

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE TEMPERATURA Y
HUMEDAD, EL MANEJO DE LOS ANIMALES Y LA PRODUCCIÓN EN VACAS
LECHERAS

por

Ignacio CHILIBROSTE
Fernando DAMIANI

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2019

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. MSc. Diego Mattiauda

Ing. Agr. PhD. Alejandro Lamanna

Dr. Marcelo Lust

Fecha: 28 de marzo de 2019

Autores: -----
Ignacio Chilibroste

Fernando Damiani

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradecer a nuestro director de tesis Ing. Agr. MSc. Diego Mattiauda y a su principal colaborador Ing. Agr. PhD. Pablo Chlibroste por su disposición, atención y cordialidad durante la elaboración del trabajo.

Agradecemos especialmente la colaboración, atención y disposición del Dr. Marcelo Lust ya que sin el este trabajo no se podría haber llevado a cabo.

Especialmente agradecer a nuestras familias y amigos quienes estuvieron presentes durante toda la carrera.

Por último agradecer a todas las personas que de alguna u otra manera estuvieron presentes a lo largo de la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS	1
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	1
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. EL ANIMAL Y SU AMBIENTE	3
2.1.1. <u>Homeostasis y homeotermia</u>	3
2.1.2. <u>Zona termoneutral y sus límites</u>	4
2.1.3. <u>Estrés calórico</u>	5
2.2. CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE CALÓRICO	6
2.2.1. <u>Índice de temperatura y humedad</u>	6
2.2.1.1. Probabilidad de ocurrencia de ITH en diferentes zonas de Uruguay	6
2.2.2. <u>Olas de calor</u>	7
2.3. EFECTOS DEL ESTRÉS POR CALOR EN EL COMPORTAMIENTO Y PRODUCCIÓN ANIMAL.....	8
2.3.1. <u>Comportamiento animal</u>	8
2.3.1.1. Comportamiento en pastoreo.....	9
2.3.2. <u>Producción de leche</u>	10
2.4. MODIFICACIONES DEL AMBIENTE PARA MITIGAR EL ESTRÉS POR CALOR	11
2.4.1. <u>Utilización de sombra</u>	12
2.4.2. <u>Método de enfriamiento directo</u>	12
2.4.2.1. Ventilación forzada	12
2.4.2.2. Humedecimiento del animal	13
2.4.2.3. Combinación de ventilación forzada y humedecimiento	13
2.4.2.4. Experiencia en el uso de sombra y combinación de aspersión y ventilación en Uruguay	13
2.4.2.5. Antecedentes en la región	14
2.4.2.6. Experiencia del uso del enfriamiento directo en Israel.....	14
2.5. SÍNTESIS	15
2.6. HIPÓTESIS	16
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	17
3.1. PRESENTACIÓN DEL PREDIO.....	17

3.1.1. <u>Rodeo lechero</u>	17
3.1.2. <u>Infraestructura</u>	17
3.1.2.1. Tambo	18
3.1.2.2. Corrales de alimentación.....	19
3.1.3. <u>Rutina de manejo</u>	19
3.2. REGISTRO DE LA INFORMACIÓN.....	20
3.2.1. <u>Eventos evaluados</u>	20
3.2.2. <u>Alimentación</u>	21
3.2.3. <u>Condiciones climáticas</u>	21
4. <u>RESULTADOS</u>	22
4.1. CONDICIONES AMBIENTALES PARA LA PRODUCCIÓN LECHERA	22
4.1.1. <u>Precipitaciones</u>	22
4.1.2. <u>Temperatura</u>	23
4.1.2.1. Índice de temperatura y humedad	23
4.1.2.2. Olas de calor	24
4.2. ALIMENTACIÓN	29
4.2.1. <u>Manejo y rutina</u>	29
4.2.2. <u>Suplementación</u>	30
4.2.3. <u>Pasturas</u>	33
4.3. COMPORTAMIENTO	35
4.3.1. <u>Comportamiento de los animales durante el período de estudio</u>	35
4.3.2. <u>Comportamiento en los corrales de alimentación</u>	36
4.3.2.1. Comportamiento en el mes de diciembre.....	36
4.3.2.2. Comportamiento en el mes de enero.....	38
4.3.2.3. Comportamiento en el mes de febrero.....	41
4.3.2.4. Disposición de los elementos dentro de los corrales de alimentación	44
4.3.3. <u>Comportamiento en pastoreo</u>	46
4.3.3.1. Manejo del pastoreo	46
4.3.3.2. Comportamiento del pastoreo en el mes de diciembre	49
4.3.3.3. Comportamiento del pastoreo en el mes de enero.	49
4.3.3.4. Comportamiento del pastoreo en el mes de febrero.....	49
4.4. EVOLUCIÓN DE PRODUCCIÓN DE CADA LOTE PARA EL PERIODO NOVIEMBRE – FEBRERO	50
4.5. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL TAMBO EN SU CONJUNTO.....	57
5. <u>DISCUSIÓN</u>	61
6. <u>CONCLUSIONES</u>	66
7. <u>RESUMEN</u>	67

8. <u>SUMMARY</u>	68
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	69

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.		Página
1.	Infraestructura presente en los corrales de alimentación.....	19
2.	Temperaturas mínima promedio, máxima promedio y promedio mensual del periodo evaluado (noviembre 2015 – febrero 2016)....	23
3.	ITH promedio, máximo, mínimo durante el período evaluado	23
4.	Rutina principal de los lotes en producción durante el período noviembre 2015-febrero 2016.....	30
5.	Frecuencia de pastoreo de cada lote durante el mes de noviembre...	34
6.	Frecuencia de pastoreo de cada lote durante el mes de diciembre....	34
7.	Frecuencia de pastoreo de cada lote durante el mes de enero.....	34
8.	Frecuencia de pastoreo de cada lote durante el mes de febrero	35
9.	Comportamiento registrado en el mes de diciembre para todos los lotes estudiados	36
10.	Comportamiento registrado en el mes de enero para todos los lotes estudiados	38
11.	Comportamiento registrado en el mes de febrero para todos los lotes estudiados	41
12.	Metros cuadrados de sombra disponible por animal en cada corral (uniformizando los lotes en 300 animales)	46
13.	Eventos disponibles totales y su utilización, lote 1.....	47
14.	Eventos disponibles totales y su utilización, lote 2.....	47
15.	Eventos disponibles totales y su utilización, lote 3.....	47
16.	Eventos disponibles totales y su utilización, lote 4.....	47
17.	Eventos de pastoreo de los lotes 1, 2, 3 y 4 en el período noviembre-febrero.....	48
18.	Valor de ITH en los meses del periodo en estudio para los años 2011-2015.....	59
19.	Valores de ITH promedio para los períodos 2011-2012 y 2015-2016.....	59

Figura No.

1.	Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia del animal	5
----	---	---

2.	Probabilidad de ocurrencia de rangos de ITH a nivel mensual.....	7
3.	Infraestructura del establecimiento	18

Gráfico No.

1.	Precipitaciones mensuales del período octubre 2015-febrero 2016 y promedio mensual histórico 2002-2014.....	22
2.	ITH promedio durante el mes de noviembre	24
3.	Temperatura mínima y máxima durante el mes de noviembre..	25
4.	ITH promedio diario durante el mes de diciembre.....	25
5.	Temperatura mínima y máxima durante el mes de diciembre..	26
6.	ITH promedio diario durante el mes de enero.....	26
7.	Temperatura mínima y máxima durante el mes de enero.....	27
8.	ITH promedio diario durante el mes de febrero.....	27
9.	Temperatura mínima y máxima durante el mes de febrero.....	28
10.	Evolución de la oferta de suplemento.....	31
11.	Evolución de la composición química del TMR para el lote 1..	32
12.	Evolución de la composición química del TMR para el lote 2..	32
13.	Evolución de la composición química del TMR para el lote 3..	33
14.	Evolución de la producción de leche del lote 1 medidas en litros/vaca durante el período de estudio	50
15.	Evolución de la producción de leche del lote 2 medidas en litros/vaca durante el período de estudio	51
16.	Evolución de la producción de leche del lote 3 medidas en litros/vaca durante el período de estudio	52
17.	Evolución de la producción de leche del lote 4 medidas en litros/vaca durante el período en estudio.....	53
18.	Evolución del ITH y la producción de leche en el período para el lote 1.....	54
19.	Evolución del ITH y la producción de leche en el período para el lote 2.....	55
20.	Evolución del ITH y la producción de leche en el período para el lote 3.....	55
21.	Evolución del ITH y la producción de leche en el período para el lote 4.....	56
22.	Evolución de la producción total (medida en litros por día) del tambo.....	57

23.	Comparación de la evolución de producción en litros/día entre datos del período 2011-2014 y la actualidad.....	58
24.	Evolución de la producción de leche por vaca, lote ensayo	63

1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción pastoriles, los animales domésticos están expuestos permanentemente a las condiciones ambientales, que afectan directamente las respuestas fisiológicas y productivas e indirectamente el plano de nutrición por variaciones en la cantidad y calidad de pasturas y cultivos que son los principales componentes de la alimentación.

Los sistemas de producción a cielo abierto, sean pastoriles o a corral, son muy vulnerables a los elementos ambientales y de manejo. Es común que la producción de leche disminuya marcadamente después de un período de muy altas temperaturas o de lluvia. Esta respuesta se produce debido al estrés en que se encuentran los animales sometidos a condiciones ambientales adversas. Este problema en la producción no es reciente, ha sido objeto de estudio anteriormente, por ejemplo, Johnson et al. (1961) trabajando con vacas Holstein en condiciones controladas, determinaron que a diferentes valores de temperatura y humedad del aire comenzaba a disminuir la producción de leche.

Por otro lado, las condiciones climáticas durante el verano tienen un efecto negativo sobre el crecimiento y calidad de los forrajes, lo que trae como consecuencia desequilibrios en el balance de nutrientes de la dieta.

Debido a que la situación descrita es más grave en el verano, es necesario cuantificar el ambiente calórico para evaluar el efecto que tiene sobre el comportamiento y la producción de los animales. Dicha cuantificación involucra elementos climáticos como temperatura y humedad del aire combinados en un índice biometeorológico, el índice de temperatura y humedad (ITH) de Thom (1959).

Es por esto que en el presente trabajo se plantea como un problema a estudiar el impacto del estrés por calor en la producción lechera. Para poder comprender y evaluar el impacto es pertinente analizar los efectos que tiene el estrés por calor sobre el comportamiento y la producción de leche de los animales que difieren en etapa de lactancia y producción individual, realizando el seguimiento de un rodeo lechero durante los meses más problemáticos (noviembre, diciembre del 2015 y enero y febrero del 2016) en una zona donde las condiciones ambientales no son adecuadas para la producción de leche.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Caracterizar el ambiente productivo con especial énfasis en el estrés calórico y evaluar su impacto en comportamiento y producción de los grupos de animales presentes en el establecimiento que difieren en número y etapa de lactancia al comienzo del estudio.

1.1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el ambiente productivo mediante el uso de índices biometeorológico y climáticos.
- Estudiar el comportamiento animal durante el período de mayor probabilidad de ocurrencia de estrés por calor.
- Identificar qué factores, tanto ambientales como de manejo, afectan la producción de leche. Evaluando el sistema de producción en su conjunto.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EL ANIMAL Y SU AMBIENTE

2.1.1. Homeostasis y homeotermia

La influencia del clima en la producción bovina ha sido reconocida desde hace mucho tiempo (Johnson, 1987)

Los animales homeotermos 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. Toleran pérdidas o ganancias de calor del medio que los rodea para mantener condiciones relativamente constantes en todo el cuerpo. La homeotermia forma parte de la homeostasis del animal. Cannon (1932) la definió como la capacidad del cuerpo para mantener condiciones constantes o status de todo el cuerpo (peso corporal, presión sanguínea, temperatura interna, etc.) en contraste con las influencias externas que alteran constantemente el ambiente.

La transferencia de calor desde el cuerpo del animal hacia el medio se da a través de los procesos de radiación, conducción y convección, sobre las cuales el animal tiene poco control y mediante evaporación, sobre la cual existe un marcado control por parte del animal (Cruz y Saravia, 2003). La pérdida de humedad que sufre el animal es resultado de una diferencia de presión de vapor de agua entre la superficie y el aire circundante, al aumentar la temperatura de la piel habrá un aumento de pérdida de agua por difusión proceso puramente físico, llamado perspiración (Saravia, 2009).

El enfriamiento debido a difusión, es reducido si se compara al que produce la sudoración, mecanismo de control fisiológico por el cual se secretan y descargan grandes cantidades de agua. El efecto beneficioso de la sudoración se debe a la pérdida de energía desde la superficie corporal al producirse el cambio de estado cuando el sudor se evapora. Por cada gramo de agua que se evapora, se absorben de la superficie del animal y del aire circundante alrededor de 600 calorías. Con altos contenidos de humedad en el aire se disminuye el intercambio entre la superficie del animal y el aire aumentando el estrés calórico (Bianca, 1972). Las pérdidas de calor no evaporativas disminuyen al aumentar la temperatura, dependiendo el animal de la vasodilatación periférica y de las pérdidas por evaporación en las vías altas del tracto respiratorio para aumentar las pérdidas de calor y así prevenir un aumento de la temperatura corporal (Berman et al., 1985).

La homeotermia genera cambios en el comportamiento animal, donde en climas fríos los animales deben ingerir alimento para producir calor y en contrapartida en ambientes cálidos deben ingerir grandes cantidades de agua para enfriar el cuerpo por evaporación.

2.1.2. Zona termoneutral y sus límites

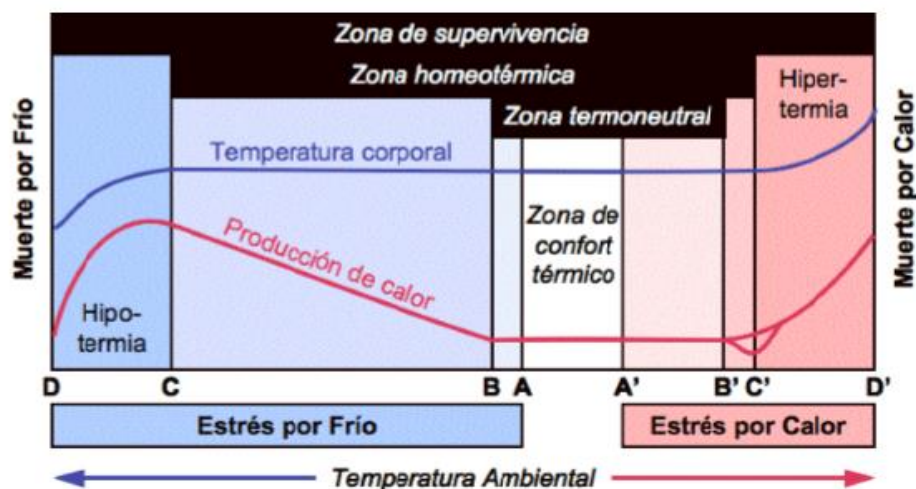
El rango de temperatura ambiente en que la temperatura del cuerpo se mantiene constante con un esfuerzo mínimo de los mecanismos termorreguladores se denomina zona de confort térmico, en ella no existe sensación de frío o calor (Saravia, 2009). Cuando la temperatura del aire toma valores superiores o inferiores al rango térmico delimitado en la zona de confort, el animal activa sus mecanismos de intercambio de calor: la sudoración, la vasodilatación periférica y el incremento de la frecuencia respiratoria para mantener la temperatura interna en el rango considerada normal o característico para la especie normotermia (Bianca, 1972). La zona óptima de producción de leche comprende la zona termoneutral: 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).

A la temperatura ambiente en que se supera la zona termoneutral se le denomina temperatura crítica máxima. La temperatura crítica máxima puede ser definida como la temperatura a la cual: a) la tasa metabólica se incrementa; b) se incrementan las pérdidas evaporativas; y c) el aislamiento térmico de los tejidos es mínimo (Silanikove, 2000).

En la figura 1 se presentan las zonas $A \rightarrow B$ para condiciones frías y $A' \rightarrow B'$ 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 $B \rightarrow C$ y $B' \rightarrow C'$ los animales requieren activar mecanismos termorregulatorios (fisiológicos) para conservar la temperatura corporal. En las zonas $C \rightarrow D$ y $C' \rightarrow D'$ 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.

Figura No. 1. Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia del animal



Fuente: tomado de Bianca (1972).

2.1.3. Estrés calórico

Los animales están adaptados a las condiciones ambientales en las que viven, sin embargo hay ciertas ocasiones en las que sufren estrés térmico debido a las oscilaciones en las temperaturas o bien por una combinación de factores negativos a los que se someten durante un corto período de tiempo. Los animales hacen frente a estos períodos desfavorables primordialmente a través de modificaciones fisiológicas. Así, en la mayoría de los casos esta respuesta se manifiesta en cambios en los requerimientos de nutrientes, siendo el agua y la energía los más afectados cuando los bovinos se encuentran fuera de la denominada zona de confort (Saravia, 2009). Estos cambios en los requerimientos, así como las estrategias adoptadas por los animales para enfrentar el período de estrés térmico, provocan una reducción en su desempeño productivo (Arias et al., 2008).

La severidad del estrés por calor depende de la magnitud que alcancen las temperaturas a lo largo del día y de la cantidad de horas que se encuentren por encima de la temperatura crítica máxima, pero si durante la noche la temperatura desciende por debajo de los 21° C durante unas seis u ocho horas, el animal tiene la oportunidad de perder el calor almacenado durante el día y recuperar la normotermia (Rees, citado en Bianca 1965, Silanikove 2000).

La variabilidad del ambiente térmico es el principal factor que afecta negativamente la producción de leche en los bovinos, en particular las de alto mérito genético. Poca atención se ha prestado a la habilidad termorregulatoria de las vacas modernas a medida que su capacidad de producir leche se incrementa. El consumo de nutrientes por vacas de alta producción está relacionado directamente con la cantidad de leche producida, pero el proceso de metabolización de los nutrientes genera calor, que en condiciones de ambientes cálidos debe ser disipado para que la neutralidad térmica, necesaria para el normal funcionamiento fisiológico, pueda ser mantenida (Kadzere et al., 2002).

2.2. CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE CALÓRICO

La caracterización del ambiente térmico de un sitio permite conocer las condiciones en que se desenvuelven los animales, siendo posible determinar la frecuencia, duración y momentos de situaciones desfavorables que puedan resultar limitantes productiva.

2.2.1. Índice de temperatura y humedad

Como ya se mencionó, el ITH desarrollado por Thom (1959) es un índice biometeorológico a través del cual se puede cuantificar el estrés calórico en un ambiente de producción determinado. Según Johnson et al. (1961) la zona de confort térmico para vacas lecheras en producción se encuentra comprendida entre los valores de ITH 35 y 70 y determinó un valor crítico de 72 a partir del cual la producción de leche comienza a resentirse.

Sin embargo, Flamenbaun (2013) asegura que las vacas lecheras en alta producción comienzan a “sufrir” estrés cuando el ITH excede un valor de 68. A su vez indica que este valor se puede lograr con combinaciones de 25.5 °C – 20% HR, 22.5 °C – 50% HR y 20°C – 80% HR.

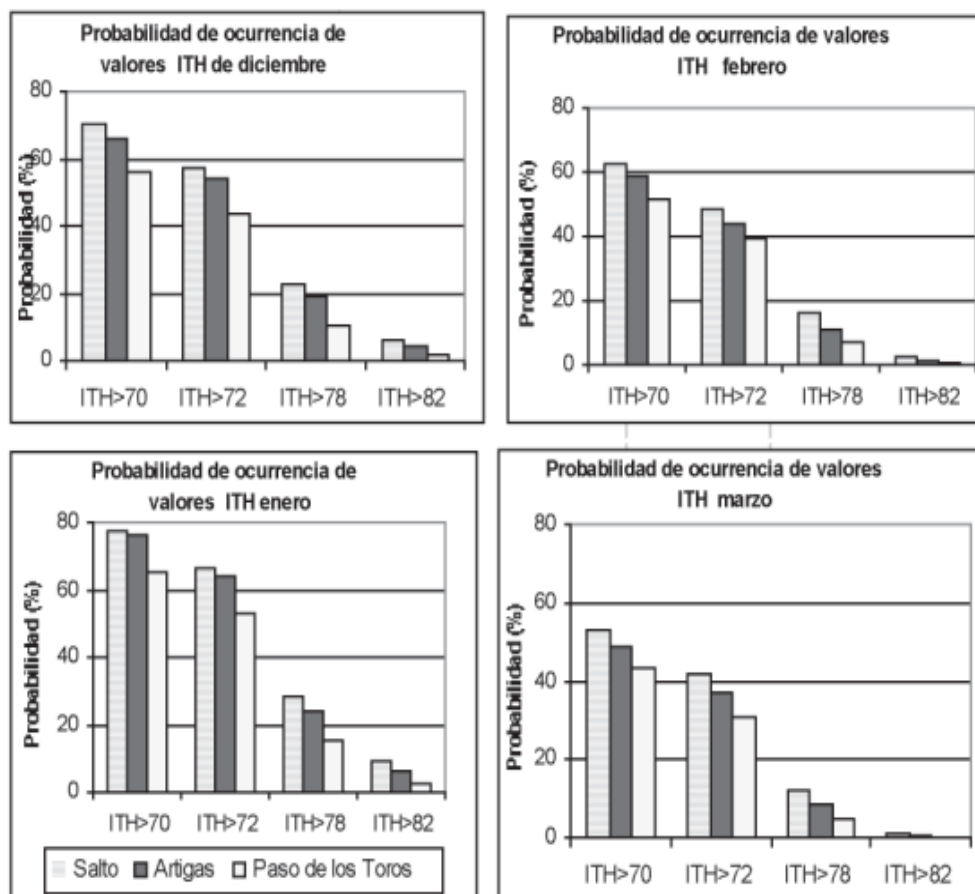
Esto demuestra la variabilidad, a medida que avanzan los años, del valor de ITH a partir del cual comienza a resentirse la producción de leche.

2.2.1.1. Probabilidad de ocurrencia de ITH en diferentes zonas de Uruguay

Trabajando con datos horarios de tres localidades (Artigas, Salto y Paso de los Toros) durante cinco años, se calcularon las probabilidades de ocurrencia de valores de ITH por encima de 72 (Cruz y Saravia, 2003).

Como se puede observar en la figura 2 en las tres localidades evaluadas (Norte del país) existen problemas de estrés térmico para ganado lechero en lactación, siendo enero el mes en el cual el problema (estrés calórico) es más grave.

Figura No. 2. Probabilidad de ocurrencia de rangos de ITH a nivel mensual



Fuente: tomado de Cruz y Saravia (2003).

2.2.2. Olas de calor

Una ola de calor se define como un período anormalmente cálido y generalmente húmedo, de por lo menos, un día de duración, pero, a menudo, con una duración de varios días a varias semanas (AMS, 1989).

Las olas de calor son eventos meteorológicos extremos que provocan pérdidas económicas en la producción agropecuaria por reducir la productividad de los animales e incluso provocarles la muerte (St-Pierre et al., 2003).

Por otro lado Hahn (1981) define una ola de calor como un período de 3 a 5 días consecutivos con temperaturas o algún índice por encima del umbral de confort.

Como se puede apreciar no existe un solo tipo de ola de calor sino que varía según la magnitud de las condiciones ambientales. Por ejemplo las olas de calor extremas son aquellas que presentan valores de ITH por encima del umbral de emergencia durante 15 horas o más al día y generalmente se asocian con temperaturas mínimas de 23 °C y máximas de 29 °C. En estos casos los animales tienen una mínima oportunidad de recuperar la normotermia durante la noche y en casos extremos puede ocasionar la muerte.

Con la necesidad de caracterizar y determinar la ocurrencia de olas de calor en el presente trabajo se tomó como referencia el criterio de clasificación utilizado por Saravia et al. (2011). Los criterios para definir una ola de calor fueron los siguientes:

- Si al menos durante tres días consecutivos o más el ITH promedio diario fue mayor a 72 considerándose que la ola no se interrumpió a pesar de que en un día la serie no alcanzara este umbral.
- Si al menos durante tres días consecutivos o más el ITH horario fue mayor o igual a 72 durante catorce horas o más.
- Si al menos durante tres días consecutivos o más la temperatura mínima diaria fue mayor o igual a 23° C y la temperatura máxima diaria fue mayor a 29° C.

Si el evento cumple con los tres criterios se determina que es una ola de calor severa, si cumple con al menos uno de los criterios se define como una ola de calor leve y si no cumple con ninguno de los criterios no es una ola de calor.

2.3. EFECTOS DEL ESTRÉS POR CALOR EN EL COMPORTAMIENTO Y PRODUCCIÓN ANIMAL

Para que el animal pueda mantener el equilibrio térmico necesita disponer de mecanismos sensibles que se pongan en marcha con rapidez para poder equilibrar los cambios en la producción de calor, mediante cambios en la pérdida de calor, o para equilibrar una pérdida mediante un ajuste en dirección opuesta (Gallardo y Valtorta, 2011).

2.3.1. Comportamiento animal

Existen cambios de comportamiento tendientes a regular la temperatura corporal. Es decir, modificaciones en los patrones corrientes de postura, movimiento y consumo de alimentos que pueden producirse cuando los animales se hallan sometidos a estrés térmico. El animal realiza modificaciones para reducir la producción, favorecer la pérdida y evitar la acumulación de calor (Gallardo y Valtorta, 2011).

Observar el comportamiento de los animales podría ayudar a determinar el grado de estrés al que están sometidos en un ambiente determinado. A continuación se presenta una lista de los cambios frente al estrés por calor presentada por Davison et al. (1996):

1. Alineación del cuerpo con la dirección de la radiación.
2. Búsqueda de sombra.
3. Rechazo a echarse.
4. Reducción del consumo.
5. Amontonamiento alrededor de las aguadas.
6. Salpicado del cuerpo.
7. Agitación e intranquilidad.
8. Disminución o supresión de la rumia.
9. Búsqueda de sombra de otros animales.
10. Boca abierta y respiración trabajosa.
11. Salivación excesiva.
12. Inhabilidad para moverse.
13. Colapso, convulsiones, coma, fallo fisiológico y muerte.

Si bien el grado de estrés por calor se puede identificar de muchas formas, normalmente se le presta atención cuando el animal se encuentra con la boca abierta y respirando trabajosamente, y cuando se evidencia salivación excesiva. Esta detección es generalmente cuando el grado de estrés por calor es demasiado elevado (Gallardo y Valtorta, 2011).

Es muy importante tener en cuenta estos indicadores ya que en el animal cuando se encuentre en un ambiente adverso lo primero que se verá afectado es la eficiencia reproductiva, seguida por la producción de leche, el crecimiento, la normalidad de la temperatura corporal y el equilibrio de los fluidos corporales (Gallardo y Valtorta, 2011).

2.3.1.1. Comportamiento en pastoreo

El tiempo destinado al pastoreo en un período de 24 horas está afectado por: patrones estacionales y diurnos, temperatura y humedad, dirección del viento, raza, disponibilidad de agua, topografía, disponibilidad de pastura, defecación, organización social y hábito gregario (Blackshaw, 2003).

Cuando las temperaturas son moderadas el pastoreo se distribuye de modo bastante uniforme mientras dura el fotoperiodo, presentando dos pequeños picos al amanecer y al atardecer. En cambio, con altas temperaturas, los picos de pastoreo son bien marcados (Gallardo y Valtorta, 2011).

El comportamiento de las vacas en verano seguiría la lógica de aumentar el pastoreo nocturno en detrimento de un menor pastoreo diurno. Cowan (1975) indica que el aumento en el pastoreo nocturno de las vacas estaría muy influenciado por las altas temperaturas máximas diarias.

Con un aumento de la temperatura, los animales disminuyen el número de comidas (12-15 comidas/día y 3-5 comidas/día, sin y con estrés térmico, respectivamente (Bernabucci, 2012) el número de horas dedicadas a comer y a rumiar (Tapki y Sahin, 2006), aumentan el consumo en las horas de la noche (Breinholt et al., 1981) y disminuyen el consumo de forraje en la dieta (Collier et al., 1982), Bernabucci (2012). Además se observa menor tiempo dedicado a locomoción (Tapki y Sahin, 2006). Los animales buscan lugares con microclimas menos estresantes, y pasan mayor tiempo parados que echados (Frazzi et al., 2000).

En animales con acceso a sombra, el tiempo de uso de la misma se incrementa, en cambio, cuando los animales no tienen acceso a la misma se observa un incremento del tiempo en los bebederos (Widowski, 2001). Estos cambios comportamentales tienen como objetivo, disminuir la producción de calor (actividad o fermentación ruminal) más que nada en los horarios diurnos, o bien aumentar las pérdidas de calor, como puede ser la búsqueda de sectores del potrero donde sea factible mayores pérdidas por convección (viento).

2.3.2. Producción de leche

Cuando los animales se encuentran fuera de su zona de confort se evidencia una disminución en la producción debido a una alteración en el balance energético.

Se han caracterizado diferentes niveles de estrés calórico en función de la magnitud del ITH de acuerdo a lo señalado por Livestock Weather Safety Index, Livestock Conservation Institute, citado por Saravia (2009)

- 1) mayor a 72 la producción de leche comienza a verse afectada.
- 2) alerta, ITH entre 74 – 78, la productividad de los animales se ve disminuida y se recomienda tomar medidas de enfriamiento de los animales.
- 3) peligro, ITH entre 78 – 82, la productividad de los animales es altamente disminuida y es necesario tomar medidas de protección como enfriamiento o dietas adecuadas.
- 4) emergencia, ITH de valores mayores a 82, puede ocurrir la muerte de los animales, por lo que todas las medidas para el enfriamiento de los animales son recomendadas.

Según Johnson (1987) para animales Holstein, la producción lechera se mantiene invariable entre temperaturas de 5 y 21 °C siempre y cuando no existan limitantes meteorológicas. Temperaturas por debajo de 5 °C y comprendidas entre 21 y 27 °C disminuyen ligeramente la producción, mientras que temperaturas por encima de 27 °C la disminución en la producción de leche es muy marcada.

La disminución en la producción de leche durante la exposición al calor en verano no puede ser atribuida exclusivamente a la disminución del consumo o la calidad

del forraje que, por su rápida maduración bajo condiciones de elevadas temperaturas y duración del día, presenta mayor contenido de lignina. También hay un efecto directo ejercido sobre los mecanismos fisiológicos relacionados con la lactancia, principalmente derivados del efecto que las altas temperaturas ejercen sobre los niveles de concentración de diversas hormonas (Gallardo y Valtorta, 2011), siendo las hormonas tiroideas las que presentan una marcada disminución en la concentración debido al efecto del estrés calórico. La reacción más característica de las hormonas tiroideas ante eventos de estrés calórico es su disminución; inducen respuestas metabólicas que acarrearán gastos energéticos y, por consecuencia, disminuyen la producción de carne y leche (Kadzare et al., 2002).

Otro aspecto a tener en cuenta es el nivel de producción de leche de los animales y su relación con la disminución de la misma frente a condiciones ambientales adversas. Johnson (1987) indica que cuanto mayor es el nivel de producción, más sensible es el animal al estrés térmico y por ende la disminución en el rendimiento será más marcada en estos animales cuando el ambiente supere el límite superior de la zona de termoneutralidad.

2.4. MODIFICACIONES DEL AMBIENTE PARA MITIGAR EL ESTRÉS POR CALOR

Se han encontrado varias estrategias para lograr minimizar los impactos del estrés por calor en ganado lechero.

Los diferentes sistemas de modificación del ambiente se clasifican, según el impacto que pueden producir sobre los animales, en protectivos y productivos o de enfriamiento (Hahn, 1981). Los primeros son los que permiten disminuir la ganancia de calor por intercepción de la radiación. Entre los segundos hay una gama que cubre desde la ventilación forzada y la aspersión de agua, cada uno por separado, hasta combinaciones de ambos sistemas, incluyendo el enfriamiento evaporativo e, incluso, el aire acondicionado (Gallardo y Valtorta, 2011).

Flamenbaum (2013) indica que existen cuatro formas principales de mitigar el estrés por calor:

1. Prevención de la radiación solar directa (utilización de sombra).
2. Ventilación natural (orientación óptima de instalaciones, altura y tipo de techo).
3. Enfriamiento directo o enfriamiento del animal (mojado, ventilación forzada, combinación de mojado con ventilación).
4. Enfriamiento indirecto o enfriamiento del ambiente (túnel de viento, neblinas, aire acondicionado).

A su vez, Flamenbaum (2013) indica que el enfriamiento del animal es el método empleado en Israel para aliviar el estrés por calor en vacas lecheras, principalmente la combinación de mojado con ventilación.

A continuación se procede a describir algunos de los métodos mencionados anteriormente.

2.4.1. Utilización de sombra

Previene la incidencia de la radiación solar directa e indirecta sobre los animales y es uno de los primeros pasos a tomar para moderar el efecto estresante de las altas temperaturas requerido en cualquier sistema de producción. Existen numerosos tipos de sombra, natural (árboles) y artificiales (metal, malla sombra, paja, West, citado por Román, 2014). La sombra natural es una de las más efectivas, ya que no solo disminuye la incidencia de la radiación, sino que también produce una disminución de la temperatura del aire por la evaporación desde las hojas (Cruz y Saravia, 2003).

Sin embargo, tiene la problemática de que no resisten la presión que realizan sobre el ambiente los animales (orina y heces), llegando incluso a secar los árboles cuando las concentraciones son elevadas. Otra problemática es que bajo las condiciones de pastoreo predominantes existe una probabilidad muy baja de encontrar sombra natural en todas las subdivisiones. Por estas razones es que se ha generalizado la instalación de sombras artificiales en los establecimientos.

2.4.2. Método de enfriamiento directo

2.4.2.1. Ventilación forzada

Cuando no existe ventilación natural suficiente, la capa límite, o capa de aire cercana del animal, se va calentando y, al desaparecer los gradientes de temperatura entre la superficie del animal y el aire, se frenan las vías de pérdidas de calor que dependen de esa diferencia de temperaturas (radiación, conducción y convección, Gallardo y Valtorta, 2011).

La ventilación es efectiva cuando la temperatura del aire es menor que la temperatura corporal debido a que los ventiladores intentan incrementar la pérdida de calor por convección.

Según Gallardo y Valtorta (2011) los ventiladores deberán generar una velocidad del viento de 1,5 a 2 m/s medida a 1 metro de altura sobre el nivel del piso para optimizar su eficiencia.

2.4.2.2. Humedecimiento del animal

Permite aumentos en las pérdidas de calor por evaporación, ya que se suministra agua extra que se evapora de la superficie del animal. Las gotas producidas por los aspersores deben de ser suficientemente grandes como para penetrar la cubierta del animal (Roman, 2014).

Sin embargo, Gallardo y Valtorta (2011) indican que cuando se trabaja en zonas de alta humedad del aire, cuando se introduce agua al sistema, pueda resultar contraproducente ya que el agua introducida, al evaporarse, contribuirá aún más a aumentar la humedad atmosférica llegando incluso a saturar el aire. Por esta razón es que se han diseñado sistemas que combinan la ventilación forzada con el humedecimiento (entendiendo por ambientes de alta humedad del aire cuando la misma es superior a 75 – 80%).

2.4.2.3. Combinación de ventilación forzada y humedecimiento

Este sistema se basa en fomentar la pérdida de calor mediante la evaporación desde la superficie de la piel en condiciones de temperatura elevada. La combinación de aspersores y ventiladores es efectiva en todo tipo de climas (secos, húmedos) ya que la alta velocidad forzada del aire permite secar al animal y evita la saturación del aire.

Según Flamenbaum (2013) este sistema consiste en la aplicación combinada de mojado y ventilación forzada, en ambientes abiertos como el corral de espera y en los comederos. El sistema se basa en la combinación de aspersión (30 – 60 segundos) y ventilación (5 minutos) durante ciclos que van de treinta a sesenta minutos entre intervalos de dos o tres horas. Este método permite mantener a las vacas lecheras en situación de normotermia, durante todo el día.

2.4.2.4. Experiencia en el uso de sombra y combinación de aspersión y ventilación en Uruguay

La Manna et al. (2014), publicaron un trabajo donde plantean los efectos de la modificación física del ambiente sobre vacas en producción. La modificación del ambiente que propuso son sombra artificial y la combinación de ventilación y aspersión en la sala de espera del tambo. El criterio de utilización de sombra fue basado en un valor crítico de 4,5 m² de sombra/animal. Durante la sesión de aspersión y ventilación los animales fueron ventilados continuamente por medio de ventiladores (velocidad del viento de 1,5 a 2 m/s), mientras que la aspersión consistió en ciclos de 2 minutos de duración con una frecuencia de 15 minutos. Los resultados que arrojaron los ensayos fueron favorables a la incorporación de herramientas que modifican físicamente el

ambiente, evidenciándose una mayor producción de leche corregida por sólidos (kg/día), llegando a ser este aumento de 5,4 kg/día en vacas multíparas.

2.4.2.5. Antecedentes en la región

Ghiano et al. (2014) en el verano, desde el 6 de enero al 28 de febrero, realizaron en la estación experimental agropecuaria Rafaela (Santa Fe, Argentina) un ensayo para evaluar la incidencia del refrescado, ventilación y mojado, como medida de mitigación del estrés calórico. El ensayo fue realizado con 30 vacas y consistió en dos tratamientos: tratamiento confort (tres refrescados diarios) y tratamiento tradicional (dos refrescados diarios). El refrescado consistió en el mojado y ventilación de los animales durante 21 minutos, con una frecuencia de 7 minutos de ventilación y 40 segundos de mojado.

Diariamente se tomaron mediciones de temperatura corporal, producción de leche y frecuencia respiratoria, y semanalmente mediciones del comportamiento de los animales (posicionamiento de los mismos dentro del corral).

Los resultados obtenidos arrojaron que no hubo diferencias significativas en la producción de leche entre tratamientos, pero si existieron diferencias en la frecuencia respiratoria siendo estas 18% menores en el tratamiento confort con respecto al tratamiento tradicional. Esto indica un impacto positivo del refrescado sobre uno de los síntomas del estrés calórico.

Ghiano et al. (2014), concluyen que los resultados del ensayo pueden estar enmascarados debido a las abundantes precipitaciones ocurridas durante la última semana de enero y prácticamente todo febrero. Más allá de esto mencionan que sí se puede apreciar que el incremento de refrescado no altera el patrón de comportamiento y que los animales durante las horas de mayor radiación se mantienen a la sombra. El aumento del refrescado significó una disminución en la frecuencia respiratoria independientemente del horario en el cual fue medida, pero no se pudo detectar efecto del aumento del refrescado en la producción lechera probablemente debido a la ocurrencia de abundantes precipitaciones.

2.4.2.6. Experiencia del uso del enfriamiento directo en Israel

El propósito de este ítem es presentar información acerca de cómo el método de enfriamiento directo aplicado (ventilación y aspersión) genera un impacto positivo en la producción de leche (Flamenbaum, 2013).

Según Flamenbaum (2013) las vacas estresadas pueden sufrir una disminución del 20% en el consumo de alimentos y un 10% en la transformación de alimento en

leche, lo cual estima una disminución de un 10% a un 20% en la producción de leche en comparación con el invierno. Esta disminución en la producción puede oscilar anualmente, en vacas de alto rendimiento, de 500 a 1500 kg de leche por vaca.

Para disminuir este impacto el método más común en el mundo es el enfriamiento directo del animal a través de la combinación de mojado y ventilación forzada, el mismo fue probado por primera vez en Israel a principios de los años de la década del ochenta. Los resultados del experimento arrojaron que la producción diaria promedio de las vacas enfriadas en el verano se redujo solo 0,5 kg de leche por día mientras que en vacas sin enfriamiento se observó una disminución en la producción de 3,5 kg de leche por día. Dicho enfriamiento en vacas que se encuentran en principio de la lactancia en verano impacta positivamente la lactancia entera y puede incrementar la producción en hasta 2000 kg de leche por lactancia.

Sin embargo, más allá que el estudio indica que el uso de la herramienta tiene un impacto positivo, además tiene un impacto adicional la correcta utilización de la misma. A través de una encuesta donde evaluaron miles de vacas, se demostró que la producción anual promedio de vacas enfriadas en forma intensiva (varias veces al día) superó en 800 kg de leche a la producción anual promedio de vacas enfriadas en forma mínima (una vez al día).

En resumen, es importante instalar y operar dicha medida en forma apropiada. Al hacerlo, se espera un aumento del 10% en la producción anual de leche y en la eficiencia nutricional (conversión de alimento en leche). Al mismo tiempo el enfriamiento mejora el bienestar de las vacas, permitiendo más horas al día de acostado y rumia.

2.5. SÍNTESIS

En síntesis, el estrés calórico (cuantificado principalmente a través del ITH y olas de calor) tiene efectos sobre animales de producción pecuaria, siendo el ganado lechero particularmente sensible al estrés calórico debido al elevado metabolismo de la vaca lechera durante la lactancia. Dicho estrés aleja los animales de su zona de confort térmico (normotermia) y esto genera, entre otras cosas, cambios metabólicos, fisiológicos y de comportamiento que combinados afectan negativamente la producción lechera. Este efecto sobre la producción no se corrige rápidamente una vez que las condiciones vuelven a ser favorables, sino que es un proceso de recuperación lento y con el riesgo implícito de que los animales afectados no vuelvan a la producción óptima luego de experimentar dicho estrés calórico. Esto nos permite afirmar la importancia de disminuir el impacto del estrés calórico sobre los animales. Distintos autores sugieren la utilización de diferentes métodos (directos e indirectos) para mitigar el estrés calórico que experimentan los animales y que repercuten de forma positiva en términos de bienestar animal y de producción. Por lo tanto se puede concluir que para el presente estudio es de suma importancia poder cuantificar el ambiente donde se desarrolla la

producción, observar y registrar el comportamiento del rodeo lechero y vincular esta información con los registros de producción obtenidos del propio establecimiento; así se podría identificar si los animales efectivamente sufrieron estrés calórico y vincularlo, en la medida de lo posible, a la evolución de la producción de leche del establecimiento.

2.6. HIPÓTESIS

- Las condiciones de estrés calórico generan cambios en comportamiento.
- La caída en la producción de leche del rodeo durante los meses de verano se encuentra asociada a los cambios en el índice de temperatura y humedad (ITH).
- El efecto del ITH es mayor en los lotes de mayor producción individual con respecto a los lotes de menor producción individual.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. PRESENTACIÓN DEL PREDIO

El establecimiento se encuentra ubicado en el departamento de Paysandú sobre la ruta nacional No. 3 en el km 407,5, Latitud: 32° 3'12.39"S Longitud: 57°51'43.80"O. El mismo consta de 1118 hectáreas totales de las cuales 864 se encuentran en rotación permanente y dentro de estas 73 hectáreas son para reserva y recría. El rubro principal es la producción de leche en base a un sistema de base pastoril.

3.1.1. Rodeo lechero

El rodeo lechero estuvo compuesto durante el período de estudio por 1300 animales los cuales se dividieron en diferentes lotes armados por el productor para facilitar y diferenciar el manejo.

Se identificaron 7 lotes en el establecimiento:

- Lote 1: vacas de primer parto (vaquillonas)
- Lote 2: vacas multíparas de alta producción
- Lote 3: vacas multíparas de producción intermedia
- Lote 4: vacas multíparas de lactancia avanzada y baja producción
- Lote 5: vacas rengas y tratamientos
- Lote 6: calostros
- Lote 7: vacas correspondientes a un ensayo realizado en el establecimiento

El criterio principal de creación de los lotes es el tamaño, no más de 300-320 vacas por lote para que en los corrales cada animal tenga entre 60-65 cm de frente de acceso a los comederos. Luego claramente se clasifica por nivel de producción y días de lactancia, y bajo estos criterios se arman los lotes. El presente estudio se concentró principalmente en los lotes 1, 2, 3 y 4.

3.1.2. Infraestructura

Al tratarse de un predio comercial de gran escala (tanto en superficie como en cantidad de animales) la infraestructura juega un rol fundamental para que el desempeño del establecimiento sea lo más eficiente y práctico posible.

El predio consta de una vasta infraestructura que abarca entre otras cosas:

- Viviendas para los empleados.
- Galpones para guardar maquinaria y herramientas.
- Tambo (sala de espera, sala de ordeño y sala de salida).
- Corrales de alimentación (con sombra, bebederos y comederos).
- Plaza de comidas donde se almacenan los granos, silos, etc.

A continuación se presenta una imagen en la cual se puede observar parte de la infraestructura mencionada. Con el objetivo de facilitar la visualización, tanto el tambo como los corrales de alimentación fueron señalados y serán descriptos a continuación.

Figura No. 3. Infraestructura del establecimiento



3.1.2.1. Tambo

El tambo consta de una sala de ordeño provista de 32 órganos lo que le otorga la capacidad de ordeñar 64 vacas en simultáneo. A la sala de ordeño le precede una sala de espera techada provista de ventiladores, aspersores y bebederos, y le sigue una sala de salida provista de sombra y bebederos.

Con respecto a la sala de espera, como ya se mencionó la misma cuenta con líneas de ventiladores y aspersores cuyo objetivo es el enfriamiento de los animales mediante la acción combinada de estos. El sistema de ventilación y humedecimiento del animal se encuentra estandarizado y ocurren ciclos de ventilación con una frecuencia de 2 minutos y ciclos de aspersión (humedecimiento del animal) con una frecuencia de 7 minutos.

3.1.2.2. Corrales de alimentación

En lo que refiere a los corrales de alimentación, el establecimiento cuenta con seis corrales cada uno atribuido a un lote particular. En todos los corrales los animales disponen de sombra, bebederos y comederos. Las diferencias entre corrales se encuentran en el tamaño de los comederos, en el tipo de comederos (el material es el mismo, hormigón, pero la forma varía entre escalón o el comedero clásico en forma de “U”) y en el tipo de sombra.

A continuación se presenta en el cuadro 1 la descripción o de la dimensión e infraestructura de los corrales de alimentación.

Cuadro No. 1. Infraestructura presente en los corrales de alimentación

Corral	Lote asignado	Superficie aproximada (m ²)	Tipo de sombra	Superficie aproximada de sombra (m ²)	Tipo de comedero	Largo de comedero (m)
1	1	14000	Natural	730	Clásico	150
2	4	23800	Artificial	700	Clásico	150
3	3	25700	Artificial	900	Escalón	200
4	2	19200	Artificial	800	Escalón	200
5	5 y 6	5000	Artificial	-	Escalón	80
6	7	12300	Artificial	-	Escalón	80

3.1.3. Rutina de manejo

A continuación se describe la rutina preestablecida por el establecimiento para los lotes 1, 2 y 3.

Todos los animales fueron ordeñados dos veces al día y previo a cada ordeño tuvieron media hora (tiempo aproximado entre que llegan al corral de espera y comienzo del ordeño) de exposición a ciclos de ventilación y mojado en el corral de espera.

- Lote 1: luego del primer ordeño pastoreo matutino (AM) hasta las 10 am. Luego del pastoreo AM los animales son expuestos a ciclos de ventilación y mojado durante media hora y son encerrados en un corral de alimentación donde tendrán acceso a sombra y agua hasta el ordeño de la tarde. Durante el resto del día los animales tendrán acceso a una ración totalmente mezclada (TMR).

- Lote 2: se mantienen encerradas en un corral de alimentación provisto de sombra y agua. Los animales son alimentados con TMR y no pastorean en ningún momento del día.
- Lote 3: pastoreo vespertino (PM) luego del ordeño de la tarde hasta el ordeño de la mañana. Entre los ordeños AM y PM los animales son encerrados en un corral de alimentación provistos de sombra y agua, y con acceso a TMR.

3.2. REGISTRO DE LA INFORMACIÓN

Se establecieron tres períodos:

- Período I: del 18 al 23 de diciembre 2015
- Período II: 18 al 23 de enero 2016
- Período III: del 8 al 12 de febrero 2016

Durante los períodos establecidos, se ingresó al establecimiento para registrar información, diariamente, de la rutina de manejo de cada lote en estudio, siendo esta preestablecida por el administrador del establecimiento y coyunturalmente sujeta a cambios (al tratarse de un predio comercial).

Los registros de la información consistieron en la identificación de cada uno de los eventos de la rutina de los lotes y la actividad principal de los lotes en dichos eventos, medida en proporción tomando como el total de los animales de los lotes.

A su vez diariamente se relevó información del alimento ofrecido y de las condiciones climáticas imperantes durante el período para procesarla posteriormente.

3.2.1. Eventos evaluados

Los eventos evaluados fueron: corrales de alimentación, pastoreo, observación durante horas “pico” de calor y ventilación y mojado en la sala de espera del tambo. Por otro lado las actividades principales evaluadas dentro de cada evento fueron: número de animales en la sombra o en actividades de, alimentación (tanto en pastoreo como en los comederos de los corrales), proporción de animales echados/parados y por último los animales en los bebederos.

- Pastoreo: se registró la actividad principal promedio del lote (pastoreo, echada/parada) las dos primeras horas de ingreso al pastoreo (registrando la hora de ingreso al evento), tomando registros de la actividad cada media hora.
- Corral de alimentación: se registró la actividad principal promedio del lote (comiendo en el comedero, a la sombra, en el bebedero, echada/parada) las dos primeras horas de ingreso al corral (registrando la hora de ingreso al evento), tomando registros de la actividad cada media hora.

- Ventilación y mojado: se registró la duración de la exposición de los animales del lote a ciclos de ventilación y mojado.
- Observación en horas “pico” de calor: se definió como hora “pico” de calor el tiempo comprendido entre las 13:00 y 15:00 horas. En este evento todos los lotes se encontraban encerrados en los corrales de alimentación y se registró el comportamiento promedio observando los animales durante 15 minutos y determinando la actividad principal del grupo (sombra, comedero, bebedero, echada/parada).

3.2.2. Alimentación

El registro de la información de la alimentación consistió en un muestreo diario de 500 gramos de la dieta totalmente mezclada (TMR) ofrecida y del forraje ofrecido. Este último cortado a la altura del remanente del día anterior.

Estos muestreos se tomaron con el objetivo de analizar químicamente el alimento ofrecido en términos de materia seca (MS), materia orgánica (MO), pH en el caso de los ensilajes, proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA).

3.2.3. Condiciones climáticas

Para caracterizar las condiciones ambientales de la zona donde se realizó el estudio de caso se obtuvieron datos de temperatura y humedad de la casilla meteorológica automática presente en la facultad de agronomía (Estación Experimental Dr. Mario Alberto Cassinoni, EEMAC) ubicada en el kilómetro 363 de la ruta nacional número 3 en el departamento de Paysandú. Los datos de precipitaciones fueron obtenidos de registros realizados dentro del propio establecimiento.

A partir de esta información obtenida se calculó el ITH a través del cálculo desarrollado por Thom (1959), $ITH = (1,8 T_a + 32) - (0,55 - 0,55HR) (1,8 T_a - 26)$, donde T_a es la temperatura del aire y HR corresponde a la humedad relativa. A su vez se identificaron las olas de calor correspondientes durante el período evaluado (utilizando los criterios descritos en el capítulo 1).

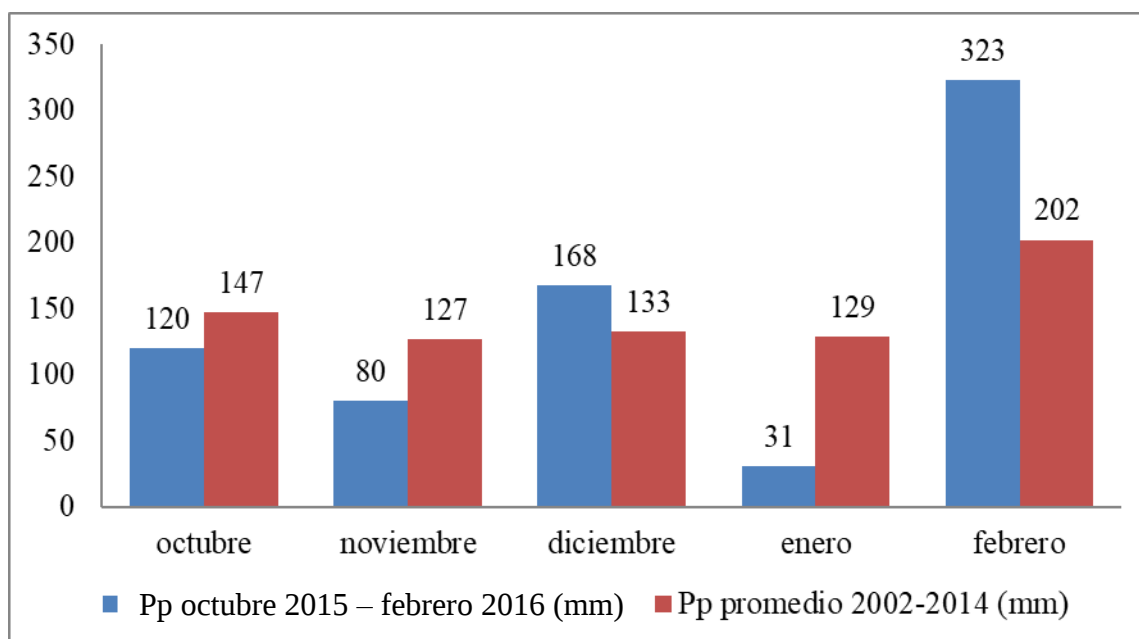
4. RESULTADOS

En este capítulo se presenta la información de las condiciones ambientales para la producción lechera en la zona donde se realizó el estudio y la relevada a nivel de campo (comportamiento: actividad principal de cada lote evaluado en los diferentes eventos disponibles). A lo largo de este capítulo se discutirá cada una de las variables evaluadas.

4.1. CONDICIONES AMBIENTALES PARA LA PRODUCCIÓN LECHERA

4.1.1. Precipitaciones

Gráfico No. 1. Precipitaciones mensuales del período octubre 2015-febrero 2016 y promedio mensual histórico 2002-2014



Para el período evaluado en este trabajo se puede destacar que comparado con el promedio histórico del período 2002-2014 las lluvias en enero 2016 fueron significativamente menores y las lluvias de febrero 2016 fueron significativamente mayores al promedio histórico. Es de destacar también que las lluvias en invierno se concentraron en el mes de agosto y no se distribuyeron de forma pareja como si se observa para la serie de años en comparación.

4.1.2. Temperatura

Los datos de temperatura y humedad se obtuvieron de la casilla meteorológica automática ubicada en la Facultad de Agronomía en Paysandú (EEMAC).

Cuadro No. 2. Temperaturas mínima promedio, máxima promedio y promedio mensual del periodo evaluado (noviembre 2015 – febrero 2016)

Mes	T. mín. promedio (°C)	T. máx. promedio (°C)	T. promedio mensual (°C)
Noviembre	14,5	25,5	20
Diciembre	17,4	29,3	23,3
Enero	19,3	32,9	26,1
Febrero	19,4	31,1	25,2

Como se observa en el cuadro 2 noviembre presenta las temperaturas promedio más bajas del período, en contrapartida enero es el mes que mostró las máximas temperaturas promedio del período.

La temperatura mínima absoluta fue de 9,6 °C registrada el 21 de noviembre y la temperatura máxima absoluta fue de 38 °C registrada el 23 de enero. La temperatura promedio de todo el período evaluado fue de 23,7 °C.

4.1.2.1. Índice de temperatura y humedad

Como ya se mencionó el ITH es un índice biometeorológico que combina temperatura del aire y humedad relativa, que permite cuantificar el estrés calórico.

A continuación en el cuadro 3 se presenta el ITH máximo, mínimo y promedio para los meses evaluados.

Cuadro No. 3. ITH promedio, máximo, mínimo durante el período evaluado

Mes	ITH promedio	ITH máximo	ITH mínimo	Días ITH > 72
Noviembre	65,9	71,7	59,7	0
Diciembre	70,8	77,7	63,7	13
Enero	74,1	80	67,7	25
Febrero	73,9	79,1	66,6	22

El ITH promedio del mes de noviembre fue de 65,9, siendo éste el más bajo del período en estudio. El ITH de diciembre fue 70,8, el de enero 74,1 y el de febrero 73,9. Estos últimos fueron los más elevados del período. Como se puede observar en el cuadro noviembre no presenta ningún día con valores de ITH mayores a 72, mientras que enero presenta 25 siendo el mes con mayor cantidad de días con valores de ITH por encima de 72.

4.1.2.2. Olas de calor

Se caracterizó la presencia de olas de calor severas y leves a través del ITH promedio diario, cantidad de horas con $ITH > 72$ y temperatura del aire mínima y máxima, explicado anteriormente.

En el período evaluado se identificaron siete olas de calor leves y una ola de calor severa. Para una mejor visualización de las mismas se procedió a representarlas en los siguientes gráficos elaborados en base a las temperaturas mínima y máxima e ITH promedio diario.

En los recuadros de color naranja se observan las olas de calor leves y en los de color rojo las olas de calor severas.

Gráfico No. 2. ITH promedio diario durante el mes de noviembre

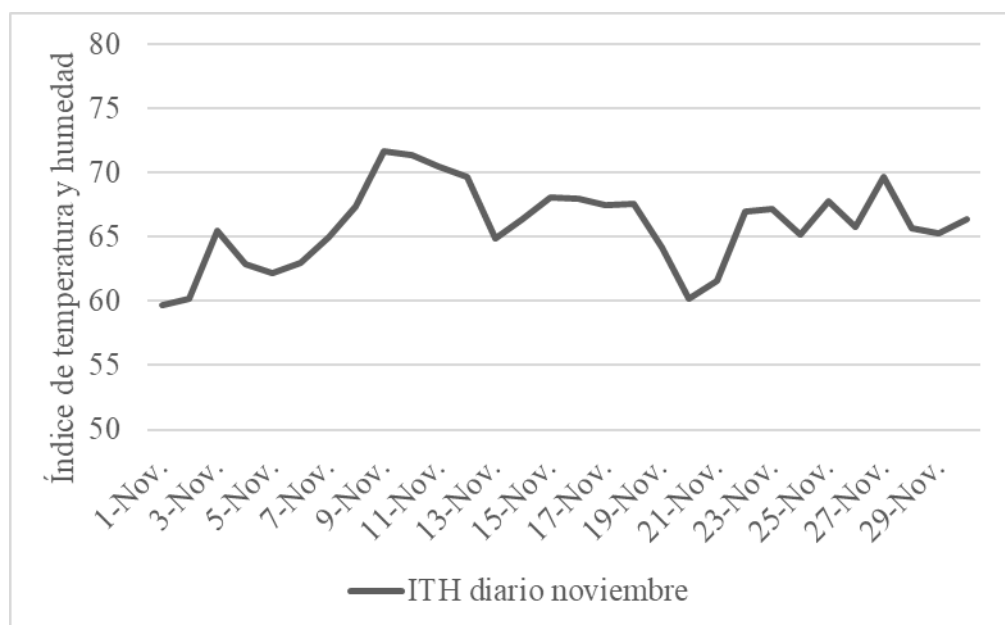


Gráfico No. 3. Temperatura mínima y máxima durante el mes de noviembre

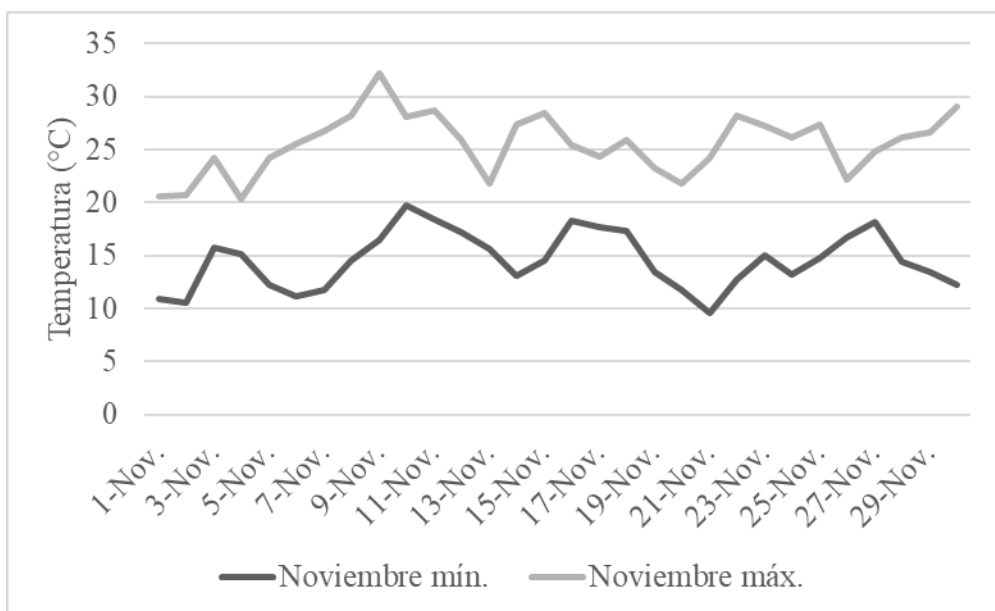


Gráfico No. 4. ITH promedio diario durante el mes de diciembre

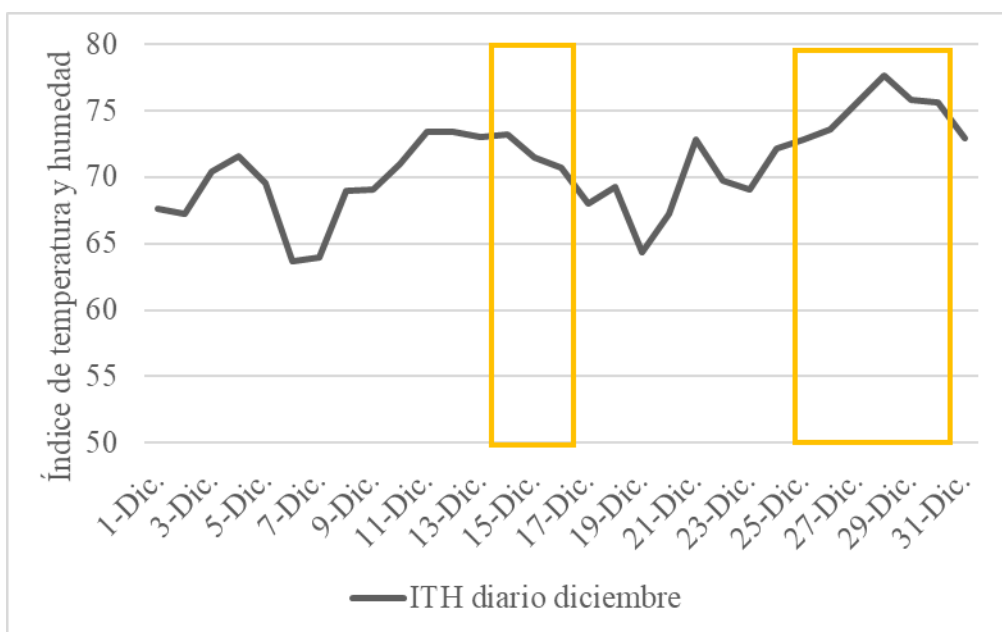


Gráfico No. 5. Temperatura mínima y máxima durante el mes de diciembre

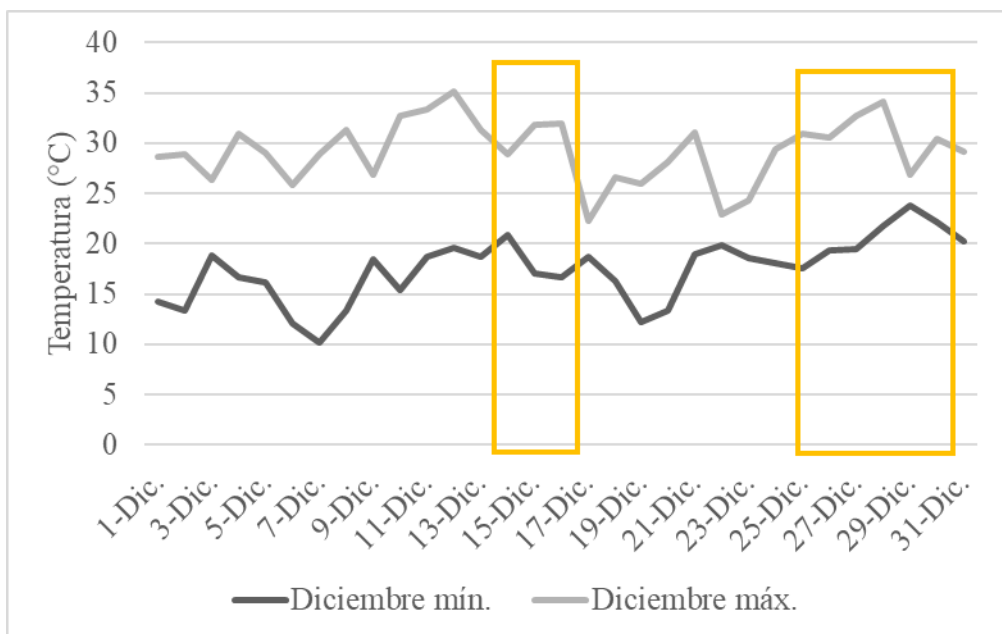


Gráfico No. 6. ITH promedio diario durante el mes de enero

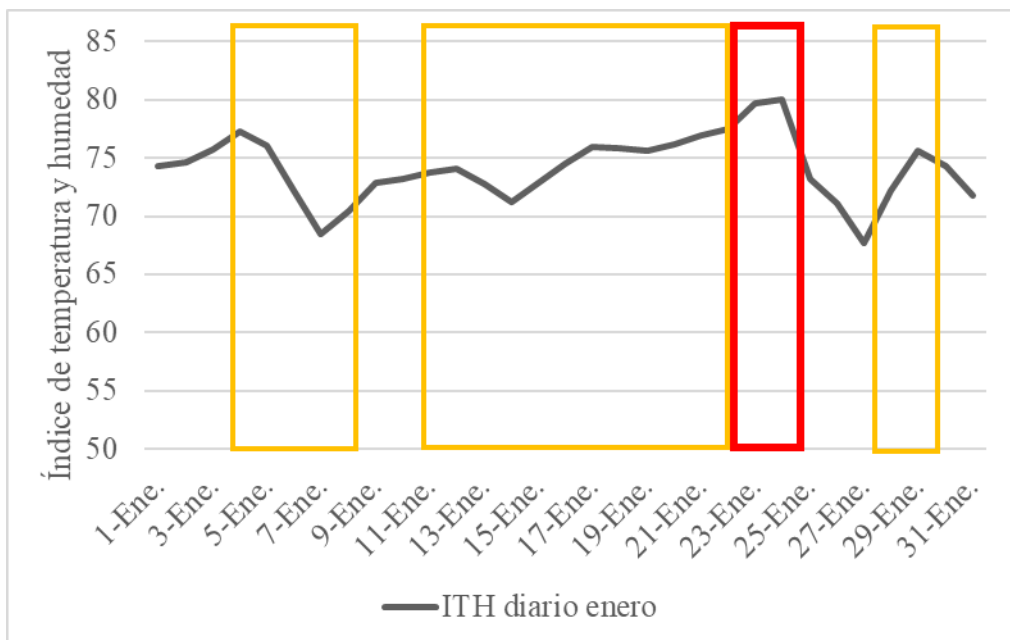


Gráfico No. 7. Temperatura mínima y máxima durante el mes de enero

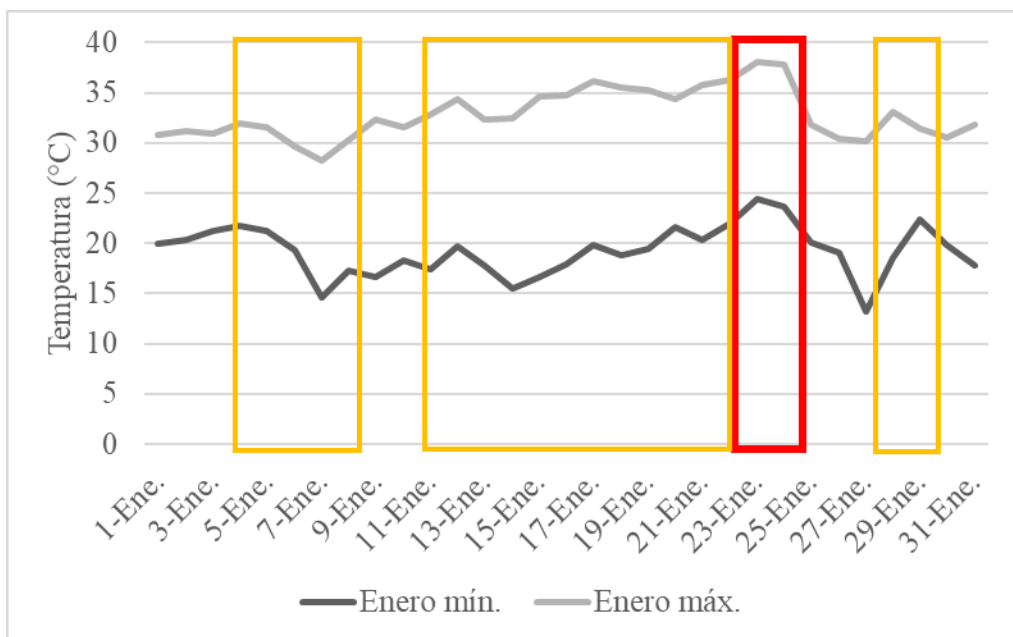


Gráfico No. 8. ITH promedio diario durante el mes de febrero

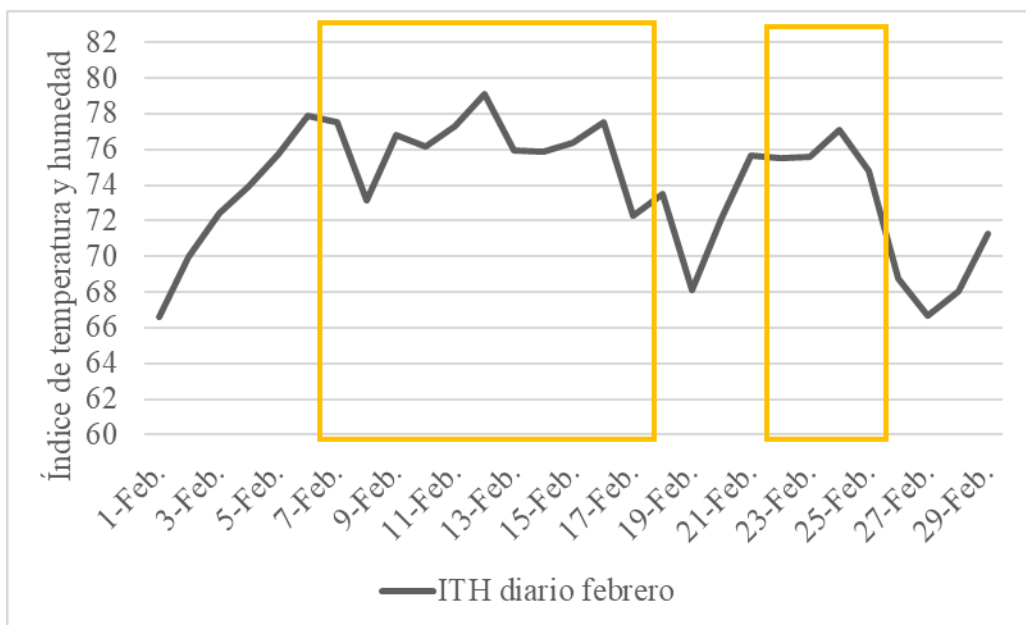
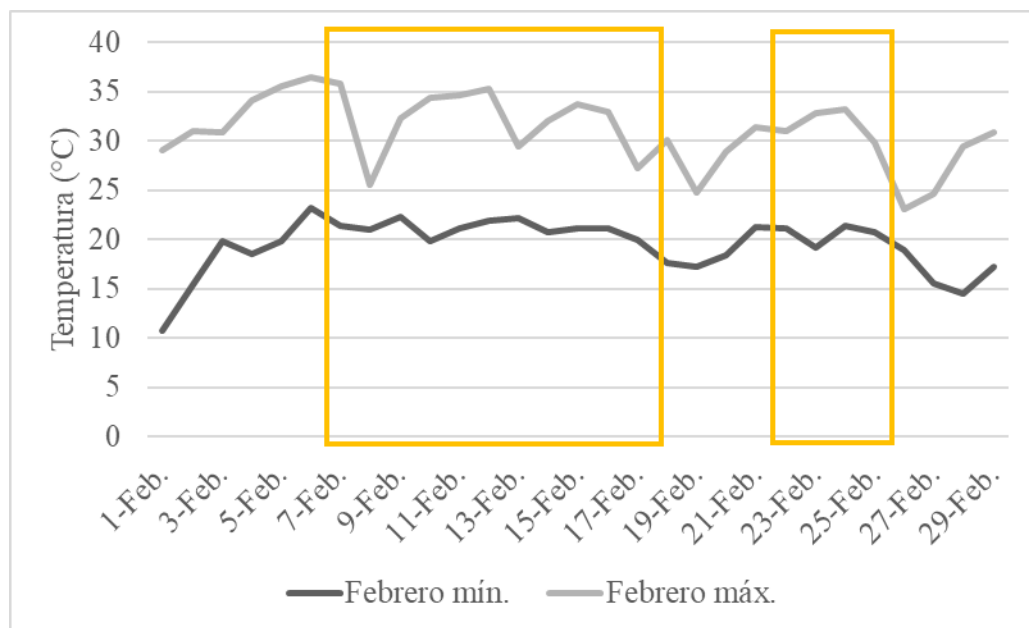


Gráfico No. 9. Temperatura mínima y máxima durante el mes de febrero



Como se puede observar en los gráficos en el mes de noviembre no se identificó ninguna ola de calor, por el contrario en diciembre se identificaron dos olas de calor leves comprendidas entre los días 11 al 14 y 25 al 31. En enero se identificaron tres olas de calor leves entre los días 1 al 5, 9 al 21 y 28 al 30, y una de calor severa del 22 al 24 de enero. Por último en el mes de febrero se identificaron dos olas de calor leves entre los días 4 al 16 y 20 al 25.

De acuerdo a lo señalado por Saravia et al. (2011) el valor crítico del ITH para vacas Holando produciendo leche es de 72, en el caso de este estudio en el período evaluado tanto noviembre como diciembre se encuentran por debajo de este valor crítico mientras que enero y febrero están por encima de este valor. Y a su vez noviembre es el único mes del periodo bajo estudio donde no se identificaron olas de calor, por lo tanto, en noviembre a priori las condiciones ambientales no serían un problema para la producción de leche.

Como contrapartida si bien el ITH en diciembre es menor al valor crítico (72) las condiciones ambientales podrán ser un factor perjudicial para la producción de leche debido a la presencia de dos olas de calor leves antes descritas. Para los meses de enero y febrero las condiciones ambientales si serian un grave problema para la producción de leche debido a que el valor promedio de ITH está por encima del crítico (72) y a la presencia en ambos casos de olas de calor leves. La problemática se agrava en el mes de enero ya que se identificó la única ola de calor severa del periodo evaluado.

Por lo tanto, teniendo en cuenta las condiciones ambientales imperantes en el periodo evaluado de noviembre a febrero y tomando en cuenta un marco teórico general, se puede deducir que en el mes de noviembre no existirán problemas para la producción de leche, en diciembre no habría mayores problemas pero se debería realizar un seguimiento riguroso del comportamiento del rodeo para identificar síntomas de estrés calórico. Sin embargo, para los meses de enero y febrero si se deberían tomar medidas para mejorar el confort animal y de esta forma mitigar el estrés por calor que a priori afectaría notoriamente la producción de leche.

4.2. ALIMENTACIÓN

Con respecto a la presentación de los resultados en lo que refiere a la alimentación de los lotes es necesario previamente presentar los resultados de las rutinas de los lotes y el manejo de la misma, esto es así ya que las dietas y pasturas sufren cambios en la medida que avanza el verano y lo mismos sucede con las rutinas. Estos cambios combinados repercuten en el comportamiento y producción como se presentará más adelante.

4.2.1. Manejo y rutina

A continuación se presentan de forma esquemática las rutinas de los lotes 1, 2 y 3 preestablecidas para los meses de diciembre, enero y febrero. Todos los animales son ordeñados dos veces al día y previo a cada ordeño tienen media hora (tiempo aproximado entre que llegan al corral de espera y comienzo del ordeño) de exposición a ciclos de ventilación y mojado en el corral de espera.

Lote 1

3 a.m. a 4 a.m.	6 a.m. a 10 a.m.	10 a.m. a 10:30 a.m.	10:30 a.m. a 14 p.m.	14 p.m. a 15 p.m.	15 p.m. a 2:30 a.m.
Ordeño	Pastoreo	Ventilación y mojado	Corral	Ordeño	Corral

Lote 2

4 a.m. a 5 a.m.	5:30 a.m. a 14 p.m.	15 p.m. a 16 p.m.	16 p.m. a 4 a.m.
Ordeño	Corral	Ordeño	Corral

Lote 3

4 a.m. a 5 a.m.	6 a.m. a 15 p.m.	16 p.m. a 17 p.m.	18 p.m. a 3:30 a.m.
Ordeño	Corral	Ordeño	Pastoreo

Como se puede observar el lote 1 tiene la particularidad que luego del pastoreo matutino se lo expone durante media hora a ciclos de ventilación y mojado. El objetivo de exponer a los animales luego del pastoreo matutino a ciclos de ventilación y mojado es mitigar los efectos de la combinación de alta temperatura y humedad y caminata hacia y desde la parcela. Todo esto es debido a que este lote es quien recorre las mayores

distancias al momento de pastorear (prolongada exposición a alta temperatura y humedad) y se trata del lote de vaquillonas.

Las rutinas preestablecidas para los meses de verano no se respetaron durante todo el período debido a diversos factores que afectaron al sistema de producción. Esto refleja la complejidad del manejo en establecimientos comerciales donde la rutina sufre cambios permanentemente al estar expuesta a una gran diversidad de factores (climáticos, productivos, económicos, etc.) Esto si bien demuestra complejidad, también demuestra que la rutina tiene un peso relativo inferior, menor prioridad, a la hora de tomar las decisiones a nivel del establecimiento.

Con el objetivo de simplificar la visualización de la variación de las rutinas se muestra el cuadro 4 indicando la actividad principal a través de la frecuencia del evento (por ejemplo, si más de la mitad de los días del mes un lote se mantuvo encerrado en el corral durante la mañana, se determinó que en la rutina durante la mañana la actividad principal que predomina es el encierro en el corral).

Cuadro No. 4. Rutina principal de los lotes en producción durante el período noviembre 2015-febrero 2016

Mes	Rutina							
	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4	
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
Nov.-15	Pastoreo	Encierre	Encierre	Encierre	Encierre	Pastoreo	Pastoreo	Pastoreo
Dic.-15	Pastoreo	Encierre	Encierre	Encierre	Encierre	Pastoreo	Pastoreo	Pastoreo
Ene.-16	Pastoreo	Pastoreo	Pastoreo	Encierre	Encierre	Pastoreo	Encierre	Pastoreo
Feb.-16	Pastoreo	Encierre	Encierre	Encierre	Encierre	Pastoreo	Encierre	Pastoreo

Observando el cuadro 4 se puede establecer que el lote 3 mantuvo su rutina durante todo el período, el lote 2 desvió su rutina en la mañana incorporando el pastoreo matutino y el lote 1 desvió su rutina incorporando el pastoreo vespertino. Se debe reiterar que el cuadro fue realizado en base a la frecuencia de la actividad por lo que tanto los encierres como los pastoreos no son absolutos.

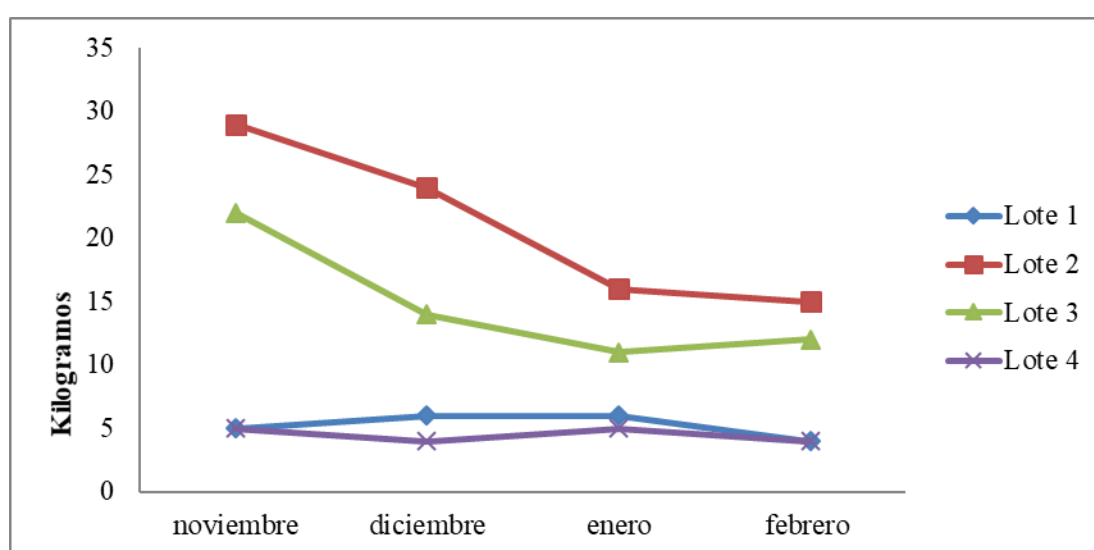
4.2.2. Suplementación

Tal y como se ha indicado, los animales fueron suplementados con TMR diariamente en los corrales de alimentación.

Durante el período evaluado la oferta y la composición del TMR sufrió cambios significativos debido al escenario global que afectó al sector, lo que repercutió en la disminución de la cantidad y calidad de los componentes de la dieta. Cabe destacar que esto fue así para todos los lotes en general.

Como se mencionó en los párrafos anteriores la oferta de TMR disminuyó a medida que avanzó el período evaluado. Para simplificar la visualización de esta disminución en la oferta a continuación se presenta el gráfico 10 que refleja este cambio

Gráfico No. 10. Evolución de la oferta de suplemento



Como se puede observar en el gráfico 10 la disminución en la oferta es significativa a medida que avanza el verano. Siendo éste uno de los factores que puede repercutir en la disminución de la producción de leche, lo cual se discutirá más adelante.

Es pertinente aclarar que al no disponer de un dato certero ni aproximado de lo realmente ofrecido a cada lote durante el período evaluado, la oferta de alimento se calculó a través de lo desaparecido de cada componente (en kilogramos frescos) al preparar las TMR para cada lote.

Además de la disminución en la oferta de suplemento, también disminuyó la calidad de la mezcla. Durante las visitas realizadas al establecimiento se tomaron muestras de los TMR para los lotes 1, 2 y 3 con el objetivo de evaluar la composición química a medida que avanzaba el verano.

A continuación se presentan gráficos representando esta evolución para cada uno de los lotes evaluados.

Gráfico No. 11. Evolución de la composición química del TMR para el lote 1

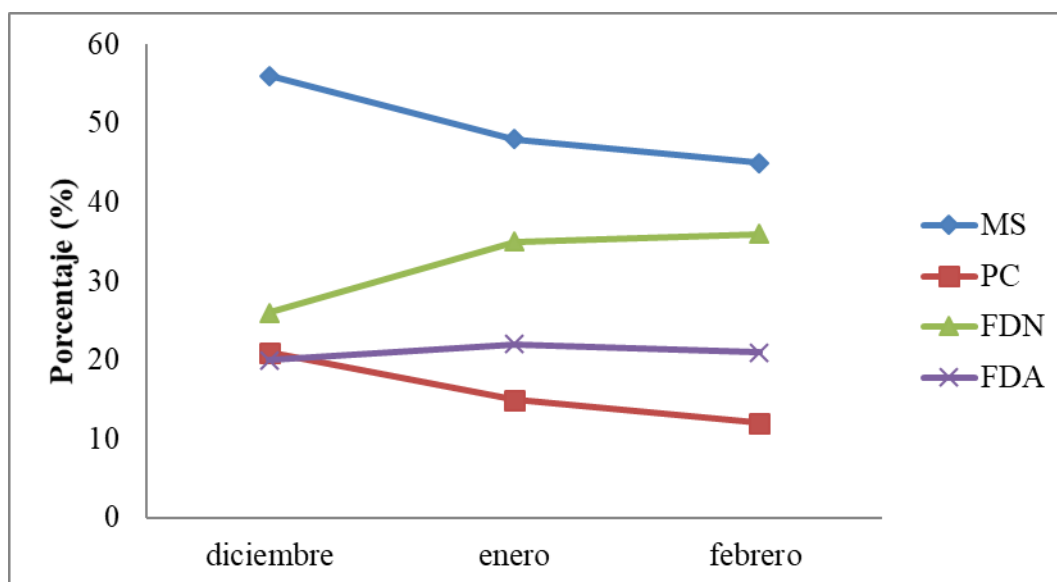


Gráfico No. 12. Evolución de la composición química del TMR para el lote

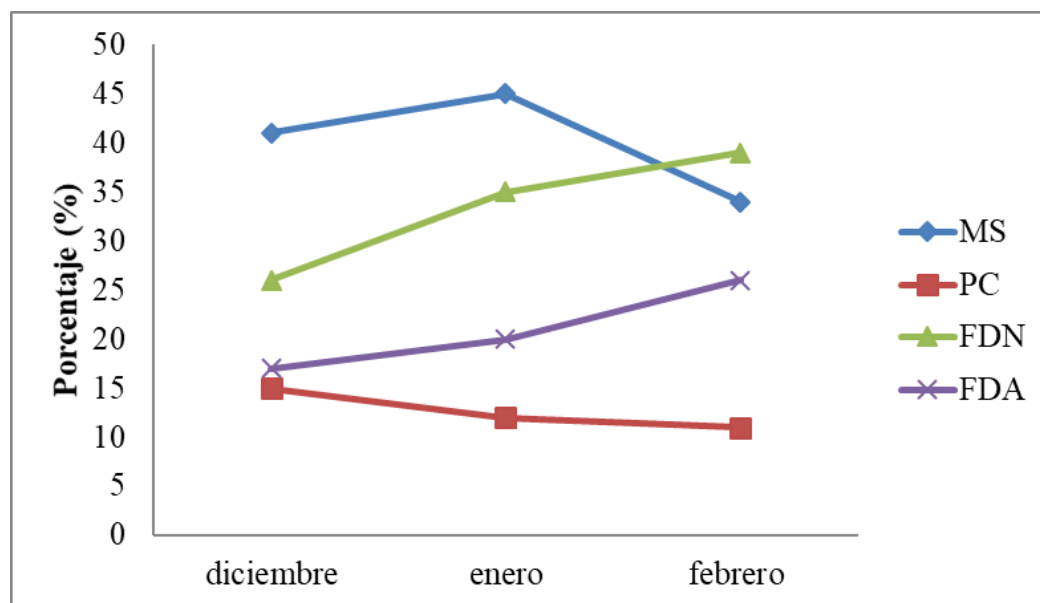
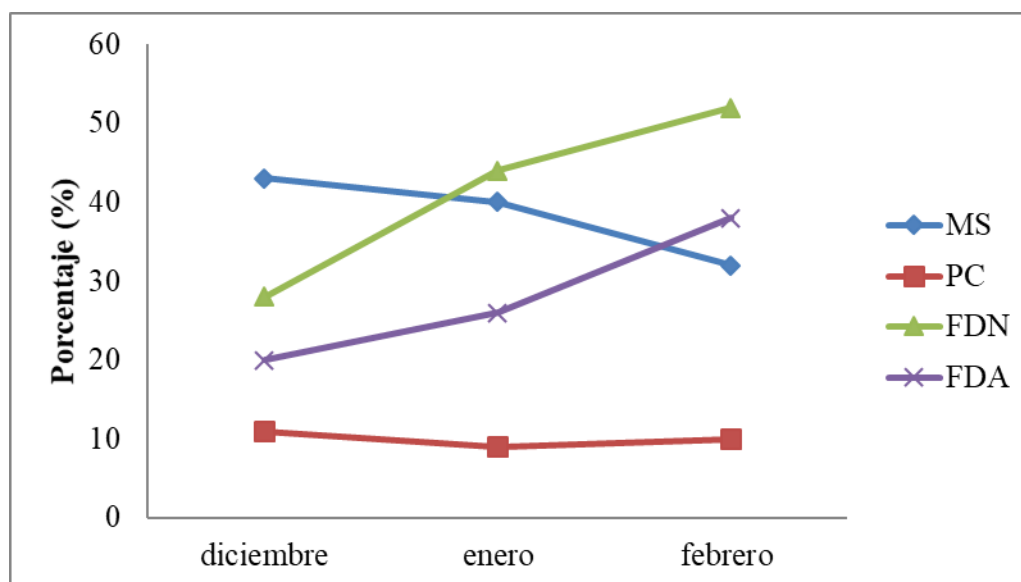


Gráfico No. 13. Evolución de la composición química del TMR para el lote 3



En los gráficos se puede observar claramente como la PC disminuyó a medida que avanzó el verano para todos los lotes. En contrapartida se logra visualizar un aumento significativo de la FDN. Estos son indicadores claros de la disminución en la calidad del TMR.

La causa principal de esta disminución en la calidad de la mezcla es el cambio en la composición de la misma. Estos cambios se pueden definir como coyunturales, propios de un establecimiento comercial, ya que los mismos se produjeron bajo un escenario poco favorable para el sector lechero que obligó a redefinir la estrategia de alimentación.

4.2.3. Pasturas

La composición de la oferta forrajera varió durante el período evaluado, esta variación la determinaron decisiones propias del establecimiento (planificación de pastoreos en base a disponibilidad de materia seca y estado de las pasturas, calidad) y decisiones coyunturales que determinaron la necesidad de aumentar los pastoreos, como ya fue explicado anteriormente.

Esto genera cambios en la composición de la oferta forrajera y conlleva efectos sobre el criterio de selección de pasturas para poder utilizar la mayor cantidad de forraje posible sacrificando parcialmente la calidad del forraje suministrado.

A modo de resumen y para simplificar la visualización de estos cambios en la composición de la dieta forrajera de cada lote se calculó la frecuencia de pastoreo en cada pastura. El cálculo se realizó a partir del total de pastoreos y se calculó la frecuencia en cada pastura en función de los eventos de pastoreo ocurridos en la misma. A continuación se presentan los cuadros de frecuencia de pastoreo de cada lote por mes.

Cuadro No. 5. Frecuencia de pastoreo de cada lote durante el mes de noviembre

	noviembre			
Pasturas	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Alfalfa	60%	100%	77%	22%
Alfalfa+cebadilla+trébol blanco	37%		20%	5%
Trébol rojo				15%
Raigrás+trébol rojo			3%	13%
Festuca+dactylis	3%			33%
Pradera perenne				10%
Festuca				2%
Sorgo forrajero				

Cuadro No. 6. Frecuencia de pastoreo de cada lote durante el mes de diciembre

	diciembre			
Pasturas	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Alfalfa	78%	25%		13%
Alfalfa+cebadilla+trébol blanco			35%	7%
Trébol rojo		75%		
Raigrás+trébol rojo				4%
Festuca+dactylis			6%	18%
Pradera perenne				3%
Festuca				2%
Sorgo forrajero	22%		59%	60%

Cuadro No. 7. Frecuencia de pastoreo de cada lote durante el mes de enero

	enero			
Pasturas	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Alfalfa	6%	48%	39%	
Alfalfa+cebadilla+trébol blanco	58%		4%	
Trébol rojo		48%		
Raigrás+trébol rojo		4%		

Festuca+dactylis			
Pradera perenne			
Festuca			
Sorgo forrajero	36%	57%	100%

Cuadro No. 8. Frecuencia de pastoreo de cada lote durante el mes de febrero

	febrero			
Pasturas	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Alfalfa	88%		46%	
Alfalfa+cebadilla+trébol blanco	12%			
Trébol rojo				
Raigrás+trébol rojo				
Festuca+dactylis				38%
Pradera perenne				
Festuca				
Sorgo forrajero		100%	54%	62%

Como se puede observar en los cuadros presentados se destaca la importancia de las pasturas de alfalfa en la dieta ofrecida a todos los lotes, esto se debe, principalmente, a la calidad de la misma y el buen comportamiento que presenta esta especie en el verano. A su vez se puede observar el incremento en importancia relativa que tiene el sorgo forrajero en la dieta a medida que avanza el verano, esto claramente es así ya que el sorgo es una especie estival y los primeros pastoreos se pueden realizar (dependiendo de la fecha de siembra) en diciembre cuando alcanza una altura adecuada para el ingreso de los animales.

4.3. COMPORTAMIENTO

4.3.1. Comportamiento de los animales durante el período de estudio

Como se mencionó anteriormente se ingresó al establecimiento en 3 ocasiones durante el período de estudio. En cada una de ellas se registró información sobre la actividad principal de cada lote en los eventos donde se encontraban. A continuación se procede a presentar los registros de las observaciones relevadas a nivel de campo de cada lote estudiado con sus respectivas apreciaciones. Los resultados tanto de comportamiento en los corrales alimentación y pastoreo se presentarán juntos en un cuadro general de observaciones y luego se analizarán y discutirán por separado.

4.3.2. Comportamiento en los corrales de alimentación

4.3.2.1. Comportamiento en el mes de diciembre

Cuadro No. 9. Comportamiento registrado en el mes de diciembre para todos los lotes estudiados

Día	Hora	Lote	Evento	Actividad principal	ITH
19/12/2015	07:00	1	Pastoreo	Pastoreo	59
	08:00	1	Pastoreo	Pastoreo	63
	10:00	1	Ventilación y mojado	Ventilación y mojado	67
	13:00	1	Corral	Sombra	69
	13:40	1	Corral	Sombra	70
	18:00	1	Corral	Echados	71
	09:00	2	Corral	Comedero	66
	10:00	2	Corral	Comedero	67
	14:00	2	Corral	Parados/echados	71
	17:30	2	Corral	Parados/echados	71
	09:00	3	Corral	Comedero	66
	10:00	3	Corral	Sombra	67
	14:00	3	Corral	Sombra	71
	15:00	3	Corral	Echados/parados	71
20/12/2015	13:00	1	Corral	Sombra	74
	15:30	1	Corral	Comedero	75
	09:00	2	Corral	Echados	68
	10:00	2	Corral	Echados/parados	70
	11:30	2	Corral	Comedero	73
	14:00	2	Corral	Sombra	75
	09:00	3	Corral	Echados	68
	10:00	3	Corral	Echados	70
	11:00	3	Corral	Comedero	72
	11:30	3	Corral	Comedero	73
	14:00	3	Corral	Sombra	75

Día	Hora	Lote	Evento	Actividad principal	ITH
21/12/2015	11:00	1	Ventilación y mojado	Ventilación y mojado	77
	11:30	1	Corral	Comedero	78
	12:00	1	Corral	Comedero	79
	19:00	1	Pastoreo	Pastoreo	74
	09:00	2	Corral	Echados/parados	71
	10:00	2	Corral	Comedero	76
	11:00	2	Corral	Comedero	77
	12:00	2	Corral	Sombra	79
	09:00	3	Corral	Comedero	71
	10:00	3	Corral	Parados	76
	11:00	3	Corral	Sombra	77
	12:00	3	Corral	Sombra	79
	18:00	3	Pastoreo	Pastoreo	74

El mes de diciembre como se describió anteriormente fue un mes que se caracterizó por no presentar olas de calor severas, y por lo tanto, tampoco valores de ITH muy elevados prolongados en el tiempo. Si se analiza esto a través de los resultados que arroja el cuadro, se puede observar que los registros de la información indican que la actividad principal de cada lote dentro de cada evento fue variada y no necesariamente influenciada por el clima; con la excepción del día 21 de diciembre. Analizando en detalle este día, se observa que los valores de ITH registrados son significativamente mayores al de los días anteriores y que las actividades registradas podrían estar indicando que los animales están “sufriendo” las consecuencias de estar expuestos al calor ya que predominan actividades de sombra y de estar parado cuando los días anteriores se encontraban en los comederos o echados. El caso particular del lote 1 con respecto a las registros de actividad observada (la cual se observa invariable entre los días) puede estar explicada por el evento adicional de ventilación y mojado que presenta, dicho evento podría estar influyendo positivamente en la actividad principal del lote cuando las condiciones ambientales (ITH y temperatura) son muy elevadas, permitiendo que los animales se alimenten o descansen en vez de refugiarse en la sombra o quedarse parados en el corral (síntomas claros de estrés por calor).

4.3.2.2. Comportamiento en el mes de enero

Cuadro No. 10. Comportamiento registrado en el mes de enero para todos los lotes estudiados

Día	Hora	Lote	Evento	Actividad principal	ITH
18/01/2016	17:00	3	Pastoreo	Pastoreo	83
	17:30	3	Pastoreo	Pastoreo	83
	18:00	3	Pastoreo	Pastoreo	82
	18:30	3	Pastoreo	Pastoreo	82
	19:00	3	Pastoreo	Pastoreo	81
	19:30	3	Pastoreo	Pastoreo	80
19/01/2016	06:30	1	Pastoreo	Pastoreo	66
	07:00	1	Pastoreo	Pastoreo	68
	07:30	1	Pastoreo	Pastoreo	69
	08:00	1	Pastoreo	Echadas	70
	08:30	1	Pastoreo	Tajamar (agua)	72
	09:00	1	Pastoreo	Tajamar (agua)	74
	10:15	1	Ventilación y mojado	Ventilación y mojado	77
	10:45	1	Ventilación y mojado	Ventilación y mojado	79
	15:00	1	Corral	Sombra	83
	15:30	1	Corral	Sombra	83
	16:00	1	Corral	Sombra	83
	16:30	1	Corral	Sombra	83
	17:00	1	Corral	Sombra	83
	17:30	1	Corral	Sombra	83
	19:00	1	Pastoreo	Pastoreo	81
	19:30	1	Pastoreo	Pastoreo	80
	20:00	1	Pastoreo	Pastoreo	79
20/01/2016	06:00	2	Pastoreo	Pastoreo	70
	06:30	2	Pastoreo	Pastoreo	70
	07:00	2	Pastoreo	Pastoreo	70
	07:30	2	Pastoreo	Pastoreo	71
	08:00	2	Pastoreo	Pastoreo	73
	08:30	2	Pastoreo	Pastoreo	75

Día	Hora	Lote	Evento	Actividad principal	ITH
20/01/2016	10:00	2	Corral	Sombra	77
	10:30	2	Corral	Sombra/comedero	79
	11:00	2	Corral	Sombra	80
	11:30	2	Corral	Sombra	81
	12:00	2	Corral	Sombra	82
	16:00	2	Corral	Comedero	84
	16:30	2	Corral	Comedero	84
	17:00	2	Corral	Comedero	84
	17:30	2	Corral	Echadas/paradas	78
	18:00	2	Corral	Echadas/paradas	77
	18:30	2	Corral	Echadas/paradas	76
21/01/2016	06:30	3	Corral	Echadas/paradas	68
	07:00	3	Corral	Echadas/paradas	69
	07:30	3	Corral	Echadas/paradas	71
	08:00	3	Corral	Comedero	73
	08:30	3	Corral	Comedero	75
	09:00	3	Corral	Comedero	76
	17:00	3	Pastoreo	Pastoreo	83
	17:30	3	Pastoreo	Pastoreo	84
	18:00	3	Pastoreo	Pastoreo	83
	18:30	3	Pastoreo	Pastoreo	83
	19:00	3	Pastoreo	Pastoreo	82
22/01/2016	06:00	1	Pastoreo	Pastoreo	70
	06:30	1	Pastoreo	Pastoreo	70
	07:00	1	Pastoreo	Pastoreo	71
	07:30	1	Pastoreo	Pastoreo	72
	08:00	1	Pastoreo	Pastoreo/echadas	74
	08:30	1	Pastoreo	Tajamar (agua)	75
	09:35	1	Ventilación y mojado	Ventilación y mojado	77
	10:35	1	Ventilación y mojado	Ventilación y mojado	79

Día	Hora	Lote	Evento	Actividad principal	ITH
22/01/2016	15:00	1	Corral	Sombra (5% bebedero)	84
	15:30	1	Corral	Sombra	84
	16:00	1	Corral	Sombra	84
	16:30	1	Corral	Sombra	84
	17:00	1	Corral	Sombra	84
23/01/2016	06:00	2	Corral	Echadas/paradas	74
	06:30	2	Corral	Echadas/paradas	73
	07:00	2	Corral	Echadas/paradas	74
	07:30	2	Corral	Echadas/paradas	75
	08:00	2	Corral	Comedero	76
	08:30	2	Corral	Comedero	77
	09:00	2	Corral	Sombra	79
	09:30	2	Corral	Sombra	81
	16:00	2	Corral	Sombra	86
	16:30	2	Corral	Sombra	87
	17:00	2	Corral	Sombra	86
	17:30	2	Corral	Sombra	85
	18:00	2	Corral	Sombra	86
	19:00	2	Pastoreo	Echadas/paradas	84
	19:30	2	Pastoreo	Echadas/paradas	83
	20:00	2	Pastoreo	Echadas/paradas/pastoreo	82

Lote 1: cuando los animales fueron encerrados en el corral de alimentación (a la tarde) la actividad predominante fue la sombra. A diferencia del mes de diciembre la actividad principal de los animales luego del evento de ventilación y mojado es la sombra, un contraste significativo a diciembre donde los animales destinaban al menos una hora a comer. Esto último podría estar explicado por valores muy elevados de ITH (superiores a 80 en general) presentes en enero que son significativamente mayores a los registrados en diciembre.

Lote 2: observando el cuadro se puede identificar que cuando los animales fueron encerrados la actividad principal predominante observada fue la sombra. Esto se corresponde con los pocos eventos alimentación (comedero) registrados durante las visitas a los corrales. Cabe destacar que los valores de ITH en cada una de las

observaciones son mayores a 83 en su mayoría lo que se corresponde con las actividades registradas asociadas al estrés por calor (sombra, paradas).

Lote 3: en este lote los resultados arrojan que la actividad principal del lote se corresponde con el evento, ya que cuando los animales se encontraban en el corral de alimentación se alimentaban y se desplazaban con normalidad. En este caso en particular el comportamiento evaluado fue medido en los primeros días de la visita, donde la ola de calor identificada fue leve, esto se corresponde con el comportamiento animal ya que en este lote no se observaron efectos significativos en el comportamiento relacionados al estrés por calor.

A modo de síntesis, en este período (18 al 23 de enero) se identificaron olas de calor leves y severas; y principalmente se registraron valores de ITH muy superiores al mes de diciembre. Esto se corresponde con el comportamiento animal anteriormente descrito ya que se logró identificar cambios en dicho comportamiento que dejan en evidencia efectos de estrés por calor, estos efectos fueron: disminución del consumo animal tanto en pastoreo como en los corrales, acumulación de los animales en lugares con sombra y fuente de agua, animales con jadeo, salivación y frecuencia respiratoria elevada, rechazo a echarse e inhabilidad para moverse.

4.3.2.3. Comportamiento en el mes de febrero

Cuadro No. 11. Comportamiento registrado en el mes de febrero para todos los lotes estudiados

Día	Hora	Lote	Evento	Actividad principal	ITH
08/02/2016	16:00	2	Corral	Echadas/paradas	74
	16:30	2	Corral	Echadas/paradas	76
	17:00	2	Corral	Echadas/paradas	76
	17:30	2	Corral	Echadas/paradas	76
	18:00	2	Corral	Echadas/paradas	76
	18:30	2	Corral	Comedero/echadas/paradas	76

Día	Hora	Lote	Evento	Actividad principal	ITH
------------	-------------	-------------	---------------	----------------------------	------------

09/02/2016	05:30	2	Corral	Echadas/paradas	74
	06:00	2	Corral	Echadas/paradas	74
	06:30	2	Corral	Echadas/paradas	74
	07:00	2	Corral	Echadas/paradas	73
	07:30	2	Corral	Echadas/paradas	73
	08:00	2	Corral	Comedero	73
	08:30	2	Corral	Comedero	73
	09:00	2	Corral	Comedero	74
	06:30	3	Corral	Echadas/paradas	74
	07:00	3	Corral	Echadas/paradas	73
	07:30	3	Corral	Echadas/paradas	73
	08:00	3	Corral	Echadas/paradas	73
	08:30	3	Corral	Comedero	73
	09:00	3	Corral	Comedero	74
	17:00	3	Pastoreo	Pastoreo	82
	17:30	3	Pastoreo	Pastoreo	82
	18:00	3	Pastoreo	Pastoreo	82
	18:30	3	Pastoreo	Pastoreo	82
	19:00	3	Pastoreo	Pastoreo	81
10/02/2016	06:00	1	Pastoreo	Pastoreo	67
	06:30	1	Pastoreo	Pastoreo	67
	07:00	1	Pastoreo	Pastoreo	68
	07:30	1	Pastoreo	Pastoreo	70
	08:00	1	Pastoreo	Tajamar (agua)	72
	08:30	1	Pastoreo	Tajamar (agua)	74
	09:30	1	Ventilación y mojado	Ventilación y mojado	78
	10:15	1	Ventilación y mojado	Ventilación y mojado	79
	15:00	1	Corral	Comedero	82
	15:30	1	Corral	Sombra	82
	16:00	1	Corral	Sombra	82
	17:00	1	Corral	Sombra	82
	18:00	1	Corral	Sombra	82

Día	Hora	Lote	Evento	Actividad principal	ITH
11/02/2016	06:00	1	Pastoreo	Pastoreo	70
	06:30	1	Pastoreo	Pastoreo	69
	07:00	1	Pastoreo	Pastoreo	70
	07:30	1	Pastoreo	Pastoreo	71
	08:00	1	Pastoreo	Pastoreo	73
	08:30	1	Pastoreo	Tajamar (agua)	74
	09:50	1	Ventilación y mojado	Ventilación y mojado	78
	10:25	1	Ventilación y mojado	Ventilación y mojado	79
	15:00	1	Corral	Sombra	83
	15:30	1	Corral	Sombra	83
	16:00	1	Corral	Sombra	84
	16:30	1	Corral	Sombra	83
	17:00	1	Corral	Sombra	83
	16:00	3	Pastoreo	Pastoreo	84
	16:30	3	Pastoreo	Pastoreo	83
	17:00	3	Pastoreo	Pastoreo	83
	17:30	3	Pastoreo	Sombra	83
	18:00	3	Pastoreo	Sombra	83
12/02/2016	05:30	2	Corral	Echadas/paradas	70
	06:00	2	Corral	Echadas/paradas	70
	06:30	2	Corral	Echadas/paradas	70
	07:00	2	Corral	Echadas/paradas	70
	07:30	2	Corral	Echadas/paradas	72
	08:00	2	Corral	Comedero	73
	08:30	2	Corral	Comedero	75
	09:00	2	Corral	Comedero	77
	16:30	2	Corral	Comedero	86
	17:00	2	Corral	Comedero	86
	17:30	2	Corral	Comedero	85

Día	Hora	Lote	Evento	Actividad principal	ITH
12/02/2016	18:00	2	Corral	Comedero	85
	18:30	2	Corral	Comedero	85
	06:30	3	Corral	Comedero	70
	07:00	3	Corral	Echadas/paradas	70
	07:30	3	Corral	Echadas/paradas	72
	08:00	3	Corral	Echadas/paradas	73
	08:30	3	Corral	Comedero	75
	09:00	3	Corral	Comedero	77

Lote 1: el comportamiento en general fue similar a enero cuando fueron encerrados, dedicando casi la totalidad del tiempo observado a la sombra dentro del corral.

Lote 2: en este período los animales permanecieron siempre encerrados en el corral. El comportamiento dentro del mismo se dividió en tres actividades: sombra (principalmente al mediodía, 12:00 a 14:00 horas), alimentarse en el comedero (repartido entre la mañana y la tarde) y las restantes horas los animales parados y echados distribuidos homogéneamente en el corral.

Lote 3: este lote no presentó cambios significativos con respecto a enero. Cuando los animales fueron encerrados no desviaron su comportamiento asociado al estrés por calor sino que cuando tenían alimento se alimentaban, no existía resistencia a echarse y los desplazamientos eran uniformes dentro del corral.

Complementando la información presentada de enero y febrero, durante estos meses se realizaron recorridas por los corrales de alimentación previo a que comience la jornada de la tarde en las llamadas horas “pico de calor”, en todas las recorridas y para todos los lotes se observaron síntomas de estrés por calor en los animales. Estos fueron: jadeo, salivación excesiva, frecuencia respiratoria elevada, acumulación de los animales a la sombra, rechazo a echarse y reducción del consumo.

4.3.2.4. Disposición de los elementos dentro de los corrales de alimentación

En todos los corrales la disposición de los elementos sombra, agua y alimento se encuentra estandarizada, es decir, en todos los corrales los bebederos se encuentran entre los comederos y la sombra por lo que los animales deben caminar sí o sí por los bebederos. Esto remarca la importancia del agua en la producción (tanto para el

producto final como para el bienestar animal) y sobre todo la importancia de la misma en verano (estación crítica para la producción de leche).

Este modelo de distribución de los elementos en el corral tiene la ventaja de que los animales deban caminar por los bebederos para alimentarse. Pero analizarlo de esta forma implica que solo se considere que los animales toman agua cuando se alimentan y no la posibilidad de que los animales se trasladen desde la sombra al bebedero y desde el bebedero a la sombra. Desde este punto de vista el modelo actual tiene la gran desventaja de que los bebederos se encuentren distantes de la sombra y no próximos a la misma, y lo que es más grave, el modelo tiene el riesgo implícito de que los animales dejen de tomar agua si las condiciones ambientales imperantes son extremas, de alta humedad y temperatura.

Como ya fue mencionado durante los meses de diciembre, enero y febrero para los lotes 1, 2 y 3 se relevó el comportamiento de los animales (registrando la actividad principal de cada lote en cada uno de los eventos evaluados). Las mediciones se realizaron en diferentes momentos del día de modo de cuantificar el impacto de las condiciones ambientales en el comportamiento. En las mediciones realizadas en las “horas pico de calor” la distribución de los animales en los corrales correspondía al evento sombra. Mediciones realizadas en momentos donde las condiciones ambientales eran muy elevadas pero no extremas arrojaron datos de distribución de los animales de sombra y alimentándose en los comederos. En ningún caso se relevó que la actividad principal fuese en los bebederos. Las observaciones con respecto a los bebederos reportaron que los animales se trasladaban a los mismos al ingresar al corral y también eventos esporádicos de pocos animales.

A partir de estas mediciones queda en evidencia el problema del modelo actual de la distribución de los elementos dentro del corral, o al menos surge la incógnita de que este modelo sea el adecuado para el verano.

Utilizando la información de la superficie de sombra en cada corral y uniformizando los lotes en 300 animales, criterio principal del establecimiento para el armado de los lotes, a continuación se presenta un cuadro simplificando la información de m^2 de sombra disponible por animal en cada corral y si cumple con el valor mínimo aceptable o no.

Cuadro No. 12. Metros cuadrados de sombra disponible por animal en cada corral (uniformizando los lotes en 300 animales)

Corral	M ² de sombra/animal	Valor crítico	
1	2,4	3	No cumple
2	2,3	3	No cumple
3	2,7	3	No cumple
4	3	3	Cumple

Gallardo y Valtorta (2011) indican que el valor crítico es de 3 m² de sombra por animal, y como se observa en el cuadro, sólo un corral de los cuatro evaluados cumplen con el valor crítico de sombra. Esto puede representar un problema para los meses de mayor calor donde la sombra es clave para mantener el bienestar animal y evitar, o por lo menos amortiguar, el impacto del estrés por calor en los animales.

De la misma forma se puede calcular el frente de ataque disponible por animal en cada corral. El objetivo del establecimiento es lograr 60-65 cm de frente de ataque por animal en cada corral. Esto se alcanza en los corrales 3 y 4, 67 cm de frente de ataque por animal, pero no se logra en los corrales 1 y 2 donde los animales cuentan con 50 cm de frente de ataque en los comederos.

El diseño ideal debería brindar entre 50 y 70 m² de superficie por animal en el corral. Actualmente los animales disponen de 47, 79, 85 y 64 m² de superficie por animal para los lotes 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Solo en el caso del corral del lote 1 no alcanza el mínimo de superficie aceptable por animal, sin embargo y a efectos prácticos esto no sería una limitante significativa que afecte la producción del lote.

4.3.3. Comportamiento en pastoreo

4.3.3.1. Manejo del pastoreo

Como se ha mencionado previamente, la rutina de los lotes en producción consiste principalmente en eventos de pastoreo y encierre en el corral, además de los ordeños, traslados, etc.

Todos los lotes poseen el mismo total de eventos por mes, clasificados en “am” (mañana) y “pm” (tarde), pero la diferencia radica en cómo se distribuyen los mismos. Esta distribución puede sufrir variaciones coyunturales pero se trata de que no tenga cambios bruscos para no afectar de manera significativa la producción y el bienestar animal.

Para simplificar la información por lote, a continuación se presentan una serie de cuadros que identifican el total de eventos disponibles que tienen los lotes en producción por mes; y del total de eventos disponibles cuantos corresponden a pastoreos y encierres.

Cuadro No. 13. Eventos disponibles totales y su utilización, lote 1

Mes	Eventos (am y pm)		
	Totales	Pastoreo	Encierre
Noviembre	60	30	30
Diciembre	62	40	22
enero*	62	40	13
febrero**	58	24	24

* Sin datos de eventos para el 31/1/2016

** Sin datos de eventos desde el 25/2/2016 al 29/2/2016

Cuadro No. 14. Eventos disponibles totales y su utilización, lote 2

Mes	Eventos (am y pm)		
	Totales	Pastoreo	Encierre
Noviembre	60	4	56
Diciembre	62	8	54
enero*	62	29	31
febrero**	58	4	44

* Sin datos de eventos para el 31/1/2016

** Sin datos de eventos desde el 25/2/2016 al 29/2/2016

Cuadro No. 15. Eventos disponibles totales y su utilización, lote 3

Mes	Eventos (am y pm)		
	Totales	Pastoreo	Encierre
Noviembre	60	31	29
Diciembre	62	31	31
enero*	62	28	32
febrero**	58	24	24

*Sin datos de eventos para el 31/1/2016

** Sin datos de eventos desde el 25/2/2016 al 29/2/2016

Cuadro No. 16. Eventos disponibles totales y su utilización, lote 4

Mes	Eventos (am y pm)		
	Totales	Pastoreo	Encierre
Noviembre	60	60	0

Diciembre	62	62	0
Enero	62	35	27
febrero*	58	8	15

* Sin datos de eventos desde el 12/2/2016 al 29/2/2016

A partir de la información presentada en los cuadros anteriores se puede determinar el número de eventos para cada lote que correspondieron a pastoreos. Dicha información se presenta a continuación:

Cuadro No. 17. Eventos de pastoreo de los lotes 1, 2, 3 y 4 en el período noviembre-febrero

Mes	Número de eventos de pastoreo			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
Noviembre	30	4	31	60
Diciembre	40	8	31	62
Enero	40	29	28	35
Febrero	24	4	24	8

En el cuadro 17 se puede observar que para todos los lotes existió al menos un pastoreo en todos los meses evaluados. El lote 2 es el que presenta la menor cantidad de eventos de pastoreo en todo el período y el lote 4 es el que presenta la mayor cantidad de pastoreos.

Combinando la información del cuadro con la información de las rutinas preestablecidas de cada lote se puede establecer que a partir del mes de enero es cuando las mismas sufren variaciones significativas. Esto se ve reflejado en el incremento de pastoreos para el lote 2, la disminución de pastoreos para el lote 4 (para evitar traslados en momentos que la temperatura y humedad son extremas) y el aumento de pastoreos vespertinos del lote 1. En el caso particular del lote 3, que es el lote más estable en comportamiento y producción, se observa que no sufrió cambios significativos en el pastoreo y por lo tanto en su rutina.

Este aumento en los eventos de pastoreo de los lotes trae aparejado lógicamente un aumento en la cantidad de forraje ofrecido y por ende una disminución en el suministro de concentrado (TMR), estos cambios se deben a decisiones coyunturales de la empresa.

4.3.3.2. Comportamiento del pastoreo en el mes de diciembre

Como se mencionó anteriormente durante el mes de diciembre el comportamiento no tuvo desvíos de la actividad principal dentro de cada evento, es decir, cuando los animales de todos los lotes fueron sometidos a eventos de pastoreos la actividad principal de todos los lotes fue pastorear.

4.3.3.3. Comportamiento del pastoreo en el mes de enero

Lote 1: en este período cuando los animales fueron sometidos a pastoreos matutinos el comportamiento se repartió en pastoreo (dos horas de pastoreo efectivo) y acumulación de los animales en la fuente de agua disponible en el potrero (comportamiento típico de animales sufriendo estrés por calor); por el contrario cuando los animales ingresaron al potrero a las 19:00 horas la actividad predominante fue efectivamente pastoreo.

Lote 2: en este período cuando los animales fueron sometidos a pastoreo matutino se observó que desde el ingreso de los animales al potrero hasta la salida del mismo la actividad principal fue el pastoreo. Cabe destacar un cambio significativo en el comportamiento del lote durante este período donde se puede observar que los animales disminuyen las horas de alimentación para destinarlas a sombra y también reducir al máximo los movimientos dentro de cada evento.

Lote 3: este lote en particular no sufrió alteraciones drásticas en el comportamiento, es decir, cuando fue sometido a pastoreos la actividad principal de los animales fue efectivamente pastorear. Además no se observaron limitantes en los desplazamientos dentro del potrero. Como se mencionó previamente las mediciones a este lote fueron durante los primeros días de la visita donde la ola de calor identificada fue leve y no se observaron efectos significativos asociados al estrés por calor.

4.3.3.4. Comportamiento del pastoreo en el mes de febrero

Lote 1: el comportamiento en general fue similar a enero (dos horas de pastoreo y acumulación en la fuente de agua del potrero) con la excepción de que los animales no pastoreaban de noche.

Lote 2: los animales permanecieron encerrados. No pastorearon.

Lote 3: en este lote se destaca que en el pastoreo de la tarde los animales dedicaron al menos una hora a someterse a condiciones de sombra en el potrero, siendo esta la única diferencia significativa entre el comportamiento de enero y febrero.

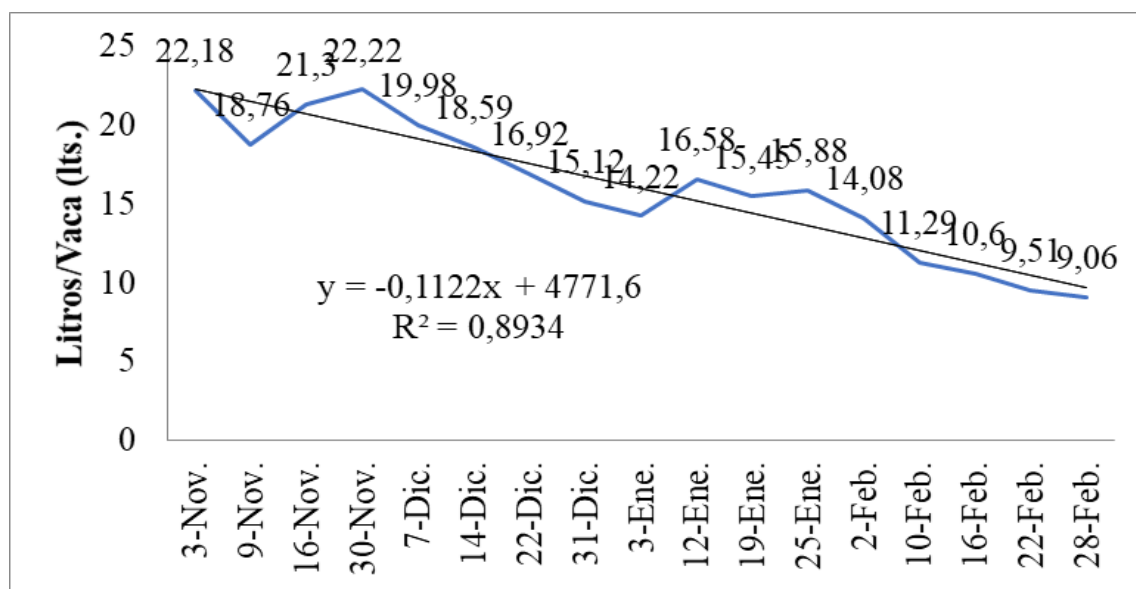
4.4. EVOLUCIÓN DE PRODUCCIÓN DE CADA LOTE PARA EL PERIODO NOVIEMBRE – FEBRERO

La evolución de la producción se calculó a través de la información brindada de los controles de tanque realizados en el establecimiento. La misma se realizó semanal o quincenalmente.

A continuación se presenta dicha información para cada lote midiendo la evolución de los litros de leche por vaca en ordeño (L/V) cada 7 días (representado con las fechas de la medición en el eje de las x).

Lote 1:

Gráfico No. 14. Evolución de la producción de leche del lote 1 medidas en litros/vaca durante el período en estudio

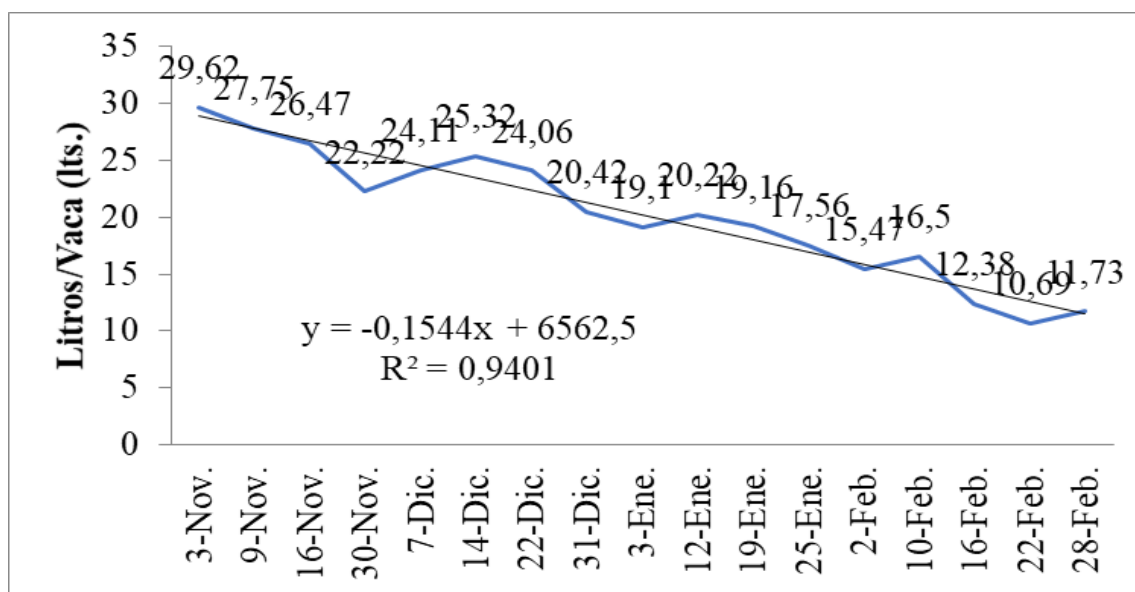


En el gráfico 14 se observa que la máxima producción en litros/vaca se da el 23/11/2015 registrando un valor de 22,2 L/V y un mínimo de 9,06 L/V el 22/2/2016, siendo el promedio durante el período de 15,98 L/V. La producción promedio del lote disminuye 13,16 L/V en el período.

Como se observa claramente, la tendencia a la baja de la producción de leche en la medida que avanza el verano. Esto puede deberse a diversos motivos, un aumento del estrés por calor sufrido por los animales a medida que avanza el verano, las distancias recorridas hacia los potreros para el pastoreo en momentos donde la temperatura es elevada (cabe destacar que este lote pastoreó los potreros más lejanos al tambo durante el verano, 3 km de distancia aproximadamente), baja producción de forraje (atribuido entre otras cosas a las bajas precipitaciones registradas en enero sobre todo), la baja calidad de las pasturas durante el verano y cambios coyunturales en la dieta que provocaron una aumento de la relación forraje/concentrado debido el escenario global que se enfrentó el rubro a finales del 2015 prolongándose en el 2016.

Lote 2:

Gráfico No. 15. Evolución de la producción de leche del lote 2 medidas en litros/vaca durante el período en estudio



En el gráfico 15 se observa que la máxima producción en litros/vaca se da el 3/11/2015 registrando un valor de 29,62 L/V y un mínimo de 10,69 L/V el 16/2/2016, siendo el promedio durante el período de 20,16 L/V. La producción promedio del lote disminuye 18,93 L/V en el período.

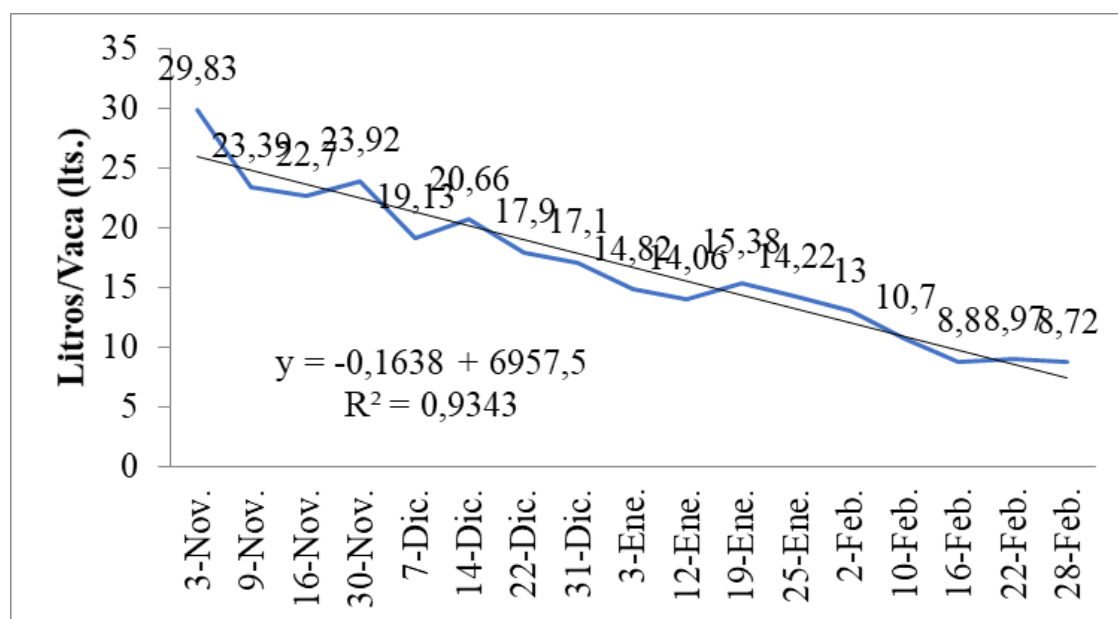
Este lote como ya se mencionó es el que incluye a las vacas de alto nivel de producción y por lo tanto un lote en el cual la influencia del concentrado es de gran magnitud, a su vez la rutina planificada corresponde a un encierre total de los animales trasladándose únicamente para ser ordeñados restringiendo el gasto energético en

traslados de forma significativa. De lo anterior se desprende que la marcada disminución en la producción por vaca (18,93 litros) se puede atribuir a priori a 2 factores principales: el cambio en la dieta y al estrés por calor.

El cambio en la dieta, es decir la inclusión del pastoreo, trae aparejado un cambio en la rutina que incluye más traslados para cosechar el forraje (por lo tanto mayor gasto energético) y a su vez una menor calidad en la dieta proporcionada al incluir el forraje en comparación con la dieta originalmente ofrecida.

Lote 3:

Gráfico No. 16. Evolución de la producción de leche del lote 3 medidas en litros/vaca durante el período en estudio



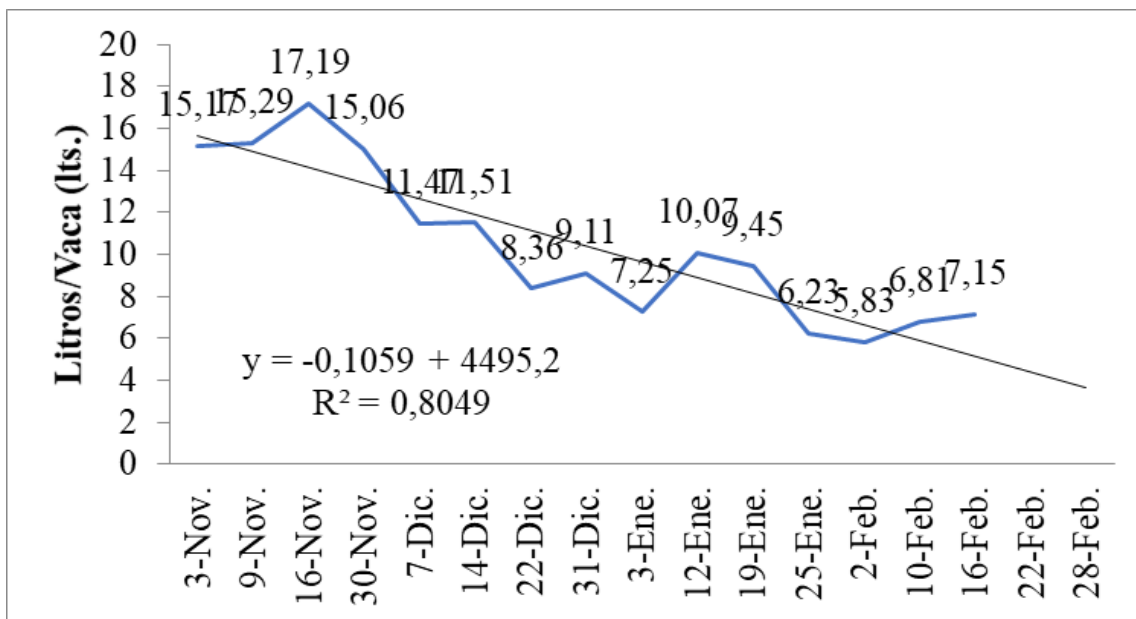
Tal y como se observa en el gráfico 16 la máxima producción en litros/vaca se da el 3/11/2015 registrando un valor de 29,83 L/V y un mínimo de 8,72 L/V el 22/2/2016, siendo el promedio durante el período de 16,66 L/V. La producción promedio del lote disminuye 21,11 L/V en el período.

Este lote a medida que avanza el verano se comporta de forma similar a los anteriores (disminuye la producción) con la diferencia que presenta la mayor caída en la producción individual. Los factores que afectan la caída se atribuyen al estrés por calor, a la calidad de la pastura ofrecida (predominancia del sorgo forrajero en los pastoreos), cambio en la composición y cantidad del concentrado y al nivel de producción de los animales dentro del lote, los cuales son de producción intermedia a baja, por lo que estos

factores que a priori afectan negativamente la producción tendrán una incidencia relativa significativamente mayor que en los lotes 1 y 2.

Lote 4:

Gráfico No. 17. Evolución de la producción de leche del lote 4 medidas en litros/vaca durante el período en estudio



En el gráfico 17 se observa que la máxima producción en litros/vaca se da el 16/11/2015 registrando un valor de 17,19 L/V y un mínimo de 5,8 L/V el 25/1/2016, siendo el promedio durante el período de 10,4 L/V. La producción promedio del lote disminuye 11,36 L/V en el período.

En el caso particular de este lote, a partir de fines de diciembre cambió la rutina de los animales quedando encerrados en la mañana y pastoreando de tarde con el objetivo de mejorar el confort y proteger a los mismos del estrés calórico. Además se evita un elevado gasto energético, atribuido a los traslados, que con el pastoreo será muy difícil de compensar debido al poco tiempo de pastoreo. Esto se ve reflejado en el gráfico donde a partir de enero la producción aumenta y de esta forma amortigua la caída que se estabiliza en febrero. Más allá de este leve repunte en la producción el lote ya se encontraba en malas condiciones a esta fecha, por lo que la caída en producción se da igual y de forma significativa.

Para cuantificar alguna de las posibilidades planteadas que pueden estar afectando negativamente la producción de leche de cada lote, se realizaron gráficos

donde se puede visualizar la evolución del ITH (índice de temperatura y humedad) y la producción de leche a medida que avanza el verano.

Gráfico No. 18. Evolución del ITH y la producción de leche en el período para el lote 1

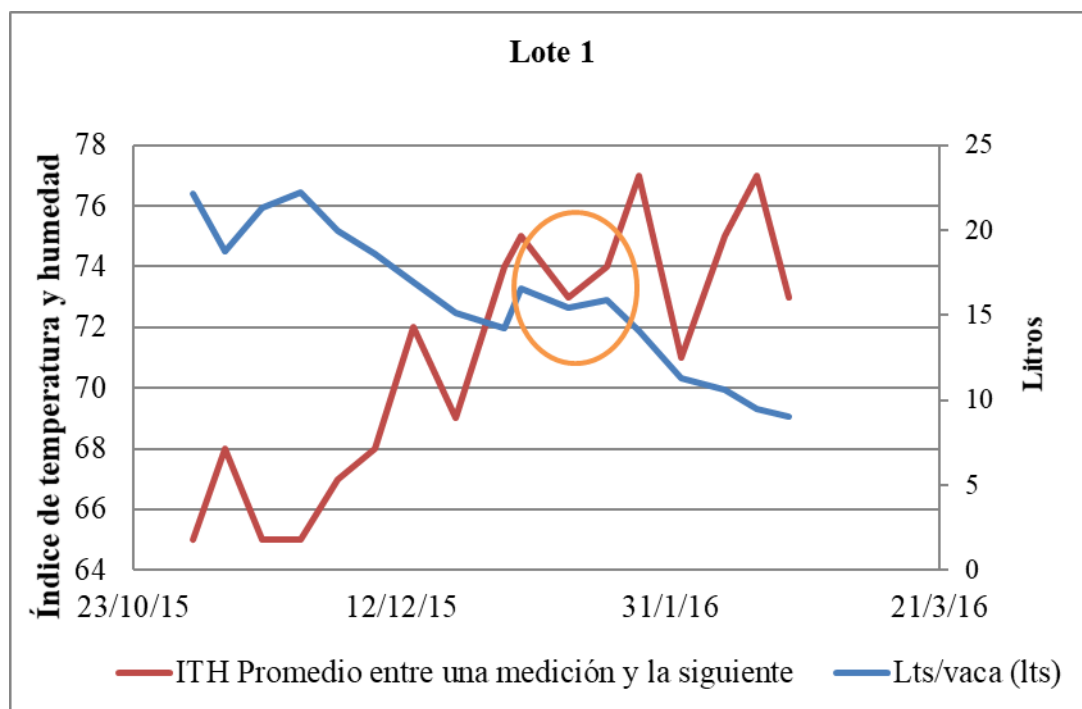


Gráfico No. 19. Evolución del ITH y la producción de leche en el período para el lote 2

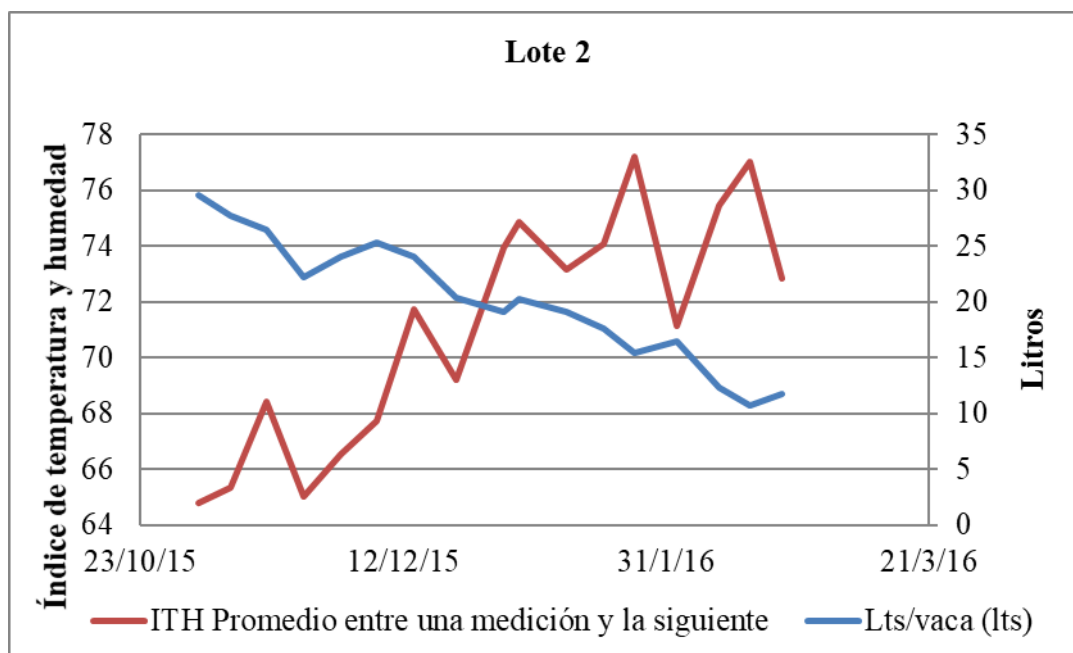


Gráfico No. 20. Evolución del ITH y la producción de leche en el período para el lote 3

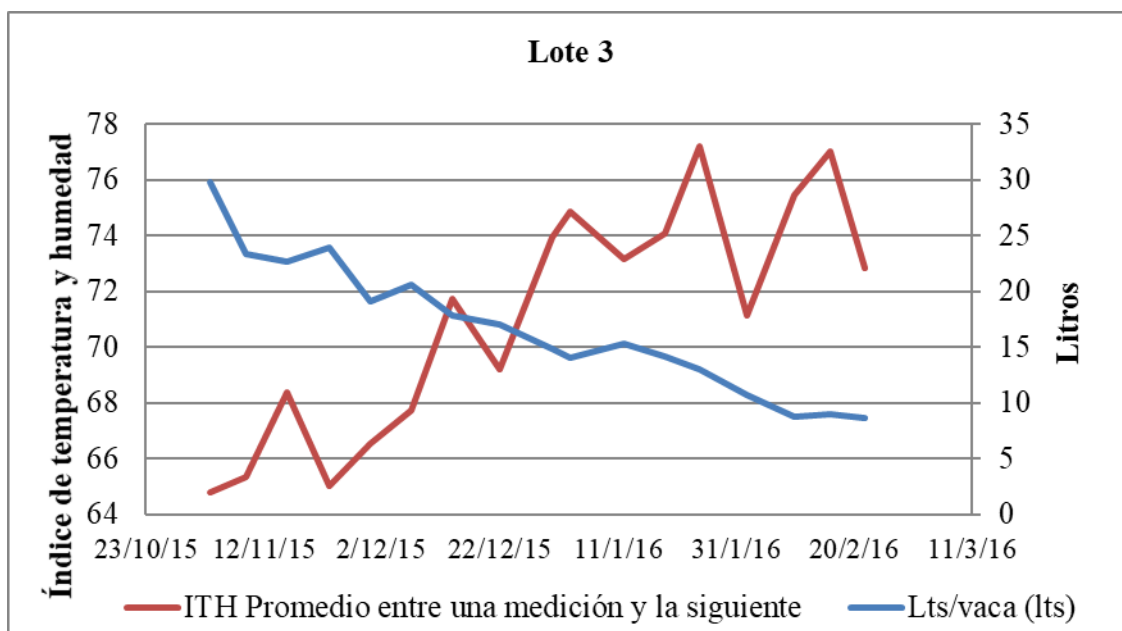
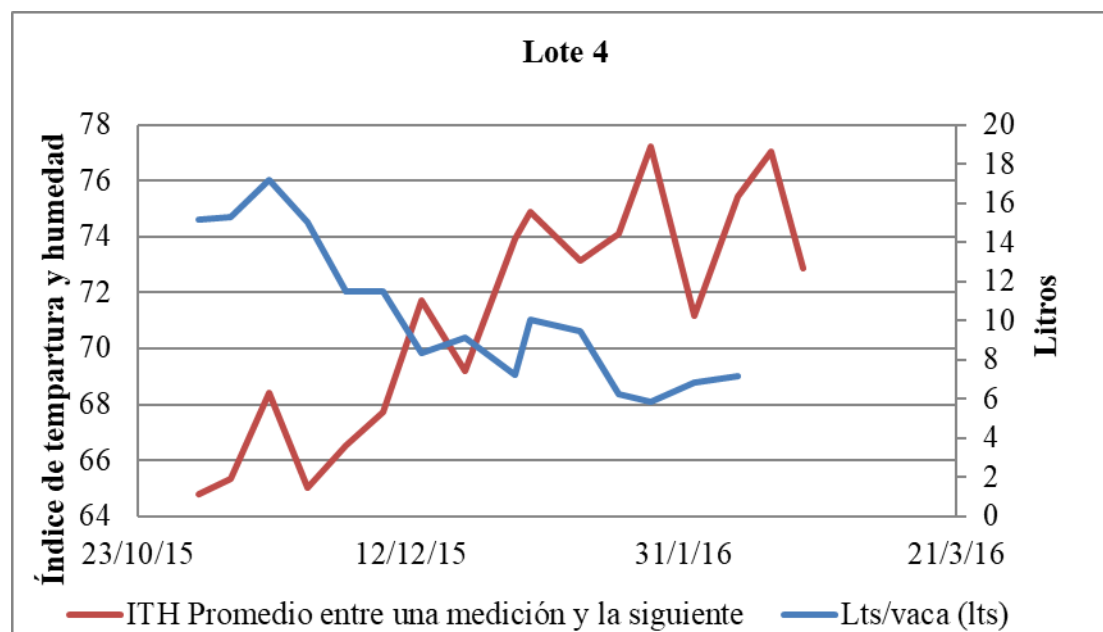


Gráfico No. 21. Evolución del ITH y la producción de leche en el período para el lote 4



Como se puede observar en los gráficos presentados, el avance del verano es acompañado por un aumento en el valor del ITH y una disminución de la producción por animal. Esto se ve en todos los lotes. El círculo naranja que se observa en el gráfico del lote 1 es para representar las variaciones coyunturales que podrían generar que aumente la producción más allá que el ITH sea elevado, estas variaciones pueden incluir cambios en la alimentación, cambios en la cantidad de animales de los lotes, etc.

Además y para simplificar la comparación entre lotes de la disminución de la producción lechera se obtuvieron las regresiones lineales (correspondientes a los gráficos 14, 15, 16 y 17) para estimar la tasa de caída de cada uno de los lotes, siendo “y” la producción de leche y “x” los días entre una medición y la siguiente:

$$\text{Lote 1: } y = -0,1122x + 4771,6 \quad (R^2 = 0,8934)$$

$$\text{Lote 2: } y = -0,1544x + 6562,5 \quad (R^2 = 0,9401)$$

$$\text{Lote 3: } y = -0,1638x + 6957,5 \quad (R^2 = 0,9343)$$

$$\text{Lote 4: } y = -0,1059x + 4495,2 \quad (R^2 = 0,8049)$$

A partir de las regresiones se observa que las pendientes de los lotes 1 y 4 son similares, lo mismo sucede con los lotes 2 y 3. A pesar de las diferencias en la rutina y manejo entre los lotes (con todos los cambios que se comentaron) los lotes presentan diferencias en la producción. Entonces a partir de esto, y observando las pendientes, es de esperar que la disminución en la producción de leche sea significativamente mayor en

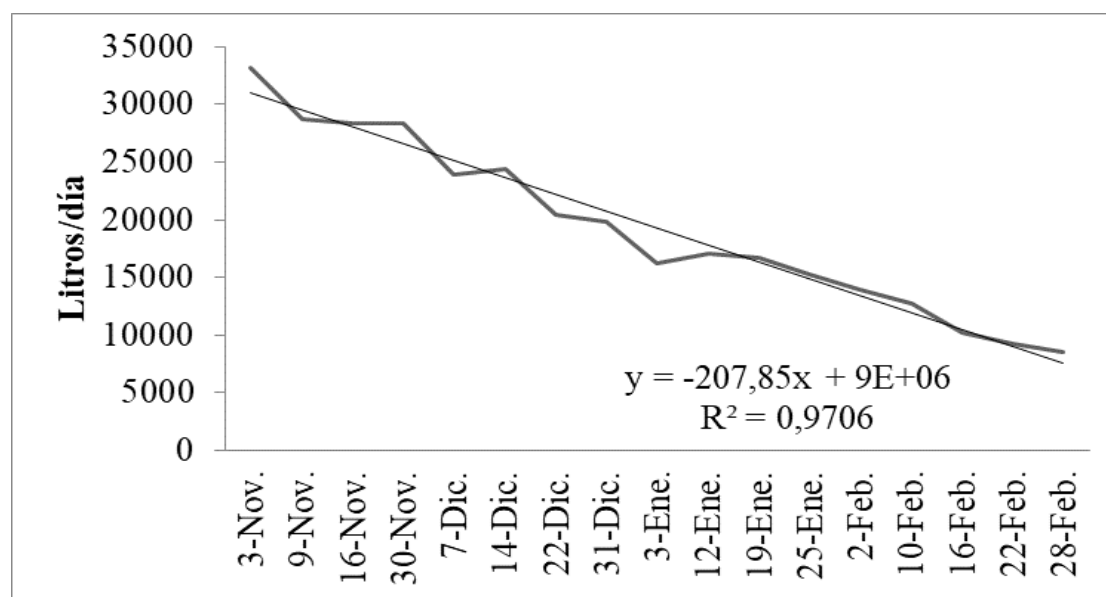
los lotes que presenten los animales con mayor producción promedio con respecto al lote de vaquillonas y el de baja producción, debido a la mayor sensibilidad que presentan los animales de alta producción con respecto a los de baja producción y vaquillonas.

4.5. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL TAMBO EN SU CONJUNTO

Para evaluar cuál fue la tendencia del tambo en general durante los meses en los que se realizó el estudio se incorporaron los datos de la producción lechera del lote de vacas rengas.

A continuación se presenta un gráfico para visualizar la tendencia en producción, medida en litros por día (mediciones aproximadamente cada una semana) del tambo en general durante el período noviembre 2015-febrero 2016

Gráfico No. 22. Evolución de la producción total (medida en litros por día) del tambo

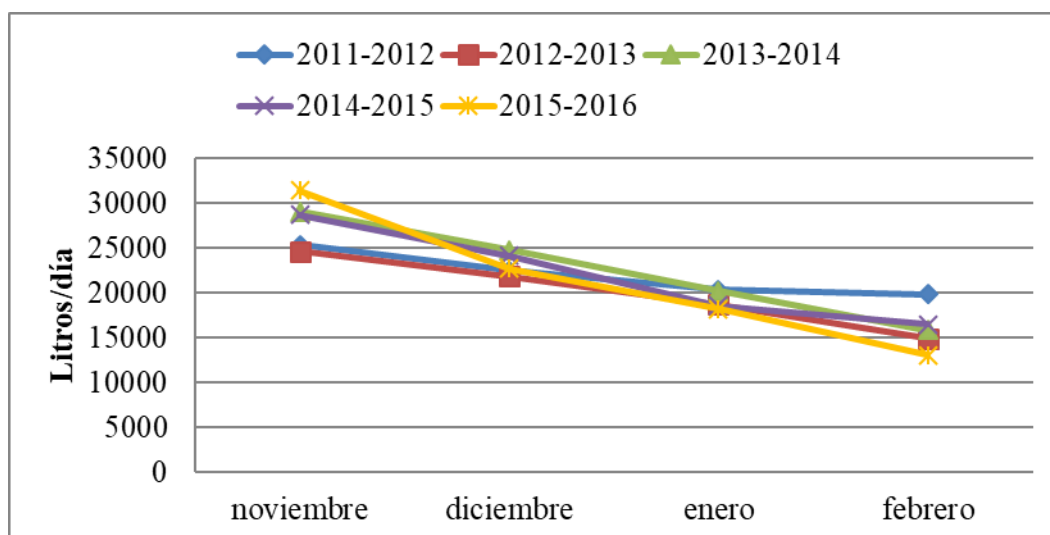


Como se observa en el gráfico 22 la tendencia es que la producción de leche disminuye a medida que avanza el verano, esto se corresponde con lo visto anteriormente de forma individual para cada lote donde la tendencia de los mismos fue similar a la del tambo en su conjunto.

Para visualizar de una forma más objetiva la problemática del verano se compararon datos de producción total de litros por día de años anteriores con los relevados en este trabajo. Para realizar el cálculo se tomaron en cuenta el promedio de las vacas en ordeño por lote y los L/V/día de cada lote, y se sumaron los totales (para cada uno de los meses en estudio).

A continuación se presenta el gráfico comparando los datos de los años 2011-2014 con el período actual.

Gráfico No. 23. Comparación de la evolución de producción en litros/día entre datos del período 2011-2014 y la actualidad



El gráfico 23 muestra que a medida que avanza el verano la producción de leche disminuye, la caída de la producción lógicamente varía entre años debido tanto a los efectos del año (climáticos), efectos del manejo (todo lo referido a variaciones coyunturales de rutina, manejo) y también a modificaciones/adiciones en la infraestructura del establecimiento que apuntan a aumentar el confort y bienestar animal principalmente durante el verano (acondicionamiento de los corrales, sombra, etc.).

Se puede observar claramente que el año 2015 es el que presenta la mayor caída en producción y esto explica en parte el efecto negativo del año en estudio, donde el impacto del estrés por calor (condiciones climáticas) como las variaciones coyunturales en el manejo de los animales (rutina, calidad de la alimentación, etc.) afectaron de forma negativa la producción de leche en comparación con los años anteriores.

Para enriquecer la comparación entre años, se presenta a continuación un cuadro con el ITH promedio de los meses del mismo periodo evaluado en los años anteriores.

Cuadro No. 18. Valor de ITH en los meses del periodo en estudio para los años 2011-2015

Año	Mes			
	noviembre	diciembre	enero	febrero
2011-2012	69	70	73	72
2012-2013	69	72	72	70
2013-2014	68	74	74	71
2014-2015	67	70	72	72
2015-2016	66	71	74	74

El cuadro 18 nos permite contextualizar de forma más precisa lo comentado anteriormente. Si se observan los valores de ITH del año en estudio (2015-2016) en comparación con los años anteriores y a su vez se relaciona esto con las curvas de producción presentadas en el gráfico, se puede afirmar con mayor precisión que las condiciones ambientales en el presente estudio seguramente tuvieron un impacto mayor en la producción de leche del tambo en comparación con los años anteriores. Esto no solamente se observa en la caída de la producción sino también en el valor registrado en noviembre, o sea, el punto de partida donde la producción de leche es mayor en el presente estudio.

A modo de ejemplo se comparan los ITH del período 2011-2012 vs. 2015-2016 los cuales son contrastantes.

Cuadro No. 19. Valores de ITH promedio para los períodos 2011-2012 y 2015-2016

Año	Mes			
	noviembre	diciembre	enero	Febrero
2011-2012	69	70	73	72
2015-2016	66	71	74	74

El período 2015-2016 es el período que presentó mayor producción de leche en noviembre y el período 2011-2012 es el que presentó una de las menores producciones en noviembre, si se asocia esta producción con los ITH promedio registrados en cada período se puede observar que el valor de ITH registrado para el período 2011-2012 es mayor que el registrado en el 2015-2016. Lo contrario sucede si en febrero, donde el ITH en el 2015-2016 fue de 74 asociado con la menor producción de leche y el ITH registrado en 2011-2012 fue de 72 asociado a la mayor producción de leche en todos los períodos evaluados.

Si bien esto permite acercarse más a la estrecha relación que mantiene el ITH con la producción de leche hay que tener en cuenta que no se están tomando en

consideración factores muy importantes como los cambios en el manejo, la rutina, la composición de los lotes, la alimentación suministrada, entre otros. Por lo que esta comparación es solo una aproximación a la relación estrecha que existe pero no única.

5. DISCUSIÓN

Si se realiza una evaluación general del establecimiento en su conjunto se puede concluir que el mismo presenta elementos que a priori serían efectivos para mitigar el estrés por calor en los animales, mejorando el confort y bienestar de los mismos, y de esta forma reducir las pérdidas en producción de leche.

Con respecto a la infraestructura, tanto en el tambo (sala de espera y sala de salida) como en los corrales de alimentación, los animales encuentran estructuras y sistemas estandarizados que el único objetivo que siguen es el de mejorar el confort y el bienestar de los animales durante el verano (donde las condiciones ambientales imperantes pueden llegar a ser extremas, alta temperatura, alta humedad relativa). Por lo que desde el punto de vista de la infraestructura del establecimiento los animales poseen elementos que deberían mitigar o al menos disminuir el estrés por calor en el verano. Sin embargo, si se analiza la evolución de la producción individual y del tambo en su conjunto, la misma refleja que existen diversos factores que afectan negativamente la producción de leche.

Analizando los elementos que posee el establecimiento para mitigar el estrés destaca la combinación de la ventilación y la aspersión en la sala de espera del tambo. Como se mencionó la frecuencia de ventilación fue de 2 minutos y la de mojado de 7 minutos, lo que constituye un problema ya que el animal se moja pero no evapora el agua brindada por aspersión sino que la evapora cuando se seca y claramente esto va en contra del objetivo principal de la combinación de la aspersión y ventilación.

Estudios realizados en INTA recomiendan un mojado del lomo del animal utilizando gota gruesa, con la posterior aplicación de ventilación forzada, acción que al evaporar el agua genera el enfriamiento y bienestar del animal. La frecuencia de mojado recomendada es de 7 minutos combinada con una frecuencia de ventilación de 40 segundos y que el evento tenga una duración aproximada de 30 minutos.

Por lo tanto, si bien el establecimiento no se aleja demasiado de lo indicado por el INTA, ésta diferencia en la duración del mojado podría estar afectando la eficiencia del sistema de ventilación y mojado, y por lo tanto el objetivo que persigue.

Otro elemento a destacar es la ubicación de los bebederos dentro del corral como fue mencionado. Una alternativa a esto sería distribuir los bebederos de forma tal que los animales no deban exponerse innecesariamente a condiciones ambientales adversas para el consumo de agua. Es decir, se podrían colocar bebederos adicionales en la sombra, de modo de no alterar la distribución original, ya que el problema se da solamente en verano.

Es importante destacar que estos efectos negativos no pueden atribuirse solamente al estrés por calor, el cual tiene un efecto muy importante, sino que se debe

tener en cuenta que a nivel comercial el escenario global del rubro (el cual fue negativo para el período evaluado) tiene un efecto significativo en las decisiones del sector empresarial que afectan al sector productivo. Estas decisiones empresariales que afectan la producción se ven reflejadas en los cambios en la composición de la dieta y la restricción significativa del suministro de concentrado; estos cambios implican modificaciones en la rutina, incremento de la frecuencia de los pastoreos, aumentando los traslados y por lo tanto la exposición de los animales a condiciones ambientales extremas que aumentan la susceptibilidad de los mismos al estrés por calor. El estrés por calor provoca una disminución en la producción individual de los animales que redundan en una menor producción de leche del tambo en su conjunto.

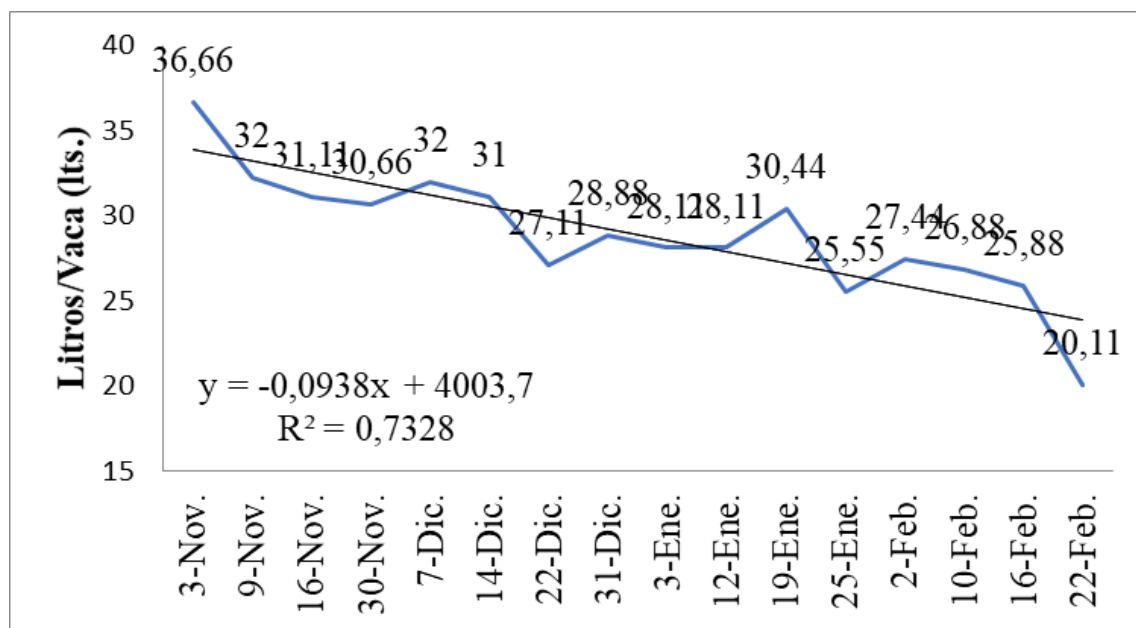
En cambio, si se analiza la evolución de la producción individual y del tambo en su conjunto comparada con los años anteriores, se observa que más allá del efecto año (afectando positiva o negativamente la producción) y de las mejoras en la infraestructura apuntando al confort animal, la tendencia es la misma y la producción se ve significativamente afectada en el período noviembre-febrero. De esto se desprende que el principal denominador común en la ecuación de la producción de leche en verano son las condiciones climáticas extremas, temperatura y humedad, y estas provocan que el ambiente para la producción de leche no sea adecuado.

Si esto se observa desde el punto de vista de la infraestructura, en principio se podría comentar que la misma genera que el estrés por calor sufrido por los animales no sea extremo y mantiene la producción en ciertos rangos; mientras que si se observa desde el punto de vista de las variaciones coyunturales de manejo experimentadas durante este estudio, se puede comentar que las mismas tuvieron efectos aditivos al estrés por calor que desencadenó en la marcada disminución de la producción de leche del establecimiento.

El período estudiado en este trabajo coincidió en tiempo y espacio con un experimento realizado en el mismo establecimiento. El mismo consistió en mantener un lote de animales sin limitantes de alimento (concentrado) y pastoreos controlados minuciosamente por un técnico.

A continuación se presenta la evolución de los litros de leche por animal del lote ensayo durante el período evaluado.

Gráfico No. 24. Evolución de la producción de leche por vaca, lote ensayo



Como se puede observar en el gráfico 24 la mayor producción por vaca se da el 3 de noviembre (primera medida) siendo de 36,6 lts/vaca y la menor producción se da el 16 de febrero (última medida) siendo de 20,1 lts/vaca.

La tasa de caída (estimada mediante regresión lineal) es menor que la de los lotes en producción:

Lote ensayo: $y = -0,0938x + 4003,7$ ($R^2 = 0,7328$)

Lote 1: $y = -0,1122x + 4771,6$ ($R^2 = 0,8934$)

Lote 2: $y = -0,1544x + 6562,5$ ($R^2 = 0,9401$)

Lote 3: $y = -0,1638x + 6957,5$ ($R^2 = 0,9343$)

Lote 4: $y = -0,1059x + 4495,2$ ($R^2 = 0,8049$)

Sin embargo, más allá de que la tasa de caída es menor, la producción por vaca igualmente disminuye aproximadamente la mitad entre noviembre y febrero.

Claramente se ve que la producción es significativamente superior a la de los lotes 1, 2, 3 y 4. Esto se debe a que no hay restricciones alimenticias, los traslados son mínimos y su rutina no sufre variaciones bajo ningún concepto. Pero más allá de esto, lo interesante de observar es que la caída en producción es significativa, siendo la tasa de la misma similar a la del lote 4 (sin tomar en cuenta la producción en términos absolutos). Tomando en cuenta que la única diferencia entre el experimento y los lotes comerciales fue el manejo (alimentación, traslados, etc.), nos aproxima de forma significativa a decir

que las condiciones ambientales afectaron también al lote ensayo en lo que a producción se refiere; y esto podría poner en jaque al sistema de producción en general, ya que si un lote en condiciones controladas (entiéndase por condiciones controladas que no hay limitantes de concentrado, no hay traslados excesivos, la dieta es ajustada a cada animal) tiene una caída en producción por animal de 16,5 litros por vaca durante el verano, nos estaría aproximando a que las condiciones ambientales para la producción de leche (bajo este modelo) no son las más adecuadas en la región donde se encuentra el establecimiento. Cabe destacar que este lote no tuvo un evento preestablecido de ventilado y aspersión, sino que solamente fue expuesto a este evento previamente a los ordeñes (al igual que el resto de los lotes). Solamente el lote 1 presentó este evento como parte de la rutina.

Haciendo foco en las observaciones de comportamiento realizadas a nivel de campo y la relación que mantienen las mismas con las condiciones ambientales imperantes (cuantificada a través del ITH) y por supuesto la relación que mantiene con la producción de leche; se puede afirmar que la relación existente es estrecha y queda en evidencia debido a los cambios en el comportamiento de los lotes estudiados.

Uno de los cambios más importantes y de mayor relevancia registrados es la prioridad que los animales le dan a resguardarse bajo la sombra disponible y de esta forma disminuir el tiempo dedicado a la alimentación o a beber agua. Esto es muy importante debido a que tiene consecuencia directa sobre la producción de leche, ya que independientemente de las variaciones coyunturales en la alimentación (cantidad, composición, etc.) el tiempo dedicado a la misma es menor y por lo tanto la transformación de la misma en leche se encuentra seriamente afectada. Es pertinente destacar que en todos los lotes se observaron animales que presentaban síntomas visibles de estrés por calor.

En síntesis, a partir de las observaciones realizadas a nivel de campo y su relación con las condiciones ambientales imperantes durante las visitas realizadas al establecimiento, a priori se puede afirmar que el efecto combinado de la temperatura y la humedad durante tres o más días consecutivos (ITH y olas de calor) afectaron significativamente el comportamiento animal, siendo estos cambios principalmente reducción del consumo, reducción de los traslados dentro de los eventos (priorizando la acumulación en sectores donde abunda la sombra), jadeo, salivación excesiva, aumento de la frecuencia respiratoria, rechazo a echarse, entre otros.

Por último se debe enfocar en el manejo del establecimiento, principalmente a la rutina de los lotes en producción. La rutina original (preestablecida) de los lotes fue modificada a medida que avanzó el verano lo cual deja en evidencia que la prioridad que tiene la rutina de los lotes en las decisiones es muy baja, por lo que es factor de modificaciones constantes. Estos cambios en la rutina, generados por un contexto muy complicado del sector lechero, conllevan principalmente cambios en alimentación y traslados. Con respecto a alimentación se observa que aumenta el consumo de forraje

con un considerable descenso en la calidad del mismo. Al aumentar el consumo de forraje, inclusiones de sesiones de pastoreo en la rutina de los lotes, aumentan los traslados de los animales hacia los potreros, siendo estas distancias en algunos casos muy largas.

Entonces se está frente a una disminución en la calidad del alimento ofrecido, traslados permanentes a los potreros cubriendo distancias muy largas, escases de fuentes de agua en los potreros y una mayor exposición de los animales a las condiciones ambientales imperantes que se agravan a medida que avanza el verano. Todo esto se traduce en evidencias claras (síntomas observados) de estrés por calor en los animales, que trae aparejado una disminución en el tiempo dedicado a la alimentación, un incremento en el tiempo dedicado a la sombra o a la búsqueda de estructuras para mejorar el confort y todo esto se ve reflejado en una marcada disminución de la producción de leche a medida que avanza el verano.

6. CONCLUSIONES

Al caracterizar las condiciones climáticas con el fin de evaluar si las mismas son favorables para la producción de leche durante el período estudiado, se identificó que las mismas no son adecuadas ya que el índice de temperatura y humedad fue muy superior a 72 en los meses de diciembre, enero y febrero.

Las condiciones ambientales desfavorables generan notorios cambios en el comportamiento de los animales asociados al estrés por calor que generan una disminución en el consumo de agua y alimentos, y un aumento principalmente en la búsqueda de sombra independientemente del evento al que sean sometidos (pastoreos, encierres). A su vez activan mecanismos visibles para disminuir el estrés por calor como lo es el aumento de la frecuencia respiratoria, rechazo a echarse, acumulación en zonas cercanas a fuentes de agua.

La rutina tiene muy baja prioridad en el manejo de los lotes dentro del establecimiento, esto genera cambios en la alimentación (oferta y calidad) y en la estrategia de manejo (traslados, aumento de sesiones de pastoreo) que exponen a los animales a condiciones ambientales extremas con muy baja probabilidad de recuperación del confort y comprometiendo la producción.

La producción de leche en el período evaluado tuvo una marcada disminución incluso en condiciones no limitantes de sombra, agua y alimento. Lo cual estaría indicando que las condiciones ambientales imperantes durante el verano en la zona bajo estudio no son favorables para la producción lechera.

7. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar si las condiciones climáticas del ambiente productivo donde se realizó el estudio fueron adecuadas para la producción de leche y el impacto que tuvieron las mismas en el comportamiento animal. Las condiciones climáticas se caracterizaron según el índice de temperatura y humedad (ITH) promedio, olas de calor (horas al día con $ITH \geq 72$, valor crítico de referencia) y las temperatura máximas y mínimas diarias. Para medir el comportamiento de los animales se identificaron cada uno de los eventos de las rutinas de los lotes en estudio y la actividad principal de los mismos en dichos eventos. Esto se realizó mediante observaciones diarias de cada lote durante tres períodos en el verano (diciembre, enero y febrero). Se identificaron dos olas de calor leves en diciembre, tres olas de calor leves y una ola de calor severa en enero y en el mes de febrero dos olas de calor leves. El ITH promedio en diciembre fue menor al valor crítico (72) y en enero y febrero fue mayor al valor crítico. El trabajo arrojó que el comportamiento de los animales durante el estudio sufrió cambios significativos que estuvieron relacionados con la evolución de las condiciones climáticas a medida que avanzó el verano, esto se vio reflejado por la aparición de síntomas visibles típicos del estrés por calor en los animales (búsqueda de sombra, disminución del consumo de alimento y de agua, jadeos, salivación excesiva, acumulación en zonas frescas, rechazo a echarse, etc.) y repercutió parcialmente en una marcada disminución en la producción de leche del tambo en su conjunto. Es pertinente aclarar que esta disminución en la producción no se puede atribuir solamente a las condiciones climáticas imperantes (estrés por calor sufrido por los animales) sino que es multifactorial y el resto de las variables como el manejo, alimentación, entre otras, también tuvieron incidencia.

Palabras clave: Estrés calórico; Índice de temperatura y humedad; Olas de calor; Comportamiento; Producción de leche.

8. SUMMARY

The objective of this work was to evaluate if the climatic conditions of the productive environment where the study was carried out were adequate for milk production and the impact that they had on animal behavior. The climatic conditions were characterized according to the average temperature and humidity index (ITH), heat waves (hours per day with $ITH \geq 72$, critical reference value) and the maximum and minimum daily temperatures. To measure the behavior of the animals, each of the events of the routines of the lots under study and the main activity of the same in those events was identified. This was done by daily observations of each batch during three periods in the summer (December, January and February). Two mild heat waves were identified in December, three mild heat waves and one severe heat wave in January and in February two mild heat waves. The average ITH in December was lower than the critical value (72) and in January and February it was greater than the critical value. The work showed that the behavior of the animals during the study underwent significant changes that were related to the evolution of climatic conditions as the summer progressed, this was reflected by the appearance of visible symptoms typical of heat stress in animals (search for shade, decreased consumption of food and water, panting, excessive salivation, accumulation in cool areas, refusal to lie down, etc.) and partially impacted on a marked decrease in dairy production as a whole. It is pertinent to clarify that this decrease in production can not be attributed solely to the prevailing climatic conditions (heat stress suffered by animals) but is multifactorial and the rest of the variables such as management, feeding, among others, also had an impact.

Key words: Heat Stress; Temperature and Humidity Index; Chlor Waves; Behavior; Milk Production.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. AMS (American Meteorological Society, US). 1989. Glossary of meteorology. Boston. 638 p.
2. Arias, R.; Mader, T.; Escobar, P. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivos de Medicina Veterinaria. 40:7-22.
3. Berman, A.; Folman, Y.; Kaim, M.; Mamen, M.; Herz, Z.; Wolfenson, D.; Graber, Y. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high yielding dairy cows in a subtropical climate. Journal of Dairy Science. 68:1488-1495.
4. Bernabucci, U. 2012. Impact of the hot environment on nutrient requirements. In: Collier, J. L. ed. Environmental physiology of livestock. Iowa City, Iowa, Wiley. pp. 101-128.
5. Bianca, W. 1965. Reviews of the progress of dairy science. Section A Physiology. Cattle in hot environment. Journal of Dairy Research. 32:291-345.
6. _____.1972. Termorregulación. In: Hafez, E. S. ed. Adaptación de los animales de granja. México, Herrero. pp. 135-162.
7. Blackshaw, J. 2003. Grazing animal management and behavior. In: McGreevy, P. ed. Notes on some topics on applied animal behavior. Sydney, Australia, University of Sidney. pp. 125-140.
8. Breinholt, K.; Gowen, F.; Nwosu, C. 1981. Influence of environment and animal factor son day and night grazing activity of imported holstein-freisian cows in the humid lowland tropics of Nigeria. Tropical Animal Production. 6(4):300–307.
9. Cannon, W. 1932. Organization for physiological homeostasis. Physiological Reviews. 9(3):399-431.
10. Collier, R.; Beede, D.; Thatcher, W.; Israel, L.; Wilcox, C. 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. Journal of Dairy Science. 65(11):2213-2227.

11. Cowan, R. T. 1975. Grazing time and pattern of grazing of freisian cows on a tropical grass legume pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 15:32-37.
12. Cruz, G.; Saravia, C. 2003. Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. Facultad de Agronomía (Montevideo). Nota Técnica no. 50. 36 p.
13. Davison, T.; McGowan, M.; Mayer, D.; Young, B.; Jonsson, N.; Hall, A.; Matschoss, A.; Goodwin, P.; Gaughan, J.; Lake, M. 1996. Managing hot cows in Australia. Brisbane, Australia, Queensland Department of Primary Industry. 84 p.
14. Flamenbaum, I. 2013. Ventajas de la gestión del estrés calórico en el rodeo lechero. FEPALE. Columnistas FEPALE. 7(9):s.p.
15. Frazzi, E.; Calamari, L.; Calegari, F.; Stefanin, L. 2000. Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. *Transaction of the American Society of Agricultural Engineers*. 43(2):387-394.
16. Gallardo, M.; Valtorta, S. 2011 Producción y bienestar animal. Estrés por calor en ganado lechero: impactos y mitigación. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 163 p.
17. Ghiano, J.; Leva, P. E.; Walter, E.; Taverna.; Toffoli, G.; García, M. S. 2014. Mitigación del estrés calórico en vacas lecheras en un clima subhúmedo. *Revista Fave-Ciencias Agrarais*. 15(1):1-10.
18. Hahn, G. L. 1981. Housing and management to reduce climatic impacts on livestock. *Journal of Animal Science*. 52:175-186.
19. Johnson, H. D.; Kibler, H. H.; Ragsdale, A. C.; Berry, I. L.; Shanklin, M. D. 1961. Role of heat tolerance and production level in responses of lactating holsteins to various temperature-humidity conditions. *Journal of Dairy Science*. 44:1191-1250.
20. _____. 1965. Environmental temperature and lactation (with special reference to cattle). (en línea). *International Journal of Biometeorology*. 9 (2):103-116. Consultado mar. 2016. Disponible en <https://link.springer.com/journal/484>.
21. _____. 1987. Bioclimate Effects on growth, reproduction and milk production. In: Johnson, H. D. ed. *Bioclimatology and the adaptation of*

livestock. Columbia, United States, University of Missouri-Columbia. pp. 35-52.

22. Kadzere, C.; Murphy, M.; Silanikove, N.; Maltz, E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*. 77:59-91.
23. La Manna, A.; Román, L.; Bravo, R.; Aguilar, I. 2014. Estrés térmico en vacas lecheras: con sombra y bienestar las vacas producen más. *Revista INIA*. no. 39:34-39.
24. Roman, L. 2014. Evaluación de medidas de mitigación del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas lecheras. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 125 p.
25. Ronchi, B.; Bernabucci, U.; Lacetera, N.; Supplizi, V.; Nardone, A. 1999. District and common effects of heat stress and restricted feeding on metabolic status of Holstein heifers. *Zootecnia e Nutrizione Animale*. 25:11-20.
26. Saravia, C. 2009. Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas Holando y Jersey. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 140 p.
27. _____.; Astigarraga, L.; Van Lier, E.; Bentancur, O. 2011. Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto (Uruguay). *Agrociencia (Uruguay)*. 15 (1):93-101.
28. Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic. *Livestock Production Science*. 67:1-18.
29. St-Pierre, N.; Cobanov, B.; Schnitkey, G. 2003. Economic losses from heat stress by US Livestock Industries. *Journal of Dairy Science*. 86 (suppl.):E52-E57.
30. Tapki, I.; Sahin, A. 2006. Comparison of the thermoregulatory behaviors of low and high producing dairy cows in a hot environment. *Animal Behavior Science*. 99:1-11.
31. Thom, E. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*. 12:57-59.

32. Widowski, T. 2001. Shade-seeking behavior of rotationally-grazed cows and calves in a moderate climate. In: International Symposium of Livestock Environment (6th, 2001, Louisville, Kentucky). Proceedings. Louisville, American Society of Agricultural and Biological Engineers. pp. 632-639.