0,9003$ , forraje 9,2 kg/a/d sol vs 8,8 kg/a/d sombra  $P=0,5427$ )<sup>1</sup> al igual que tampoco se dan cambios en la CC y PV. Por

---

<sup>1</sup> Román, L.; Banchemo, G.; Morales, T.; Acosta, Y.; Mendoza, A.; Pla, M.; La Manna, A. 2015. Acceso a sombra durante el período seco de vacas lecheras I; consumo de alimento y agua. In: Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal (37°, 2015, Buenos Aires, Argentina). s.n.t. s.p. (sin publicar).

lo que la diferencia en la producción (LCS), y el rendimiento de sólidos se daría como consecuencia del efecto residual del acceso a sombra artificial. Collier et al. (1982), Avendaño et al. (2007) atribuyen este efecto a que vacas en confort presentan mayor concentración promedio de hormonas tiroideas (T3 y T4) durante período seco. La reducción de T3 y T4 como consecuencia estrés térmico estaría repercutiendo en el crecimiento de la glándula mamaria y la placenta. Según Adin et al. (2009) el aumento en el metabolismo del tejido mamario se ve asociado con el uso de ácidos grasos para la proliferación de las células epiteliales mamarias en las vacas en confort, se da acompañado con una disminución en la expresión de enzimas responsables de la actividad de lipogénesis en este tejido. Lo que indica la ausencia de lipogénesis del tejido graso en la glándula mamaria durante el período seco, reflejando el uso de la energía a partir de ácidos grasos para la nueva síntesis de las células epiteliales en la glándula mamaria desarrollado, lo que aumentaría la productividad en la siguiente lactancia.

## 6. CONCLUSIONES

El período seco se caracterizó por ser más cálido que la serie histórica (1965-2012) con ITH promedios superiores.

En el período seco la FR13:30 indico que las vacas a la sombra presentaron condiciones de estrés bajas mientras las que no accedieron a esta 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.

La producción de leche corregida por sólidos para el tratamiento sombra fue mayor, al igual que los rendimiento de solidos (grasa, proteína y lactosa) en leche, pero no así el concentración de los sólidos (grasa y proteína) que se mantuvo igual para ambos tratamientos. El aumento de la producción de leche es el responsable de las diferencias en la producción de solidos ya que la concentración no registro variaciones.

El aumento en el rendimiento de sólidos en leche se asocia a un efecto residual del acceso a sombra durante el período seco ya que no se registraron modificaciones de condición corporal ni peso vivo durante el posparto.

## 7. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del acceso a la sombra artificial en las variables fisiológicas de las vacas secas y su performance en la lactancia posterior así como su condición corporal y el peso vivo de las mismas. El ensayo se realizó en la Estación Experimental de INIA, “La Estanzuela”, Colonia, Uruguay desde el 28 de diciembre de 2013 a setiembre de 2014. Se asignaron 26 vacas multíparas gestantes con fecha de parto promedio 28 de febrero ( $\pm 5,5$ ), a dos tratamientos: con ( $n=13$ ) y sin ( $n=13$ ) acceso a sombra artificial durante el período seco ( $60 \pm 5,5$ ). Se caracterizó el ambiente térmico histórico (1965-2012) y del período seco (28 de diciembre de 2013 a 8 de marzo de 2014) con los registros de temperatura, humedad relativa e ITH de la estación meteorológica. Durante el período seco se registró en los animales temperatura rectal (7:00 y 17:00 horas) y frecuencia respiratoria (7:00, 13:30 y 17:00 horas). Luego del parto todos los animales se manejaron en un único lote, con dos ordeñes diarios (05:30 y 16:30 horas) y se registró la producción de leche, semanalmente se tomaron muestras para composición (grasa, proteína y lactosa). Semanalmente se verificó la condición corporal y el peso de las vacas. Durante el período seco la temperatura del aire promedio fue de  $22,7 \pm 3,49$  °C con máximos promedio de  $27,9 \pm 4,39$  °C y mínimos de  $27,9 \pm 4,39$  °C. La humedad relativa promedio fue de  $75 \pm 12$  % con máximos promedio de  $93 \pm 6$  % y mínimos de  $53 \pm 15$  %. El ITH promedio  $71 \pm 4,91$ . El período experimental fue más cálido que la serie histórica (1965-2012). La frecuencia respiratoria a las 13:30 y 17:00 horas fue superior en el tratamiento sol que en la sombra ( $P < 0,0001$ ) indicando condición de estrés en los animales. Sin embargo, las temperatura rectal no fueron diferentes entre tratamientos ( $P=0,8136$   $P=0,1562$ ) y se ubicaron en el rango de normotermia. La producción de leche corregida por sólidos (LCS) fue afectada por el acceso a sombra ( $P=0,0478$ ) hasta la semana 27 posparto, 30,35 y 29,47 Kg de LCS para acceso a sombra y sin acceso a esta respectivamente. Los rendimientos de grasa, proteína y lactosa fueron afectados por el tratamiento ( $P=0,0103$ ,  $P=0,0001$  y  $P=0,0012$ , respectivamente), no habiendo efecto en la concentración de grasa y proteína ( $P=0,9247$  y  $P=0,8640$ , respectivamente). El acceso a sombra artificial durante período seco, no afectó la condición corporal de las vacas ( $P=0,3840$ ) ni el peso vivo ( $P=0,1296$ ) desde el parto hasta el día  $119 \pm 5,5$  posparto. Estos resultados señalan que el acceso a sombra artificial durante período seco mejora la producción de la lactancia posterior.

Palabras clave: Producción de leche; Sombra; Estrés térmico; Período seco.

## 8. SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the effect of access to artificial shade during dry period, on the production and composition of milk, live weight and body condition of Holstein cows. The test was carried out at the Experimental Station of INIA, "La Estanzuela", Colonia, Uruguay, from 28th December, 2013 to 11th September, 2014. 26 multiparous pregnant cows with an average date of birth corresponding to 28th February ( $\pm 5,5$ ), were allocated to two treatments: with ( $n = 13$ ) and without ( $n = 13$ ) access to artificial shade during the dry period ( $60 \pm 5,5$ ). The historical thermal environment (1965-2012) and the dry period (28th December, 2013 to 8th March, 2014) were characterized with records of temperature, relative humidity and ITH from weather station. During the dry period it was recorded in animals rectal temperature (7:00 and 17:00) and respiratory rate (7:00, 13:30 and 17:00). After birth, all the animals were handled in a single batch, with two daily milkings (05:30 and 16:30 hours) and milk production was recorded, samples were taken for composition weekly (fat, protein and lactose). Body condition and weight of the cows were verified weekly. During the dry period the average air temperature was  $22,7 \pm 3,49^{\circ}\text{C}$  with average maximums of  $27,9 \pm 4,39^{\circ}\text{C}$  and minimums of  $27,9 \pm 4,39^{\circ}\text{C}$ . The average relative humidity was  $75 \pm 12\%$  with average maximums of  $93 \pm 6\%$  and minimums of  $53 \pm 15\%$ . The average ITH was  $71 \pm 4,91$ . The experimental period was warmer than the historical series (1965-2012). Respiratory rate at 13:30 and 17:00 hours in treating Sun was superior to shade ( $P < 0.0001$ ) indicating condition of stress in animals. However, the rectal temperature did not differ between treatments ( $P = 0,8136$   $P = 0,1562$ ) and were in the range of normothermia. The production of milk corrected by solids (LCS) was affected by the access to shade ( $P = 0,0478$ ) until week 27 post-partum, 30,35 and 29,47 Kg of LCS to access to shade and without access to this respectively. Fat, protein and lactose yields were affected by treatment ( $P = 0,0103$ ,  $P = 0,0001$  and  $P = 0,0012$ , respectively), there is no effect in fat and protein concentration ( $P = 0,9247$  y  $P = 0,8640$ , respectively). Access to artificial shade during dry period, does not affect the body condition of cows ( $P = 0,3840$ ) nor the live weight ( $P = 0,1296$ ) from birth until the day  $119 \pm 5,5$  post-partum. These results indicate that access to artificial shade during dry period improves the production of the subsequent lactation.

Key words: Milk production; Shade; Heat stress; Dry period.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Adin, G.; Gelman, A.; Solomon, R.; Flamenbaum, I.; Nikbachat, M.; Yosef, M.; Zenou, A.; Shamay, A.; Feuermann, Y.; Mabjeesh, J. S.; Miron, J. 2009. Effects of cooling dry cows under heat load conditions on mammary gland enzymatic activity, intake of food water, and performance during the dry period and after parturition. *Livestock Science*. 124: 189-195.
2. Arcos, A. 2008. Estudio de la incidencia de algunos factores ambientales relevantes para la producción de leche. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 70 p.
3. Arias, R. A.; Mader, T. L.; Escobar, P. C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivo de Medicina Veterinaria*. 40: 7-22.
4. Armstrong, D. V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Animal Science*. 77: 2044-2050.
5. Avendaño Reyes, L.; Alvarez Valenzuela, F. D.; Correa Calderon, A.; Saucedo Quintero, J. S.; Rivera Acuña, F.; Verdugo Zárate, F. J.; Aréchiga Flores, C. F.; Robinson, P. H. 2007. Evaluation of a cooling system used in the dry period of dairy cattle in summer. *Técnica Pecuaria de México*. 45(2): 209-225.
6. Bianca, W. 1972. Termorregulación. In: Hafez, E. S. E. ed. *Adaptación de los animales de granja*. México, Herrero. pp. 135-162.
7. Blackshaw, J.; Blackshaw, A. W. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour; a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34: 285-295.
8. Bucklin, R. A.; Hahn, G. L.; Beede, D. K.; Bray, D. R. 1992. Physical facilities for warm climates. In: Van Hom, H. H.; Wilcox, C. J. eds. *Large dairy herd management*. Champaign, IL, American Dairy Science Association. pp. 609-618.
9. Capuco, A. V.; Ellis, S. E. 2013. Comparative aspects of mammary gland development and homeostasis. *Annual Review of Animal Biosciences*. 1: 179-202.



10. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. Montevideo, INIA. 34 p. (Serie Técnica no. 193)
11. Chilibroste, P. 2012. Estrategias de alimentación en sistemas de producción de leche de base pastoril. Cangüé no. 32: 2-8.
12. Collier, R. J.; Doelger, S. G.; Head, H. H.; Thatcher, W. W.; Wilcox, C. J. 1982. Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of holstein cows. *Journal of Animal Science*. 54: 309-319.
13. Cruz, G.; Saravia, C. 2008. Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia (Montevideo)*. 12 (1): 56-60.
14. \_\_\_\_\_. 2009. Biometeorología del calor sobre la producción de leche de vacas holstein en Uruguay. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 84 p.
15. De la Sota, R. L. 1995. Manejo reproductivo de rodeos de alta producción bajo condiciones de estrés térmico. *In: Jornada sobre el Estrés por Calor y su Impacto en Rodeos de Alta Producción Lechera (1995, Rafaela, AR)*. Memorias. Rafaela, INTA. pp. 25-38.
16. Do Amaral, B. C.; Connor, E. E.; Tao, S.; Hayen, M. J.; Bubolz, J. W.; Dahl, G. E. 2009. Heat-stress abatement during the dry period; does cooling improve transition into lactation? *Journal of Animal Science*. 92: 5988-5999.
17. Edmonson, J. A.; Lean, I. J.; Weaver, L. D.; Farver, T.; Webster, G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Animal Science*. 72: 68-78.
18. Finch, V. A. 1986. Body temperature in beef cattle; its control and relevance to production in the tropics. *Journal of Animal Science*. 62: 531-542.
19. Gallardo, M.; Valtorta, S. 2011. Producción y bienestar animal; estrés por calor en ganado lechero impacto y mitigación. Buenos Aires, AR, Hemisferio Sur. 125 p.

20. García López, R.; Herrera, J.; González, M. R. 2004. Estudio preliminar de algunos indicadores de estrés en vacas Holstein, según estado de pre-parto y post-parto en área tropical. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 38(3): 245-248.
21. Gulay, M. S.; Hayen, M. J.; Bachman, K. C.; Belloso, T.; Liboni, M.; Head, H. H. 2003. Milk production and feed intake of Holstein cows given short (30-d) or normal (60-d) dry periods. *Journal of Animal Science*. 86: 2030-2038.
22. Hafez, E. S. E. 1972. Principios de la adaptación animal. In: Hafez, E.S.E. ed. *Adaptación de los animales de granja*. México, Herrero. pp. 13-30.
23. Hansen, P. J.; Thatcher, W. W.; Ealy, A. D. 1992. Methods for reducing effects of heat stress on pregnancy. In: Van Hom, H. H.; Wilcox, C. J. eds. *Large dairy herd management*. Champaign, IL, American Dairy Science Association. pp. 116-125.
24. 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 Dairy of Science*. 44 (6): 1191.
25. \_\_\_\_\_. 1965. Environmental temperature and lactation (with special reference to cattle). *International Journal of Biometeorology*. 9 (2): 103-116.
26. \_\_\_\_\_. 1987. Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production. In: Johnson, H. D. ed. *Bioclimatology and the adaptation of livestock*. Amsterdam, Elsevier. pp 35-52.
27. Mader, T. L.; Fell, L. R.; McPhee, M. J. 1997. Behavior response of non-Brahman cattle to shade in commercial feedlots. In: *International Livestock Environment Symposium (5<sup>th</sup>, 1997, St. Joseph, MI)*. Proceedings. St. Joseph, MI, USA, ASAE. pp. 795-802.
28. \_\_\_\_\_.; Dahlquist, J. M.; Hahn, G. L.; Gaughan, G. B. 1999. Shade and wind barrier effects on summer-time feedlot cattle performance. *Journal Dairy of Science*. 77: 2065-2072.
29. Martínez Badillo, A. 2011. Estrés calórico en el ganado lechero (*Bos taurus*) de la raza Holstein. Tesis de Maestro en Ciencias Línea Terminal Biosistemas. Querétaro, México. Facultad de Ingeniería. 68 p.

30. NRC (National Research Council, US). 1981. Effect on environment on nutrient requirements of domestic animals. Washington, D. C., National Academy Press. 152 p.
31. \_\_\_\_\_. 1987. Predicting feed intake of food-producing animals. Washington, D. C., National Academy Press. 96 p.
32. \_\_\_\_\_. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, D. C., National Academy Press, 381 p.
33. Renaudeau, D. 2005. Effects of short-term exposure to high ambient temperature and relative humidity on thermoregulatory responses of European (Large White) and Caribbean (Creole) restrictively-fed growing pigs. *Animal Research*. 54: 81-93.
34. Saravia, C.; Bentancur, O.; Cruz, G. 2003a. Caracterización de diferentes situaciones del ambiente utilizando esferas de Vernon. In: Congreso Brasileiro de Agrometeorología (13°, 2003, Santa Maria, BR). Anais. Santa Maria, SBA/UFSM/UNIFRA. pp. 651-652.
35. \_\_\_\_\_.; Cruz, G. 2003b. Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. Facultad de Agronomía (Montevideo). Nota Técnica no. 50. 36 p.
36. \_\_\_\_\_. 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.
37. Seath, D. M.; Miller, G. D. 1946. Effect of warm weather on grazing performance of milking cows. *Journal of Dairy Science*. 29: 199-206.
38. Shearer, J. K.; Beede, D. K. 1990. Effects of high environmental temperature on production, reproduction, and health of dairy cattle. *Agri-Practice* 11(5): 6-17.
39. Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*. 67: 1-18.
40. 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. *Journal of Animal Science*. 94: 5976-5986.
41. Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*. 12: 57-59.

42. 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.
43. Valtorta, S. E.; Gallardo, M. R. 1996. El estrés por calor en producción lechera. INTA Rafaela. Miscelánea no. 81: 173-185
44. Wolfenson, D.; Flamenbaum, I.; Berman, A. 1988. Dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight, and milk production. *Journal of Animal Science*. 71: 809–818.
45. 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. In: Southwest Nutrition and Management Conference (24<sup>th</sup>.,2009, Tempe, Arizona). Proceedings. Arizona, UA. pp. 158-169.

## 10. ANEXOS

Anexo 1. Precipitaciones en el período de diciembre - marzo, 2013-2014, estación meteorológica INIA La Estanzuela.

