

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA MEJORAR
LA PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN LECHE
DE VACAS HOLANDO EN VERANO**

por

Víctor Fernando GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2004**

TESIS aprobada por:

Director: _____
Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha: _____

Autor: _____
Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A mi familia que me apoyó durante toda mi carrera.

A Enrique Vilmer y a través de él a todo el personal de Establecimiento La Esperanza ya que sin su apoyo no hubiese podido llevar adelante el ensayo de campo.

A la Ing. Agr. Laura Astigarraga que trabajó en el proyecto hasta el último día.

A la Ing. Agr. Celmira Saravia y Dr. Vet. Elise Vanlier por el aporte de material, comentarios y sugerencias.

A la familia Yuele que facilitó todo el equipo de informática necesario.

Al Laboratorio COLAVECO por su colaboración en los análisis de las muestras de leche.

A INIA La Estanzuela.

A mis amigos por alentarme a seguir adelante.

En especial, a mi querida tía Mary que toda su vida se preocupó por incentivar en los alumnos que pasaron por sus clases y a sus sobrinos el gusto por el estudio y el saber.

LISTA DE CUADROS

CUADRO N°	PÁGINA
1. Escala de efectos del ITH	5
2.Descripción de los lotes del ensayo	32
3. Manejo de los lotes	36
4. Caracterización de las principales variables climática durante el período del ensayo (19/12/02 al 6/02/03).....	42
5. Frecuencia del ITH diario en el mes de diciembre de 2002 considerando diferentes rangos de estrés calórico.....	45
6. Frecuencia del ITH diario en el mes de enero de 2003 considerando diferentes rangos de estrés calórico.....	45
7. Frecuencia del ITH diario en el mes de febrero de 2003 considerando diferentes rangos de estrés calórico.....	45
8. Efecto del ambiente sobre la producción de leche según la dieta suministrada.....	46
9. Efecto del ambiente sobre la producción de leche corregida por grasa según la dieta suministrada.....	48
10. Efecto del ambiente sobre el porcentaje de grasa según la dieta suministrada.....	50
11. Efecto del ambiente sobre la producción de grasa por día según la dieta suministrada.....	51
12. Efecto del ambiente sobre el porcentaje de proteína según la dieta suministrada.....	53
13. Efecto del ambiente sobre la producción de proteína diaria según la dieta suministrada.....	55
14. Efecto del ambiente sobre el conteo de células somáticas según la dieta suministrada.....	57
15. Efecto del ambiente sobre la Frecuencia Respiratoria según la dieta suministrada dieta relevados los días con ITH>72 (días 28, 40, 42, 47,49).....	58

16. Efecto del ambiente sobre la Temperatura rectal según la dieta suministrada relevados los días con ITH>72 (días 9, 28, 49).....	60
17. Efecto Ambiente sobre la condición corporal.....	62
18. Efecto Dieta sobre la condición corporal.....	62
19. Efecto de la interacción “Ambiente*Dieta” sobre la condición corporal.....	63

LISTA DE FIGURAS

PAGINA

FIGURA N°

1. Evolución de las temperaturas de registradas en la Esfera de Vernon colocada al sol durante el ensayo (19/12/02 al 6/02/03) (el área en gris representa el periodo de acostumbramiento a los tratamientos).....	41
2. Evolución de las temperaturas de registradas en la Esfera de Vernon colocada a la sombra durante el ensayo (19/12/02 al 6/02/03) (el área en gris representa el periodo de acostumbramiento a los tratamientos).....	42
3. Evolución del ITH medio diario durante el período del ensayo (19/12/02 al 6/02/03) (el área en gris indica el período de adaptación y los números en la parte superior los días donde se realizaron los controles lecheros).....	44
4. Promedio mensual del ITH para el período analizado en comparación al promedio histórico (1963 a 2002).....	46
5. Evolución de la producción de leche según el ambiente.....	47
6. Evolución de la producción de leche corregida por grasa según el ambiente.....	49
7. Evolución del porcentaje de grasa de la leche según el ambiente	51
8. Evolución de la producción de grasa de la leche según el ambiente.....	53
9. Evolución del porcentaje de proteína de la leche según el ambiente	54
10. Evolución de la producción de proteína de la leche según el ambiente.....	56
11. Evolución del conteo de células somáticas según el ambiente.....	58
12. Evolución de la frecuencia respiratoria según el ambiente.....	60
13. Evolución de la temperatura rectal según el ambiente	61
14. Producción de leche y persistencia según ambiente desde el control 22 al	

50.....	66
15. Variación de la producción de leche en función del ITH día-1 para el lote Sol.....	67
16. Variación de la producción de leche en función del ITH día-1 para el lote Sombra.	67

TABLA DE CONTENIDOS

PÁGINA

PAGINA DE APROBACIÓN.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
LISTA DE CUADROS	III
LISTA DE FIGURAS.....	V
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. DEFINICIÓN DE ESTRÉS	2
2.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS	2
2.3. ELEMENTOS DEL CLIMA QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN.....	3
2.3.1. <u>Temperatura del aire</u>	3
2.3.2. <u>Velocidad del viento</u>	3
2.3.3. <u>Radiación</u>	3
2.3.4. <u>Humedad relativa</u>	4
2.4. <u>ÍNDICE DE TEMPERATURA-HUMEDAD (ITH)</u>	4
2.5. <u>ZONA TERMONEUTRA O DE CONFORT TÉRMICO</u>	6
2.6. <u>RESPUESTA EL ESTRÉS CALÓRICO</u>	7
2.6.1. <u>Sudoración</u>	7
2.6.2. <u>Temperatura rectal</u>	8
2.6.3. <u>Variaciones en la sangre</u>	10
2.6.4. <u>Frecuencia respiratoria</u>	11
2.6.5. <u>Frecuencia cardiaca</u>	12
2.7. <u>RESPUESTA METABOLICA</u>	12
2.7.1. <u>Consumo y metabolismo de minerales</u>	12
2.7.2. <u>Requerimiento de agua</u>	14
2.7.3. <u>Consumo y digestibilidad de los nutrientes</u>	16
2.8. <u>EFFECTO DE LA COMPOSICIÓN DE LA DIETA</u>	18
2.8.1. <u>Contenido de fibra en la dieta</u>	18
2.8.2. <u>Contenido de lípidos en la dieta.</u>	18
2.8.3. <u>Contenido de proteína en la dieta.</u>	19
2.9. <u>EFFECTOS SOBRE LA PRODUCCIÓN</u>	20
2.9.1. <u>Producción de leche</u>	20
2.9.2. <u>Producción de grasa en leche</u>	21
2.9.3. <u>Producción de proteína en la leche</u>	22
2.9.4. <u>Recuento de células somáticas</u>	23
2.10. <u>EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA ENDÓCRINO</u>	24
2.11. <u>EFFECTOS SOBRE LA REPRODUCCIÓN</u>	26
2.12. <u>COMENTARIOS FINALES</u>	28
 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	 32

3.1. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO	32
3.1.1. <u>Tratamientos experimentales</u>	32
3.1.2. <u>Instalaciones para el ordeño y suministro de ración</u>	32
3.1.3. <u>Distribución temporal del ensayo y eventos principales</u>	34
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ALIMENTOS DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL.....	35
3.3. MANEJO DEL GANADO	35
3.3.1. <u>Lote de sol</u>	35
3.3.2. <u>Lote de sombra</u>	36
3.3.3. <u>Acceso al agua</u>	37
3.4. MEDICIONES EXPERIMENTALES	37
3.4.1. <u>Determinaciones en el ambiente</u>	37
3.4.1.1. Determinaciones en los globos negros	37
3.4.1.2. Temperatura y humedad relativa ambiente (ITH)	38
3.4.2. <u>Determinaciones en el animal</u>	38
3.4.2.1. Condición corporal	38
3.4.2.2. Frecuencia respiratoria	39
3.4.2.3. Temperatura rectal.....	39
3.4.3. <u>Mediciones de producción y composición de la leche</u>	39
3.4.3.1. Control lechero	39
3.4.3.2. Calidad de la leche	39
3.4.4. <u>Determinaciones en la pastura</u>	40
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	40
 4. <u>RESULTADOS</u>	 41
4.1. REGISTROS EN EL AMBIENTE	41
4.1.1. <u>Registro de temperatura en los globos negros</u>	41
4.1.2. <u>Evolución diaria del ITH</u>	43
4.1.3. <u>Comportamiento mensual del ITH</u>	45
4.2. PRODUCCIÓN DE LECHE	46
4.2.1. <u>Efecto Ambiente</u>	47
4.2.2. <u>Efecto Dieta</u>	47
4.2.3. <u>Evolución de la producción de leche en función del ambiente (Efecto</u> <u>“Ambiente*Día”)</u>	47
4.2.4. <u>Efecto “Ambiente*Dieta”</u>	48
4.3. LECHE CORREGIDA POR GRASA(LCG).....	48
4.3.1. <u>Efecto Ambiente</u>	48
4.3.2. <u>Efecto Dieta</u>	48
4.3.3. <u>Efecto “Ambiente*Dieta”</u>	48
4.3.4. <u>Evolución de la producción de LCG en función del ambiente (Efecto</u> <u>“Ambiente*Día”)</u>	49
4.4. PORCENTAJE Y PRODUCCIÓN DE GRASA	48
4.4.1. <u>Porcentaje de Grasa</u>	49
4.4.1.1. Efecto Ambiente	50
4.4.1.2. Efecto Dieta	50
4.4.1.3. Efecto “Ambiente*Dieta”	50

4.4.1.4. Evolución del porcentaje de grasa en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”)	50
4.4.2. <u>Producción de grasa</u>	51
4.4.2.1. Efecto Ambiente	52
4.4.2.2 Efecto Dieta.....	52
4.4.2.3. Efecto “Ambiente*Dieta”	52
4.4.2.4. Evolución de la producción de grasa en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”).....	52
4.5. <u>PORCENTAJE Y PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA</u>	53
4.5.1. <u>Porcentaje de Proteína</u>	53
4.5.1.1. Efecto Ambiente	53
4.5.1.2. Efecto Dieta	54
4.5.1.3. Efecto “Ambiente*Dieta”	54
4.5.1.4. Evolución del porcentaje de proteína en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”).....	54
4.5.2. <u>Producción de Proteína</u>	55
4.5.2.1. Efecto Ambiente	55
4.5.2.2. Efecto Dieta.....	55
4.5.2.3. Efecto “Ambiente*Dieta”	55
4.5.2.4. Evolución de la producción de proteína en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”).....	56
4.6. <u>RECuento DE CÉLULAS SOMÁTICAS</u>	56
4.6.1. <u>Efecto Ambiente</u>	57
4.6.2. <u>Efecto Dieta</u>	57
4.6.3. <u>Efecto “Ambiente*Dieta”</u>	57
4.6.4. <u>Evolución del conteo de células somáticas en la leche en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”).....</u>	57
4.7. <u>FRECUENCIA RESPIRATORIA</u>	58
4.7.1. <u>Efecto Ambiente</u>	59
4.7.2. <u>Efecto Dieta</u>	59
4.7.3. <u>Efecto “Ambiente*Dieta”</u>	59
4.7.4. <u>Evolución de la frecuencia respiratoria en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”).....</u>	59
4.8. <u>TEMPERATURA RECTAL</u>	60
4.8.1. <u>Efecto Ambiente</u>	60
4.8.2. <u>Efecto Dieta</u>	60
4.8.3. <u>Efecto “Ambiente*Dieta”</u>	61
4.8.4. <u>Evolución de la temperatura rectal en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”).....</u>	61
4.9. <u>CONDICIÓN CORPORAL</u>	62
4.9.1. <u>Efecto Ambiente</u>	62
4.9.2. <u>Efecto Dieta</u>	62
4.9.3. <u>Efecto “Ambiente*Dieta”</u>	63
5. <u>DISCUSIÓN</u>	64

5.1. PRODUCCIÓN DE LECHE	64
5.1.1. <u>Efecto Ambiente</u>	64
5.1.2. <u>Efecto Dieta</u>	64
5.1.3. <u>Efecto interacción “Dieta*Ambiente”</u>	65
5.1.4. <u>Efecto “Ambiente*Día”</u>	65
5.2. CONTENIDO Y PRODUCCION DE GRASA.....	68
5.2.1. <u>Efecto Ambiente</u>	68
5.2.2. <u>Efecto Dieta</u>	68
5.2.3. <u>Efecto “Dieta*Ambiente”</u>	69
5.2.4. <u>Efecto “Ambiente*Día”</u>	69
5.3. CONTENIDO Y PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA	70
5.3.1. <u>Efecto Ambiente</u>	70
5.3.2. <u>Efecto Dieta</u>	70
5.3.3. <u>Efecto “Ambiente*Dieta”</u>	70
5.3.4. <u>Efecto “Ambiente*Día”</u>	71
5.4. VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA RESPIRATORIA Y DE LA TEMPERATURA RECTAL	72
5.4.1. <u>Efecto Ambiente</u>	72
5.4.2. <u>Efecto Dieta</u>	73
5.4.3. <u>Efecto “Ambiente*Dieta”</u>	73
5.4.4. <u>Efecto “Ambiente*Día”</u>	73
5.5. VARIACIÓN EN LA CONDICIÓN CORPORAL.....	74
5.5.1. <u>Efecto Ambiente</u>	74
5.5.2. <u>Efecto Dieta</u>	74
5.5.3. <u>Efecto “Ambiente*Dieta”</u>	74
6. <u>CONCLUSIONES</u>	76
7. <u>RESUMEN</u>	77
8. <u>SUMMARY</u>	79
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	81
10. <u>ANEXOS</u>	86

1. INTRODUCCIÓN

La producción de leche durante el periodo estival presenta como particularidad menores producciones por vaca (lactancia menos productivas y más cortas) y también menor producción de sólidos totales por menores contenidos de proteína y/o grasa de la leche. Ello plantea problemas para la industria ya que merma los rendimientos de transformación de la leche (particularmente para la producción de queso).

Este efecto es debido en parte a una menor calidad de la alimentación durante este periodo (por mayor contenido en pared celular y por lo tanto menor digestibilidad de los forrajes) y en parte al efecto del estrés calórico de la vaca lechera.

El efecto del estrés calórico sobre la producción y composición de la leche se produce tanto por un menor consumo del animal y por un incremento del gasto de energía destinado a la termorregulación.

Para las vacas Holando en lactación, la temperatura máxima para la cual se supera la zona de termoneutralidad estaría por encima de 25 ° C (o un Índice de Temperatura-Humedad mayor a 72).

En estas circunstancias cobran especial importancia diversas medidas de manejo que mejoren el confort animal para disminuir la merma de sólidos totales en leche. Una de estas alternativas es la utilización de sombra (natural) y el uso de una suplementación para cubrir los requerimientos de producción de los animales, con una formulación rica en lípidos.

El trabajo tiene como objetivo general estudiar el efecto de la sombra y de la suplementación sobre la producción de sólidos de la leche durante los meses de verano (Diciembre, Enero, Febrero).

Como objetivos específicos nos propusimos analizar el impacto del suministro de sombra (natural o artificial) y estudiar el impacto del suministro de una ración rica en lípidos para disminuir el estrés calórico, mejorar el balance energético de las vacas y por lo tanto aumentar la producción de leche y de sólidos totales.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. DEFINICIÓN DE ESTRÉS

Generalmente el término “estrés” se usa para indicar una condición adversa al bienestar animal. El estrés puede ser causado por condiciones atmosféricas adversas, como el calor o frío intenso; nutricionales, por ejemplo privación de agua o alimentos; social, resultado de un bajo rango en la escala social entre los animales; debido a un desorden fisiológico; a patógenos o toxinas o por el manejo impuesto por el hombre. Desde éste punto de vista el estrés es considerado como una condición anormal en el animal y por lo tanto indeseada (Hafez, 1968; citado por Stott, 1981).

Cannon (1932, citado por Saravia y Cruz, 2003) define a la homeostasis como el estado constante o status de todo el cuerpo que se opone a las condiciones externas que varían constantemente. La homeostasis (o equilibrio interno) se refiere a mantener dentro de ciertos márgenes el balance calórico y termorregulación, el balance químico del agua corporal en cuanto al contenido de compuestos carbonados y minerales y la actividad cardiovascular y circulatoria (Johnson, 1987; Saravia y Cruz, 2003).

Es esencial para el normal funcionamiento del animal mantener la temperatura corporal dentro de un estrecho margen y de ésta forma poder llevar a cabo normalmente los procesos fisiológicos y metabólicos (Shearer y Beede, 1990). La homeotermia es necesaria no sólo para cumplir las funciones vitales de los animales, sino también para llevar a cabo todos los procesos que llevan a productos finales que el hombre explota con fines económicos (Saravia y Cruz, 2003).

Puede entenderse por estrés calórico en el ganado lechero a la incapacidad de los animales para disipar la suficiente cantidad de calor que permita mantener la homeotermia (West, 1999).

2.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

El clima imperante en una región es determinante para el desarrollo de ciertas actividades productivas a nivel agrícola y pecuario.

Se entiende por “clima” al estado medio de la atmósfera y sus variaciones periódicas y aperiódicas en todas las escalas de espacio y tiempo en una zona de la superficie terrestre (Miller, 1996).

El clima se manifiesta en un momento preciso sobre un punto de la superficie terrestre a través de lo que denominamos “tiempo”. El “tiempo” es el estado momentáneo de la atmósfera representado por un conjunto de elementos y fenómenos meteorológicos y/o la integración de un estado por un período relativamente corto de una hora, un día o varios días siempre que no exista variación de dicho estado (Miller, 1996).

2.3. ELEMENTOS DEL CLIMA QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN

El ambiente atmosférico afecta directamente la producción animal al variar las condiciones de temperatura, velocidad del aire, radiación y humedad relativa que rodean al animal. En forma indirecta se afecta el desarrollo de las pasturas, disminuyendo la calidad de las mismas durante los meses estivales, por ende disminuyendo la producción de leche (Hafez, 1972, citados por Saravia y Cruz, 2003).

2.3.1. Temperatura del aire

La temperatura del aire es el elemento biometeorológico que afecta en mayor medida al animal en forma independiente de los restantes factores meteorológicos.

La temperatura que caracteriza a determinada región está explicada básicamente por la cantidad de radiación proveniente del sol que incide sobre ella y presenta variaciones estacionales. Es importante conocer la temperatura a la que se expone el ganado ya que éste factor es fundamental para determinar las condiciones de confort o estrés calórico, a partir de 27 °C el ambiente es estresante para las vacas Holando.

Para medir la temperatura se utiliza una escala de referencia, por lo general la de Celsius o Centígrada. Los valores más útiles para comprender el régimen térmico de una región son la temperatura máxima y mínima, a partir de los cuales podemos calcular la temperatura media (Valtorta *et al.*, 1998).

2.3.2. Velocidad del viento

Este factor es importante ya que afecta el ritmo de intercambio de calor entre el animal y el medio ambiente atmosférico que lo rodea, éste efecto dependerá de la temperatura del aire. Si ésta es menor a la del animal, éste perderá calor hacia la atmósfera por conducción (desde la piel hacia la superficie) y por convección, desde la superficie hacia el aire que rodea al animal (Valtorta *et al.*, 1998).

2.3.3. Radiación

La fuente de origen de la energía que llega a la superficie es el sol. La energía se transmite por medio de ondas electromagnéticas sin necesidad de un soporte físico. La cantidad de energía solar que llega a cierta región dependerá de la latitud, la época del año y las condiciones atmosféricas.

La radiación que llega a la tierra en parte es absorbida y otra parte es reflejada. La energía absorbida se transforma en calor. Este puede ser re-irradiado o transferido por convección, conducción, advección y evaporación. (Valtorta *et al.*, 1998).

El animal también absorbe radiación de los objetos que lo rodean, aunque la principal fuente es el sol. La forma común de medir o registrar la radiación en determinado lugar que incide sobre el animal es registro la temperatura del globo negro.

La temperatura del “globo negro” es el mejor indicador disponible para estimar la carga calórica que sufre el animal debido a que representa la integración de la temperatura del aire, radiaciones multidireccionales y velocidad del aire. Además es de muy fácil construcción, ya que consta de un termómetro colocado horizontalmente dentro de una esfera de cobre pintada de negro mate (de la Sota, 1995).

El principio fundamental de éste dispositivo es el de integrar los aportes de calor por convección y radiación (Berbigier, 1988; citado por Saravia *et al.*, 2003). La temperatura uniforme registrada dentro del espacio cerrado “negro” expresa las ganancias ó pérdidas de calor del medio ambiente medido (Herting, 1972; citado por Saravia *et al.*, 2003).

2.3.4. Humedad relativa

La humedad atmosférica es la cantidad de agua en estado de vapor, contenida en una unidad de masa o volumen de aire. Su importancia radica en el hecho de que su cantidad afecta el grado de evaporación desde la piel y el tracto respiratorio del animal en ambientes cálidos como forma de perder calor

La forma más común de medir la humedad atmosférica es como humedad relativa (%). Su valor se obtiene del cociente entre la cantidad de vapor de la atmósfera en determinado momento y el valor máximo que podría contener sin variar la temperatura (Valtorta *et al.*, 1998).

La carga calórica que el animal no puede disipar, genera estrés calórico. Este proceso de acumulación de calor se ve favorecido por alta humedad del ambiente, ya que dificulta el enfriamiento a través de las pérdidas de calor por evaporación desde la piel y por la temperatura del aire (Johnson, 1976, citado por Kadzere *et al.*, 2002).

2.4. ÍNDICE DE TEMPERATURA-HUMEDAD (ITH)

El “ambiente térmico” que rodea al animal está determinado por una combinación de la temperatura ambiente, la humedad del aire, la velocidad del viento y la intensidad de la radiación solar (de la Sota, 1995).

Una forma práctica que se ha creado de medir cuando un ambiente se vuelve estresante para los animales es a través de un índice que considera a la temperatura y la humedad del ambiente. Varios autores han elaborado dicho índice a partir de las principales condiciones ambientales que afectan la producción de leche.

El índice considera la temperatura y la humedad ambiente (Índice de temperatura-humedad o ITH) y fue propuesto ya en 1959 por Thom. A partir de ésta primer ecuación se convirtieron a otras por diferentes investigadores aunque consideran los mismos parámetros ambientales (Saravia y Cruz, 2003).

Distintos autores sugieren que puede cuantificarse a través de un indicador como el ITH las condiciones térmicas climáticas (Saravia y Cruz, 2003).

El ITH es el índice bioclimático más difundido en producción animal para caracterizar las condiciones climáticas imperantes en cierto período y que afectan al animal. La expresión más común es la que considera a la humedad relativa en forma decimal y a la temperatura del termómetro de bulbo seco, por ser éstos datos rápidamente disponibles (Valtorta *et al.*, 1998).

Algunas de las fórmulas de cálculo propuestas para el ITH se presentan a continuación:

- Thom, 1959.

$$ITH = 0.4 (Tb + Th) + 15$$

- Mc Dowell, 1976.

$$ITH = 0.72 (Th + Tb) + 40.6$$

- Johnson, 1994.

$$ITH = Ta + (0.36 + TPR) + 41.2$$

- Valtorta, 1996.

$$ITH = (1.8 Ta + 32) - (0.55 - 0.55 * HR/100) * (1.8 Ta - 26)$$

Siendo:

Tb = temperatura bulbo seco (°F)

Ta = temperatura del aire (°C)

Th = temperatura del bulbo húmedo (°F)

TPR = Temperatura de punto de rocío (°C)

HR = Humedad Relativa (%)

Johnson *et al.* (1961, citados por Saravia y Cruz ,2003) demostró que para el ganado lechero Holando, el ITH crítico es de 72. Por encima de éste valor comienza a disminuir la producción de leche y el animal pone en funcionamiento los mecanismos homeostáticos para regular la temperatura interna. En el siguiente cuadro se presenta la magnitud del estrés según el ITH.

CUADRO N° 1. Escala de efectos del ITH

ITH	CATEGORÍAS
70 o menos	Normal

70 – 72	Alerta - aproximándose al límite crítico de producción de leche
72 – 78	Alerta – por encima del límite crítico de producción de leche
78 – 82	Peligro
82 o más	Emergencia

Fuente: du Preez *et al.* (1990 citado por Saravia y Cruz, 2003)

2.5. ZONA TERMONEUTRA O DE CONFORT TÉRMICO

La condición de homeotermia en el ganado lechero hace que deban de mantener la temperatura corporal dentro de márgenes muy estrechos, que no admiten mayores variaciones para el normal funcionamiento de todo el organismo, incluyendo las funciones productivas. La misma se ubica entre los 38,4 y 39 °C (De la Sota, 1995).

Saravia y Cruz (2003) denominan zona de confort térmico al rango de temperatura ambiental en que la temperatura del cuerpo se mantiene constante, con un esfuerzo mínimo de los mecanismos termorreguladores. En ésta estrecha zona no hay sensación de frío o calor.

Mount (1974, citado por Webster ,1982) señala que la zona de confort térmico para el ganado quizás sea aquella en que la producción y pérdida de calor están equilibradas con un mínimo esfuerzo de termorregulación.

Los límites de la zona de confort térmico no están bien definidos debido a que diversos factores, afectan al animal. Yousef (1985 citado por Kadzere *et al.*, 2002) describe algunos factores como la especie, el nivel de consumo, la composición de la dieta, estado previo de aclimatización a la temperatura, nivel de producción, condiciones de alojamiento, tejidos de aislamiento (grasa, piel), cubrimientos externos y comportamiento del animal.

Valtorta *et al.* (1998) señalan que el rango ideal de temperatura y humedad para la óptima producción sería de 13 a 18 °C y entre 60 y 70 % de humedad para el ganado perteneciente a razas europeas en condiciones de campo. Este intervalo de temperatura lo denominan como “Zona de termoneutralidad en sentido estricto”. Más amplio aún que éste rango de temperatura se establece una “Zona de termoneutralidad en sentido amplio” ó “Zona de homeotermia”. Este es el rango al que se refieren generalmente los autores e investigadores al hablar de zona de termoneutralidad del ganado lechero.

El límite inferior de la zona de homeotermia se estableció en el punto donde el animal debe aumentar la producción de calor metabólico para mantener la homeotermia. En tanto el punto superior de éste rango es más difícil de establecer ya que depende de diferentes factores, pero sería aquel donde la temperatura ambiente obliga al animal a eliminar calor a través de la evaporación como la transpiración y el jadeo (Valtorta *et al.*, 1998).

El rango óptimo para el ganado lechero según Johnson (1987) tendría un punto crítico inferior de -0,5 °C y un máximo de 20 °C, en cambio Berman *et al.* (1985) proponen un límite superior de temperatura entre 25 y 26 °C. Fuquay (1981) señala que a través de distintos estudios en cámaras ambientales, se encontró que la temperatura máxima crítica se sitúa entre los 24 y 27 °C, dependiendo de diferentes factores, incluidos grado de aclimatación, tasa de producción (crecimiento o lactación), estado fisiológico, movimiento del aire alrededor del animal y humedad relativa.

Hafez (1972 citado por Valtorta *et al.*, 1998) señalan que la producción de leche se mantiene más o menos invariable entre -5 y 21 °C. Añaden que temperaturas por debajo de los -5 °C o temperaturas entre 21 y 27 °C disminuyen ligeramente la producción lechera, y temperaturas superiores a los 27 °C hacen caer en forma pronunciada la producción. El ganado de la raza Jersey es más tolerante a las altas temperaturas, el límite superior pasa de 21 °C en la raza Holando a 27 °C para la Jersey.

2.6. RESPUESTA AL ESTRÉS CALÓRICO

2.6.1. Sudoración

La sudoración produce un importante efecto refrigerante sobre el animal al ser evaporada (Valtorta *et al.*, 1998).

De acuerdo a la fórmula de Chew (1965) que estima la pérdida de agua por evaporación pasiva del ganado (perspiración), una vaca de 600 kg de peso puede perder 12 litros de agua por día por este mecanismo. Este valor es muy cercano al obtenido por Silanikove *et al.* (1997), que midió pérdidas de agua por evaporación en vacas secas de 13 l/animal/día bajo condiciones termoneutras.

En ganado lechero ocurren dos tipos de evaporación cutánea, ambas involucradas con la disipación del calor. El primer tipo es la evaporación insensible (pasiva, no regulable fisiológicamente) o “perspiración” que pierde el cuerpo en forma continua, a no ser que la humedad relativa sea 100 %. Otro tipo es la “sudoración térmica”, ocurre como el principal mecanismo evaporativo de enfriamiento del ganado cuando la temperatura ambiental se incrementa. La evaporación de 1 ml de agua requiere 2,43 joules, ésta cantidad de calor se pierde cuando se evapora 1 ml de sudor desde la piel del animal (Kadzere *et al.*, 2002).

Berman *et al.* (1985 citado por Kadzere *et al.*, 2002), reportó que la máxima tasa de evaporación de agua en ganado lactante fue de 1,5 kg/animal/hora, esto implica 4,3 KJ de energía disipada por día.

La eficiencia del enfriamiento a través de la evaporación disminuye con el aumento de la humedad relativa. Está demostrado que la producción de leche decae al pasar de 32 °C y 20 % de humedad relativa a un ambiente a 32 °C con 45 % de humedad relativa ambiente (Johnson y Vanjonack, 1976 citados por Kadzere *et al.*, 2002). La humedad

relativa ambiente reduce las pérdidas por evaporación del calor y resultan en un incremento de la temperatura rectal, reducción del consumo de materia seca y en definitiva en la disminución de la producción de leche.

La sudoración sensible como respuesta al estrés calórico actúa bajo control del hipotálamo. Para controlar la temperatura corporal, el animal posee una variedad de sensores de calor distribuidos en diferentes partes del cuerpo. La información que recogen la transmiten a un conjunto de neuronas en el área preóptica del hipotálamo (hipotálamo anterior). Este núcleo hipotalámico actúa como si tuviera un punto fijo de temperatura normal (termostato). Si la temperatura central del cuerpo lo supera, se activan los mecanismos de pérdida de calor. Además, el calentamiento de ésta área del hipotálamo inmediatamente desencadena los mecanismos de disipación del calor como ser la vasodilatación y la sudoración (Valtorta *et al.*, 1998).

Blázquez *et al.* (1994, citados por Kadzere *et al.*, 2002), encontraron una correlación positiva entre el incremento del flujo sanguíneo en la piel y la sudoración.

Schmidt Nieslen (1964, citado por Kadzere *et al.*, 2002); reportaron que a medida que subió la temperatura ambiental, el ganado *Bos taurus* comenzó a incrementar apreciablemente su tasa de sudoración entre los 15 y 20 °C y alcanzó la máxima tasa de evaporación a una temperatura cercana a los 30 °C. Por el contrario, ganado de la raza Brahman (*Bos indicus*) presentó inicialmente una baja tasa de sudoración, pero la evaporación (sudoración) aumentó cuando la temperatura llegó a los 25 – 30 °C y continuó creciendo con temperaturas superiores a los 40 °C.

Tanto el ganado de las regiones templadas como el de las regiones tropicales posee el mismo tipo de glándula sudoríparas por cada folículo de pelo (Findlay y Yang, 1950; citados por Kadzere *et al.*, 2002). La diferencia está en que el ganado *Bos taurus* tiene menor densidad de glándulas sudoríparas que la de *Bos indicus*. Dowling (1955, citado por Kadzere *et al.*, 2002), encontró en ganado Zebú (*Bos indicus*) una densidad de 1698 folículos de pelo/cm² y en ganado Shorthorn (*Bos taurus*) una densidad de 1064 folículos/cm². También demostró que el ganado de la raza Zebú las glándulas sudoríparas se encuentran mucho más cerca de la superficie de la piel que en el ganado perteneciente a regiones templadas.

Parecería que también existen diferencias entre el ganado lechero y el de carne. Los mecanismos para disipar calor en los animales de razas lecheras son más eficientes que los de raza de carne. Tienen mayor cantidad de glándulas sudoríparas y estas son más grandes, su pelaje fino y lustroso hace que la evaporación sea más fácil y que refleje una mayor proporción de la radiación solar incidente (Bianca, 1965; Thompson, 1972 citados por Webster, 1982).

2.6.2. Temperatura rectal

La temperatura rectal es un indicador del balance térmico y puede ser usada para caracterizar la adversidad del ambiente térmico que puede afectar el crecimiento, la

lactación y la reproducción de las vacas lecheras. El incremento en 1 °C o menos en la temperatura rectal es suficiente para reducir la performance en la mayoría de las especies domésticas, lo cual hace que la temperatura corporal sea un indicador sensible de las respuestas fisiológicas al estrés calórico en la vaca porque es prácticamente constante (dentro de un rango estrecho) en condiciones normales. (Johnson, 1980; Hahn, 1999; Hansen y Arechiga, 1999; West, 1999; citados por Silanikove, 2000).

Según Finch (1986 citado por Kadzere *et al.*, 2002) existen notables diferencias entre razas en su habilidad de regular la temperatura rectal. El promedio de temperatura rectal es mayor en *Bos taurus* que en *Bos indicus*, como resultado el ganado *Bos taurus* es más sensible al estrés calórico que *Bos indicus*. El animal expuesto por largo tiempo al estrés calórico, reduce la producción endógena de calor y aumenta la disipación del calor por un aumento en la frecuencia respiratoria y la vasodilatación periférica.

Bernabucci *et al.* (1999, citados por Jahn *et al.*, 2000), en un estudio llevado a cabo con novillos señalan que la exposición a ambientes cálidos lleva a un aumento de la temperatura rectal, disminuyendo cuando los animales permanecen por tiempo prolongado bajo esta situación. Jahn *et al.* (2000) en un trabajo realizado en Chile midió la temperatura rectal de vacas en lactancia de la raza Holando (20.5 l/día promedio) a las 16:00 hs, encontró fluctuaciones significativas entre los tratamientos de animales que permanecían al sol y aquellos que tenían acceso a la sombra entre las 11:30 a las 17:00 horas (I- Pastoreo día y noche sin suplementación; II-Pastoreo día y noche con suplementación; III-Pastoreo día y noche más suplementación a la sombra entre 11:30 y 17:00 hs.; IV-Pastoreo día y noche más suplementación al sol entre las 11:30 y 17:00 hs.). Las mayores temperaturas se observaron en las vacas que se encontraban al sol, la cual varió entre los 39.0 y 40.5 °C mientras que en el tratamiento donde las vacas permanecían a la sombra, estas fueron menores fluctuando entre los 38.8 y 39.4 °C. Aunque las diferencias en temperaturas rectales fueron pequeñas, estas son consistentes y estadísticamente significativas. Por otro lado Igono *et al.* (1987) y Wilson *et al.* (1998) señalan que animales sometidos a estrés calórico presentan una temperatura rectal más alta que animales en condiciones normales, siendo 1.5 °C mayor en los animales sometidos a estrés.

El ganado lechero mantiene su temperatura corporal constante dentro de un estrecho margen para que se lleven a cabo normalmente las funciones fisiológicas y metabólicas. Algunos autores señalan que el rango varía entre 38,4 y 39 °C (de la Sota *et al.*, 1994). Flamenbaum (1986, citado por Invernizzi y Marziotte, 1998) propone un rango bastante similar al de los investigadores anteriores. Señala que la temperatura rectal normal es de 38.6 ± 0.2 °C. En cambio Blood *et al.* (1988), citado por Azanza y Machado (1997) considera un rango un poco más amplio, de 38.5 a 39.5 °C para ganado Holando. Para la raza Jersey, Gaalaas (1945, citado por Invernizzi y Marziotti, 1998) indica una temperatura rectal normal de 38.3 °C.

Saravia y Cruz (2003) explican que la temperatura del ganado bovino disminuye con la edad, pasando de 39.1 °C en terneros a 38.3 °C en los animales adultos.

Flamenbaum (1986, citado por Invernizzi y Marziotte, 1998) considera que temperaturas ambientales por encima de los 26-28 °C (temperaturas superiores críticas), afectan la producción de leche y el animal no puede mantener la temperatura corporal dentro de los rangos normales y comienza a sufrir estrés calórico. En estos casos la temperatura rectal puede superar en 1- 1.5 °C la temperatura basal del animal. Gaalaas (1945, citado por Invernizzi y Marziotte, 1998) encontró que la temperatura rectal del ganado Jersey pasó de 38.3 °C a 39.4 °C cuando la temperatura ambiente pasa de 10 °C a 35 °C.

2.6.3. Variaciones en la sangre

Mantener el pH de la sangre es una de las mayores prioridades homeostáticas y depende principalmente de la concentración relativa de ácido carbónico y bicarbonato en sangre (Coppock *et al.*, 1982; citado por Kadzere *et al.*, 2002). El HCO_3^- y la presión parcial de dióxido de carbono ($p\text{CO}_2$) en la sangre son relativamente constantes, con una relación 20:1, éste sistema buffer es el más importante en la sangre.

Con respecto al fenómeno de aumento del pH de la sangre, o alcalosis respiratoria, Marichal *et al.* (1997) la definen como una anomalía debido a la reducción de la presión de dióxido de carbono arterial. Cualquier factor que aumente la velocidad de ventilación pulmonar, sin disminuir la amplitud, disminuirá la concentración de CO_2 en el fluido extracelular, lo cuál resultará en una disminución de ácido carbónico y de iones hidrógeno, produciéndose así un aumento del pH (alcalosis). En respuesta a ello, en el riñón actúa el mecanismo de ajuste para tratar de restablecer el pH a su nivel normal.

Prácticamente todos los casos de alcalosis respiratoria son consecuencia de una ventilación pulmonar -voluntaria o forzada- excesiva (hiperventilación, sin disminuir la amplitud).

El mayor pH en la sangre resultará en un aumento de la excreción renal de bicarbonato y en una reducción de la eliminación de iones H^+ en la orina, lo que ocasiona el incremento del pH de la orina bajo condiciones de estrés calórico (Bianca, 1965 citado por Schneider *et al.*, 1988).

El estrés calórico incrementa la concentración media de creatinina en el plasma como en la orina, esto sugiere que se produce un catabolismo muscular (Thompson, 1973, citado por Kadzere *et al.*, 2002)

Si el ganado con estrés calórico puede estar en un estado de compensación de acidosis metabólica en una parte del día, no está completamente dilucidado (Bianca y Findlay, 1962 citados por Kadzere *et al.*, 2002; Schneider *et al.*, 1988). Bajo condiciones de campo, esta compensación puede depender de los patrones diarios, de la severidad y duración del estrés y de varios factores ambientales (Armstrong, 1993). Schneider *et al.* (1988) caracterizaron el patrón nictemeral del status ácido-base en ganado lechero en un estudio con cámaras ambientales diseñadas para simular las condiciones de estrés calórico natural y estudiar los resultados en comparación con los animales del

tratamiento sin sombra y con un sistema de manejo con sombra bajo condiciones naturales. Las mediciones en sangre y orina fueron hechas cada hora durante 26 horas para caracterizar el patrón nictemeral y mediciones fisiológicas como temperatura rectal y frecuencia respiratoria. En ambos estudios, las mediciones de temperatura rectal, frecuencia respiratoria y composición de los gases de la sangre indicaron estrés calórico. Durante el período caluroso del día en ambos experimentos, las vacas presentaron alcalosis, el pH de la orina y la sangre fue mayor y menor la $p\text{CO}_2$ y HCO_3^- en ganado con estrés calórico en comparación con las vacas en condiciones frescas. Durante la parte fresca del día el pH de la sangre y orina de las vacas bajo estrés calórico cayó por debajo del de las vacas con sombra y el HCO_3^- en la sangre fue menor, lo cual sugiere que hay compensación metabólica.

2.6.4. Frecuencia respiratoria

La frecuencia respiratoria basal en las vacas es de unas 20 respiraciones/minuto (Thomas y Pearson, 1986; Valtorta *et al.*, 1998). Gaalaas, (1945), citado por los mismos autores midió para ganado Jersey una frecuencia respiratoria de 22 ± 6 respiraciones por minuto cuando la temperatura del aire oscila entre los 10 y 15 °C.

Blood *et al.* (1988) citado por Azanza y Machado (1997), considera la frecuencia respiratoria normal entre 10 y 30 movimientos por minuto. El autor señala que el incremento en la temperatura ambiente y la humedad relativa puede llegar a duplicar el número de movimientos respiratorios.

El jadeo se caracteriza por ser una respiración rápida y con poca profundidad (polipnea). Es un mecanismo de defensa contra el calor que actúa primariamente ante el estrés calórico. Cuando la temperatura corporal alcanza los 40 °C en bovinos, cambia el tipo de respiración, la respiración rápida y superficial se torna más lenta y profunda, aumentando la ventilación (Saravia y Cruz, 2003).

Kibler y Brody (1954, citados por Kadzere *et al.*, 2002), demostraron que el ganado Jersey tiene una frecuencia respiratoria mayor que el ganado Holando en condiciones de alta temperatura ambiente, que ellos atribuyen a que el Jersey tiene una mejor habilidad para disipar el calor comparado con el Holando.

Ledesma *et al.* (1995, citados por Azanza y Machado, 1997) trabajaron con dos niveles de temperatura ambiental, uno a 18 °C y otra en condiciones de estrés (32 °C), y encontraron que la tasa respiratoria pasó de 32 a 94 respiraciones/minuto en vacas Holando. Un comportamiento similar se encontró en ganado Jersey. Gaalas (1945, citado por Invernizzi y Marziotte, 1998) encontró que las vacas al pasar de 10 °C a 35 °C incrementaron su frecuencia respiratoria de 20 a 90 respiraciones/minuto.

En un trabajo llevado a cabo en la Estación Experimental San Antonio (Salto) detectaron que el grupo de vacas Holando que accedía a la sombra y se humedecía

(grupo de confort) presentó un promedio de frecuencia respiratoria significativamente menor que el grupo de vacas que permanecía al sol (37 *versus* 94 respiraciones/minuto a las 16:30 hs, respectivamente).

Johnson *et al.* (1959, citados por Kadzere *et al.*, 2002), reportó un incremento desde las 20 respiraciones/minuto en condiciones frescas a 100 o más a 32 °C y temperaturas superiores. En tanto Berman *et al.* (1985, citados por Kadzere *et al.*, 2002), encontró que la frecuencia respiratoria comienza a incrementarse por encima de las 50-60 respiraciones/minuto cuando la temperatura ambiente supera los 25 °C.

2.6.5. Frecuencia cardíaca

La reducción de la frecuencia cardíaca en ganado bajo estrés calórico está asociada a una reducción en la tasa de producción de calor como respuesta a la alta temperatura ambiental (Kadzere *et al.*, 2002).

Kibler y Brody (1951, citados por Kadzere *et al.*, 2002), demostraron que el pulso decrece en *Bos taurus* expuesto a estrés calórico crónico y moderado.

Richards (1985, citado por Kadzere *et al.*, 2002) midió un incremento en la frecuencia cardíaca en ganado lactante de la raza Holando después de una exposición diurna a condiciones de alta temperatura ambiente (38 °C con 80 % HR durante 7 horas/día) en un período de tres semanas. Este tratamiento fue posterior a una etapa de tres semanas bajo condiciones normales (14-21 °C y 60-70 % HR durante 17 horas diarias). Estos resultados se ajustan a los reportados por Bianca (1959), donde explica que el ganado incrementa su frecuencia cardíaca durante exposiciones cortas a condiciones de calor y decrecen con la permanencia por períodos largos de tiempo en condiciones de estrés calórico.

Lough *et al.* (1990) llevaron a cabo un trabajo con animales bajo confort térmico y alimentación *ad libitum*, en comparación con otro grupo bajo confort térmico y alimentación restringida (70% *ad libitum*) y con un grupo de animales expuestos al sol (bajo estrés calórico) y alimentación *ad libitum*. La frecuencia cardíaca fue menor para el tratamiento de confort térmico y consumo restringido (72 latidos/min.) y similar al tratamiento de estrés calórico y consumo *ad libitum* (77 latidos/minuto). En tanto el lote de consumo *ad libitum* y confort térmico presentó mayor frecuencia cardíaca (81 latidos/minuto).

2.7. RESPUESTA METABÓLICA

2.7.1. Consumo y metabolismo de minerales

La diferencia catión-anión (DCAD) en la dieta ha sido definida como los miliequivalentes de $(Na^{+} + K^{+}) - (Cl^{-} + S^{-})$ por kg de materia seca y tiene un impacto

directo en el metabolismo ácido-base de la sangre (Dishington, 1975; Mongin, 1981; citados por Block, 1994).

El mayor impacto de la DCAD es en la regulación ácido-base aunque puede no llegar a reflejarse en el pH de la sangre (Block, 1994). Wheeler (1981, citado por Block, 1993) estudiando diferentes trabajos sobre el efecto de la DCAD sobre la ganancia de peso en novillos y la producción de leche en ganado lechero, concluyó que el óptimo sería aproximadamente de 100 meq ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$) por kg de materia seca.

Como resultado de la necesidad de disipar la mayor carga calórica, se incrementan los requerimientos de electrolitos debido a las pérdidas por el sudor y la mayor salivación por polipnea (Beede *et al.*, 1984 citado por Shalit *et al.*, 1991).

Durante el estrés calórico y debido a las perturbaciones en la fisiología ácido-base, la demanda de cationes por el riñón se incrementa. Para corregir la falta de balance entre ácidos y bases, la excreción de HCO_3^- en la orina se incrementa en forma importante. Esto es resultado de la alcalosis respiratoria debido al incremento de la frecuencia respiratoria (sin disminución de la amplitud). Además la pérdida de HCO_3^- en la orina es acompañada por otros cationes, Na^+ en mayor cantidad, aunque el K^+ en el plasma disminuye también su nivel, lo que sugiere que se elimina por otra vía, ya que su concentración en la orina durante el estrés calórico disminuye (Sánchez *et al.*, 1994; West, 2003). El principal catión presente en el sudor es el potasio, cuando el animal entra en estrés calórico, aumenta la sudoración y por lo tanto la pérdida de potasio por ésta vía (Jenkinson y Mabon, 1973; Johnson, 1967; Mallonee *et al.*, 1985 citados por West, 2003).

La producción de leche se relaciona en forma lineal y positiva con la cantidad de Cl^- y K^+ retenido en el cuerpo, pero no con la retención de Na^+ , indicando que los iones que mayormente constituyen el sudor vacuno pueden limitar la capacidad del ganado de expresar todo su potencial genético (Silanikove *et al.*, 1997).

Asumiendo una tasa de sudoración entre los 20 y 30 litros/día, en la semana 2 y 7 post parto respectivamente durante el verano, los requerimientos diarios de K^+ para la sudoración (considerando una concentración de K^+ en el sudor en el rango de 20 a 80 meq/litro) serían de 600 a 2400 meq /día. A esto se debe de sumar entre 1500 y 3000 meq/día para suplir el balance negativo de K^+ a la 8ª semana post parto, lo cual representa una suplementación en la dieta de 1.5 a 1.6 % de K^+ en el total del alimento ofrecido (Silanikove *et al.*, 1997).

Por otro lado modelos empíricos demostraron un efecto negativo lineal ($P < 0.09$) al aumentar el Cl^- en la dieta sobre el consumo de materia seca. El incremento de éste catión contrajo más el consumo durante el verano que en el invierno. Diferentes estudios demuestran que la inclusión en la dieta de sales de Cl^- induce a la acidosis metabólica (Sánchez *et al.*, 1994).

2.7.2. Requerimiento de agua

El consumo de agua durante el estrés calórico es muy importante debido a que actúa como el mayor vehículo en la disipación del exceso del calor mediante la evaporación y es el principal componente de la leche (Beede *et al.*, 1992; citado por Sánchez *et al.*; 1994).

La pérdida de agua desde el organismo es un proceso continuo y se incrementa durante el estrés calórico debido a las pérdidas por evaporación. En contraste el consumo de agua es episódico. Para mantener la homeostasis del agua en los compartimientos corporales y poder compensar las pérdidas de agua, es necesario tener un “reservorio corporal”. En los rumiantes este reservorio sería el tracto gastrointestinal (Shkolnik *et al.*, 1980 citado por Kadzere *et al.*, 2002). En rumiantes el agua almacenada en el tracto gastrointestinal puede ser entre el 15 y 35 % del peso corporal (Woodford *et al.*, 1984; Odwono *et al.*, 1984; citado por Murphy, 1992). Silanikove (1992, citado por Kadzere *et al.*, 2002) postuló que el estrés calórico incrementa el contenido de agua de la digesta en el rumen y su volumen, por eso se aumentaría su capacidad y actuaría como reservorio de agua para contrarrestar el efecto del estrés calórico en la motilidad ruminal. En éste sentido, Valtorta *et al.* (1998) indica que el consumo de altos volúmenes de agua en el verano contribuiría a producir un efecto de confort al disminuir la temperatura del retículo rumen.

La mayor pérdida de agua en las vacas durante la lactación y en condiciones cálidas no es a través de la producción de leche, sino por los mecanismos de disipación del exceso de calor por la vía evaporativa. Shalit *et al.* (1991) encontraron que la pérdida de agua a través de la evaporación (respiratoria y por la sudoración desde la piel), explican aproximadamente el 55 % del agua consumida total, mientras que el agua con la leche representa entre un 21 y 25 %, dependiendo del período de la lactación. Las restantes salidas son por las heces (12 a 13 %) y la orina (13 % en vacas preparto y entre 8 y 10 % en vacas en lactación).

Valtorta *et al.* (1998), señalan al agua como el principal nutriente durante el estrés calórico. Los requerimientos de agua pueden cubrirse por tres vías:

- Agua metabólica derivada de la oxidación de los tejidos y substratos orgánicos.
- Agua contenida en los alimentos.
- Agua de bebida.

La última vía es la más importante en sentido cuantitativo.

En estudios con cámaras climáticas se encontró que el consumo de agua aumentó un 29 % cuando la temperatura ambiente pasó de 18 °C a 30 °C, en tanto la pérdida de agua en las heces decreció un 33 %. Las pérdidas a través de la orina, la piel y el tracto respiratorio aumentaron 15, 59 y 50 % respectivamente (Valtorta *et al.*, 1998).

Con respecto a la relación entre el consumo de materia seca y agua, se encontró que varía con la composición de la dieta, especialmente con el contenido de proteína, Na y K (ARC, 1980; citado por Kadzere *et al.*, 2002).

La siguiente ecuación predice la ingestión de agua a partir de los factores ambientales y nutricionales que más la afectan (Murphy *et al.*, 1982; citado por Kadzere *et al.*, 2002; NRC, 1989 citado por Valtorta *et al.*, 1998; West, 2003):

$$IA = 15.99 + 1.58 * (0.271) * CMS + 0.90 * (0.157) * PL + 0.05 * (0.023) * CNa + 1.20 * (0.106) * T_{mín.d} \quad (P < 0.0001)$$

Donde:

IA = ingestión de agua (l/día).

CMS = consumo de materia seca (kg/día).

PL = producción de leche (l/día).

CNa = consumo de sodio (g/día).

T_{mín.d} = temperatura mínima diaria (°C).

El aumento en el consumo de agua es a una tasa de 1.2 kg por cada 1 °C de aumento sobre la temperatura mínima del ambiente. Para cubrir estos mayores requerimientos de agua es necesario que los animales accedan a abundante agua en forma irrestricta (West, 2003).

La vaca durante la lactancia aumenta drásticamente el consumo de agua en el verano. Cuando la temperatura ambiente no supera los 4.4 °C la relación consumo de agua (l/día) y consumo de materia seca (kg/día) es de 3:1, cuando la temperatura ambiente alcanza los 27 °C la relación es de 5.2:1 y a 37.8 °C el consumo de agua llegó a los 15.6 litros por kilo de materia seca consumida (Bartaburu, 2002).

Se han realizados estudios dirigidos a ver el efecto de la temperatura del agua sobre el consumo de la misma. En condiciones termoneutras se observó mayor consumo de agua y un incremento en la producción de leche en el ganado que bebía agua a 17 °C, mientras que cuando se ofreció agua a 24 °C el consumo fue menor (Anderson, 1985, citado por Murphy, 1992).

En otro estudio se suministró agua fría a 10 °C y agua a 28 °C durante 10 minutos a ganado lechero que provenía de un período de 4 horas de estrés calórico. No se observaron diferencias significativas en el consumo de la misma aunque el consumo de agua fría fue menor (10.5 litros/10 min *versus*. 16.1 litros/10min). Estos resultados coinciden con los reportados por Lanham *et al.* (1986); Anderson (1985 citado por Murphy, 1992); Kadzere *et al.*, (2002).

2.7.3. Consumo y digestibilidad de los nutrientes

La disminución en el consumo de materia seca, el aumento en la ingestión de agua y el incremento en los requerimientos de mantenimiento constituyen algunos de los mecanismos que el organismo activa para mantener la homeostasis en condiciones de estrés calórico. Estos ajustes permiten al animal disminuir la carga calórica debido a la fermentación ruminal y al menor metabolismo celular, a la vez mejorar el balance hídrico y disminuir la carga calórica a través de la disipación del calor en exceso (Valtorta *et al.*, 1998). El estrés calórico afecta primero a los animales con una tasa de crecimiento mayor o que producen más leche debido a su elevada tasa metabólica. La respuesta inicial y principal en ambos casos es la reducción en el consumo de alimento (Webster, 1982).

El consumo de alimentos comienza a disminuir cuando la temperatura ambiente alcanza los 25-26 °C y cae más rápidamente sobre los 30 °C (NRC, 1989 citado por Kadzere *et al.*, 2002). Colditz y Kellaway (1973); Johnson *et al.* (1958, citado por Webster, 1982), coinciden al señalar que los animales de la especie *Bos taurus* sometidos a temperaturas por encima de los 25 °C no alcanzan los óptimos en producción y crecimiento y disminuyen su apetito. Cuando la temperatura ambiente sobrepasa los 40 °C, el consumo puede llegar a reducirse entre un 20 y 40 % comparado con aquellos animales en condiciones termoneutras (Sánchez *et al.*, 1994).

Otros factores como la radiación, humedad relativa, velocidad del viento, calidad del alimento (por ejemplo digestibilidad), sistemas de confort ambiental, estadio de la lactancia y producción individual afectan la cantidad consumida bajo condiciones estresantes (Sánchez *et al.*, 1994).

El calor modifica el comportamiento ingestivo del forraje y el agua, principalmente en pastoreo y afecta el normal funcionamiento del sistema digestivo: digestión, absorción y metabolismo celular. Estos aspectos influyen directamente en la eficiencia de utilización de los nutrientes y en consecuencia en la síntesis de leche (Valtorta *et al.*, 1998).

El estrés calórico y el bajo consumo de materia seca disminuyen la motilidad del tracto digestivo, tasa de contracciones ruminales, la tasa de pasaje de la ingesta se hace más lenta, como consecuencia el llenado del intestino se incrementa y aumenta el tiempo medio de retención (Attebery y Johnson, 1968; citados por Sánchez, *et al.*, 1998).

Attebery y Johnson (1968) encontraron que la amplitud de las contracciones ruminales decrecieron significativamente cuando los animales fueron expuestos durante 5 días a 38 °C. En este sentido, Schneider *et al.* (1988) observaron que la tasa de pasaje de la fase líquida y sólida fue menor durante el estrés calórico aún luego de corregida por el efecto de la diferencia en el consumo de alimento a partir del análisis por covarianza. Esto sugiere que la depresión del consumo voluntario debido al estrés calórico no es directa o totalmente la causa de la reducción de la tasa de pasaje de la ingesta a través del rumen.

Warren *et al.* (1974, citados por Kadzere *et al.*, 2002) y Schneider *et al.* (1988) encontraron que el tiempo medio de retención del alimento fue 18 % mayor a 32 °C que a 18 °C, siendo similar la cantidad de alimento suministrado a través de una fístula ruminal para los dos grupos de animales. En dicho trabajo, los novillos bajo estrés calórico presentaron mayor digestibilidad. La evaluación de la información disponible demuestra que hay un incremento de la digestibilidad en respuesta a las altas temperaturas que podría explicarse por el mayor tiempo de retención del alimento en el tracto digestivo (Fuquay, 1981; Bernabucci *et al.*, 1999 citados por Jahn *et al.*, 2000; Kadzere *et al.*, 2002).

La producción de ácidos grasos volátiles (AGV) a nivel ruminal se ve afectada por el estrés calórico. Schneider *et al.* (1988) en un ensayo con vacas en condiciones naturales, con y sin sombra y paralelamente con una cámara experimental ambiental que simulaba condiciones termoneutras y de estrés calórico, obtuvieron una concentración de los AGV totales menor en los animales bajo estrés calórico que ellos atribuyen al menor sustrato en el rumen debido a la disminución en el consumo de alimentos o al efecto de dilución, porque las vacas bajo estrés calórico bebieron 5 % más de agua. ($P < 0,01$).

Kelley *et al.* (1967 citado por Attebery y Jonson, 1968), trabajando en animales con consumo constante, encontraron que la producción de AGV estaba influenciada por las altas temperaturas ambientales. A 38 °C hubo una disminución significativa del total de AGV presentes, con cambios en el porcentaje molar del ácido acético, propiónico y butírico. Los autores sugieren que con una menor motilidad ruminal puede afectarse la producción de AGV debido a un menor mezclado del contenido ruminal. Schneider *et al.* (1988) observaron una mayor tasa de pasaje de los líquidos (10.9 vs 8.6 %/h) y de los sólidos (3.6 vs 2.8 %/h) en condiciones termoneutras en comparación con ganado en lactación bajo estrés calórico.

Sánchez *et al.* (1994), señalan que como resultado del estrés calórico se alteran las funciones digestivas y particularmente se reduce el flujo de la ingesta, la producción ruminal de AGV por unidad de alimento fermentable se incrementa y el pH ruminal descende. Mishra *et al.* (1970 citados por Kadzere *et al.*, 2002), señalan que en animales bajo estrés calórico, aumenta el contenido de ácido láctico en el rumen, lo que hace descender el pH, según el autor esto podría inhibir la motilidad ruminal durante el estrés calórico.

Lough *et al.* (1990) observó que el flujo sanguíneo hacia la ubre fue menor en los tratamientos con consumo *ad libitum* tanto al sol como a la sombra, comparado con las vacas que consumían sin restricciones en condiciones de confort (sombra) y aunque no se encontró efecto significativo por el tratamiento ambiental. Esto sugiere que el flujo de sangre hacia la ubre es sensible al nivel de consumo de materia seca y no tanto al efecto directo por estrés calórico.

Ingraham (1979, citado por West, 2003), estimó que la producción de leche baja 0.32 kg por cada unidad del ITH de aumento, en tanto Johnson *et al.* (1963, citado por West,

2003) señalan que el consumo de materia seca cae entre 1.4 y 1.8 kg/día por cada 0.55 °C de incremento en la temperatura rectal. Ravagnolo *et al.* (2000) encontraron que la producción lechera disminuye 0.2 kg por unidad de aumento del ITH, cuando éste supera el valor crítico de 72.

2.8. EFECTO DE LA COMPOSICIÓN DE LA DIETA

2.8.1. Contenido de fibra en la dieta

Bajo estrés calórico las dietas ricas en fibra cruda contribuyen a elevar la temperatura corporal. La fermentación y el metabolismo de la fibra en el tracto digestivo incrementan la producción de calor y bajan el consumo de materia seca (Valtorta *et al.*, 1998; Stott *et al.*, 1972 citados por Cummins, 1992).

Cummins (1992) en un trabajo donde comparó el efecto de suministrar a ganado lechero diferentes dietas que contenían 14, 17 y 20 % de fibra detergente ácido (FDA) durante dos períodos con diferentes temperaturas: el período 1 fresco (temperaturas mínimas 14.5 y 16 °C) y el período 2 cálido (temperaturas máximas de 35.2, 36.8, y 34.7 °C). El autor concluye que el contenido de FDA en la dieta y el total de energía consumida afectó el consumo de materia seca y la producción de leche durante los períodos de alta temperatura ambiental. El consumo de materia seca fue superior en las vacas que consumían la dieta con menor FDA. El contenido de FDA tuvo un efecto lineal en la tasa de disminución del consumo de materia seca, con el incremento de la temperatura ambiental. Además, agrega que disminuir el contenido de FDA en la dieta a valores de 14 % podría reducir la producción de calor ruminal de forma suficiente para que el incremento calórico producido por la síntesis de leche no contribuya a aumentar la carga calórica interna a niveles que desestabilicen la termorregulación del animal. Señalan que pasar de dietas con 17 % de FDA a 14 % podría incrementar el consumo de materia seca durante los períodos cálidos y reducir la variación en la producción de leche con altas temperaturas ambientales.

En cambio West *et al.* (1999) en un trabajo con ganado Holando y Jersey alimentado con silo de maíz y pasto bermuda en diferentes proporciones, encontraron que el incremento de la FDN en la dieta reduce el consumo de materia seca, pero esta caída no es mayor en condiciones cálidas que con temperaturas frescas, sugiriendo que las dietas con alto contenido en fibra no contribuyen en gran forma al estrés calórico. Según estos autores, el consumo total de energía sería el mayor contribuyente a la producción metabólica de calor.

2.8.2. Contenido de lípidos en la dieta.

La formulación de dietas con suplemento graso es señalada como un posible medio para reducir el estrés calórico en ganado lechero debido al alto contenido energético y el bajo

incremento calórico que produce su fermentación en rumen en relación a otros nutrientes (Austic, 1985; citado por Knapp y Grummer, 1991; Coppock, 1985, citado por West, 2003).

Knapp y Grummer, (1991) no encontraron interacción entre un ambiente cálido (31.8 °C y 56 % de HR., 14 hs /día y 25.9 °C y 56 % HR por 10 hs/día), y una dieta suplementada con 5 % de grasa (en base seca). La falta de interacción entre el ambiente, y la suplementación lipídica sobre la performance productiva está de acuerdo con los resultados de Moody *et al.* (1967, citados por Knapp y Grummer, 1991). Estos resultados no concuerdan con la teoría de que las grasas en la dieta producen un bajo incremento calórico y brindan una alta densidad energética a la dieta favoreciendo al ganado en condiciones cálidas. En éste trabajo la dieta con 5 % de grasa aportó 1.83 Mcal / Kg de ENI, en tanto la dieta que no tenía suplemento graso aportó 1.64 Mcal /Kg de ENI. Se encontró que el porcentaje de grasa en la leche fue mayor para el lote que consumía la dieta adicionada con grasa (3.46 *versus* 3.15 %), en cambio el consumo, la producción de leche y el porcentaje de proteína en la leche no presentó diferencias significativas entre ambos tratamientos. También se encontró que el porcentaje molar del acetato aumentó, como consecuencia se incrementó la relación acetato:propionato , lo que podría explicar el aumento del porcentaje de grasa en la leche. Estos estudios contrastan con los resultados que obtuvo Skaar *et al.*, (1989) en Arizona, donde un grupo de vacas suplementadas con 5 % de grasa en la dieta incrementó la producción de leche durante el período cálido, y durante el frío disminuyó (Knapp y Grummer, 1991).

Gallardo *et al.* (2001) en un trabajo llevado a cabo en INTA Rafaela durante el verano del año 97/98, suplementaron a un grupo de vacas Holando bajo condiciones de pastoreo con 3.25 kg/animal/día de ración (15% proteína cruda; 8.69 MJ energía/kg materia seca) adicionada con 0.2 kg/animal/día de grasa de pescado hidrogenada (HFF), mientras que el grupo de control 3.73 kg/animal/día de ración sin la adición de HFF. Los resultados mostraron un incremento en la producción diaria de leche en el grupo de vacas con el suplemento HFF (P<0.05), alcanzando 26.4 l/animal/día con HFF *versus* 23.9 l/animal/día para el lote control. La producción de grasa en la leche fue mayor para el grupo suplementado (P<0.05), siendo de 941 g/animal/día y 846 g/animal/día para el lote control. La producción de proteína en leche también presentó diferencias significativas entre el tratamiento y el grupo control (P<0.05), siendo de 795 g/animal/día en el grupo al que se le suministraba HFF y 715 para el lote control. Los autores concluyen que la suplementación con HFF puede ser beneficiosa en las dietas para los animales de alta producción y elevados requerimientos energéticos en sistemas de pastoreo bajo condiciones de estrés calórico.

2.8.3. Contenido de proteína en la dieta.

El ganado bajo estrés calórico a menudo presenta un balance negativo de nitrógeno porque reduce el consumo de alimentos, por lo cual puede haber una menor

disponibilidad de proteína si la concentración en la dieta no se incrementa (Hubert *et al.*, 1994).

Hubert *et al.* (1994) trabajando en Arizona con vacas lecheras bajo condiciones de estrés calórico, concluyó que la proteína degradable en el rumen (RDP) no debería exceder el 61 % del contenido total de proteína de la dieta y tampoco sobrepasar en un 3% los requerimientos del animal.

Chen *et al.* (1993, citado por West, 2003) encontraron que la interacción entre la calidad de la proteína (proveniente de harina de sangre, harina de pescado o harina de soja como fuentes de alta calidad y harina de gluten de maíz como fuente de baja calidad proteica) y el ambiente no fue significativa. Aunque en ambientes frescos los animales produjeron 2.4 y 3.8 kg más de leche según el tratamiento (sombra y sombra más enfriamiento por evaporación), que aquellos animales que consumían proteína de menor calidad, el autor sugiere que la mayor respuesta productiva a la dieta con proteína de alta calidad y ambiente fresco fue porque la cantidad de proteína destinada a la producción de energía fue menor y se utilizó menos energía en convertir NH_3 en urea.

2.9. EFECTOS SOBRE LA PRODUCCIÓN

2.9.1. Producción de leche

La producción de leche implica un incremento calórico en el animal. Purwanto *et al.* (1990, citados por West *et al.*, 2003) indican que vacas produciendo 18.5 y 31.6 kg/día de leche, generan 27.3 y 48.5 % más calor metabólico respectivamente que las vacas secas.

Una parte del efecto negativo del estrés calórico sobre la producción de leche podría explicarse por la disminución en el consumo de alimentos y en la cantidad de nutrientes que llegan a la glándula mamaria a través del flujo sanguíneo debido a que la irrigación sanguínea hacia el tracto gastrointestinal disminuye a favor del flujo hacia los tejidos periféricos transportando el calor generado en los órganos profundos del organismo (Lough *et al.*, 1990; West, 2003).

Sharma *et al.* (1983, citado por Kadzere *et al.*, 2002) indica que las condiciones atmosféricas tendrían su mayor influencia en los primeros 60 días de la lactación. Este período corresponde al de mayor producción y donde los procesos catabólicos y de movilización de reservas corporales para cubrir los requerimientos incrementan la temperatura interna.

En un estudio sobre vacas Holando en Georgia (EE.UU.), Ravagnolo *et al.* (2000) encontraron que la producción de leche se mantenía relativamente constante hasta los 24°C, temperatura en la cual la producción comenzaba a descender gradualmente. Los autores obtuvieron un promedio de producción de 26.3 kg/animal/día cuando el ITH se

ubicó por debajo del valor crítico 72, por encima de éste nivel, la producción disminuyó 0.2 kg por cada unidad de incremento en el ITH.

Se han realizado varios estudios en nuestro país tratando de definir el impacto que produce el estrés calórico en el ganado lechero principalmente en la Estación Experimental San Antonio de la Facultad de Agronomía (Salto) y uno en INIA “La Estanzuela” (Colonia).

Azanza y Machado (1997) realizaron un trabajo en Salto donde evaluaron el efecto del acceso a sombra natural y a 2 niveles de suplemento en la producción de leche y la variación en el peso vivo. La producción de leche tendió a incrementarse ($P < 0.10$) cuando el nivel de suplementación fue bajo (3 Kg/vaca/día), siendo un 8.8 % mayor en la sombra con respecto al lote sol. En tanto para el nivel de suplementación alto (8 kg/vaca/día) no existieron diferencias significativas entre los lotes de sol y sombra.

Invernizzi y Marziotte (1998), llevaron a cabo otro ensayo en Salto, donde expusieron al ganado lechero a tres situaciones diferentes. El lote testigo quedaba al sol. Otro lote (lote triple confort) era mojado mediante aspersores y ventilado con ventilación forzada en el corral de espera y sombreado con malla plástica con 80 % de intercepción. Este manejo se hacía dos veces al día, a las 11:30 y 16:00 hs durando media hora por vez. El resto del tiempo permanecía bajo sombra natural. El restante lote permanecía bajo sombra natural en un monte adyacente al corral de espera (lote simple confort). Los resultados para la producción de leche fueron 13.6; 14.3 y 13.7 l/a/día respectivamente. El lote simple confort no mostró una diferencia significativa para la producción de leche con respecto al lote sol.

En el sur, Padula y Rovira (1999) en INIA “La Estanzuela” evaluaron el efecto de la suplementación y disponibilidad de sombra sobre la producción de leche, su composición y la ganancia de peso. En dicho ensayo los animales permanecían a la sombra natural durante las horas de mayor calor, de las 11 a las 17 hs. Los animales que accedían a la sombra lograron 9.8 % ($P < 0.12$) más producción en promedio que aquellos animales que permanecían al sol (12.7 litros *versus* 11.6 litros) mientras que no encontraron diferencias significativas para producción de leche y en sus componentes según el nivel de suplementación.

2.9.2. Producción de grasa en leche

La reducción de los rendimientos de la leche durante el estrés por calor involucra los componentes más importantes de la leche, siendo la grasa es el componente que más disminuye (Moody *et al.*, 1967; citado por Fuquay, 1982).

Estudios realizados en Missouri desde 1949 hasta 1962 en cámaras experimentales han permitido definir más claramente el efecto de la temperatura sobre los componentes de la leche a diferentes temperaturas. Se encontró que entre 2 y 27 °C, el contenido graso varía muy poco con tendencia a disminuir. Entre los 24 y 27 °C para Holando y 27 a 30

°C para Jersey, el contenido de grasa en la leche aumenta debido a un menor consumo de alimentos, como consecuencia se movilizan las reservas lipídicas corporales y disminuye la producción de leche (Spike y Freeman, 1967)

Bandaranayaka y Holmes (1976, citados por Kadzere *et al.*, 2002) encontraron que la proporción de ácidos grasos de cadena corta (C₆-C₁₄) disminuyó en la grasa de la leche cuando la temperatura ambiente era de 30 °C (P<0.05). Por otro lado la proporción de ácidos grasos de cadena larga se incrementó (P<0.05).

A nivel nacional, Azanza y Machado (1997), no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de grasa entre un grupo de vacas que accedía a la sombra natural y otro que permanecía al sol. Ambos lotes presentaron similar porcentaje de grasa en leche en promedio para todo el período (3.68%). Pero si se considera la producción de grasa como kg/animal/día, el lote de sombra logró mejor performance ya que la producción de leche fue mayor (17.3 l a la sombra *versus* 16.6 l al sol).

Rovira y Padula (1999), tampoco encontraron diferencias significativas en el porcentaje de grasa entre el lote sol y el grupo que permanecía en la sombra (3.83 % *vs* 3.73 %). La grasa producida expresada como kilogramos por día fue similar en ambos tratamientos siendo 0.475 kg/animal/día para el lote sombra y 0.452 kg/animal/día para el lote sol.

2.9.3. Producción de proteína en la leche

La disminución en la producción de proteína de la leche puede ser resultado del menor consumo de energía por efecto en el descenso en la ingesta de materia seca en ambientes cálidos (Emery, 1978, citado por Itoh *et al.*, 1998; Hubert *et al.*, 1994).

El porcentaje de proteína en la leche disminuyó linealmente tanto en el tratamiento de ambiente fresco como en el cálido a medida que el nivel de fibra en la dieta se incrementaba y el contenido de carbohidratos rápidamente fermentecibles se reducía. Este hecho pudo afectar la disponibilidad de energía para la síntesis de proteína de la leche. También se comprobó que la producción de leche y proteína siguió la misma tendencia (West *et al.*, 1999).

Ravagnolo *et al.* (2000) encontraron que la producción promedio de proteína en la leche de vacas Holando desciende 0,009 kg/ unidad de ITH que se incrementa, a partir de un ITH crítico de 72.

Rovira y Padula (1999) no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de proteína entre los tratamientos evaluados (3.45 % con sombra *versus* 3.42 % sin sombra). En cambio, lograron un aumento de 10.31 % (P<0.05) en los kilogramos diarios de proteína producida por las vacas que accedían a la sombra, sobre las que permanecían al sol. Esta diferencia se explicaría debido al aumento en la producción de leche de 9.83 % del lote de sombra sobre el lote de vacas que permanecía al sol.

Azanza y Machado (1997) no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de proteína ($P < 0.10$) entre el tratamiento sol y sombra, y no hubo interacción con los dos niveles de suplementación (bajo, 3 kg/animal/día; alto, 8 kg/animal/día). El rendimiento en kilogramos de proteína presentó un aumento del lote sombra en relación al lote de vacas al sol, aunque éste no fue significativo.

2.9.4. Recuento de células somáticas

Las células somáticas en la leche pueden tener dos orígenes: por un lado están las que derivan de la descamación natural o patológica del epitelio mamario y por otro lado las que derivan del torrente sanguíneo, leucocitos. El mayor conteo de células somáticas en promedio durante el año se da en los meses cálidos de enero y febrero, según registros de datos entre 1996 y marzo de 1999 (Jornadas de salud de la Ubre, 1996)

West *et al.* (1999) encontró que el recuento de células somáticas tendió a ser mayor durante el período cálido en comparación con el fresco. Según los autores se debería a los efectos de estrés calórico sobre las funciones inmunológicas en el ganado, así como también al avance en el estado de la lactación.

En otros estudios no se ha encontrado una elevación en el conteo de células somáticas durante los períodos cálidos (Paape *et al.*, 1973; Wegner *et al.*, 1976 citados por Ominski *et al.*, 2002).

Azanza y Machado (1997) alcanzaron altos recuentos de células somáticas para el lote sol y sombra (337152 CS/ml, lote sol *versus* 566642 CS/ml, lote sombra), aunque no encontraron diferencias significativas entre ellos. El elevado conteo de células somáticas indicó problemas sanitarios en la ubre, según los autores, los mismos no fueron a causa del tratamiento y la diferencia entre ambos lotes se debió al azar.

Invernizzi y Marziotte (1998), no obtuvieron diferencias significativas en el recuento de células somáticas entre los tres tratamientos planteados: 390 mil CS/ml, lote sol; 367 mil CS/ml, lote confort y 432 mil CS/ml lote sombra. A lo largo del trabajo detectaron una tendencia de los animales del lote confort, en promedio, a una disminución en el recuento de células somáticas, aunque se observó una gran variabilidad entre los tratamientos y dentro de cada tratamiento a lo largo del experimento. Esta variabilidad, según los autores se debería a factores como edad del animal, largo de las lactancias, muestreos no representativos de la leche, traumas, estrés.

En el trabajo de Rovira y Padula (1999), los autores encontraron diferencias significativas entre las vacas expuestas al sol y las que permanecían a la sombra, sólo cuando los animales fueron suplementados con un estimulante de la digestión ruminal (*Aspergillus oryzae*). El grupo de vacas sin sombra y sin suplemento alcanzó el mayor recuento de células somáticas (566 mil CS/ml), en cambio el tratamiento sombra con el agregado de aditivo alcanzó un promedio sensiblemente menor (386 mil CS/ml). La reducción en el recuento de células somáticas se debería al efecto combinado de la

disminución del estrés calórico mediante la sombra y el uso del suplemento (*Aspergillus oryzae*), que aunque no está claro como actuaría en la disminución de las células somáticas, la bibliografía explica que sus beneficios serían debido al alto valor nutritivo y al gran aporte que realiza en vitaminas, lo que favorecería las defensas del animal ante el medio ambiente. Aunque en el experimento estas ventajas no se reflejaron en la producción de leche.

Rodriguez *et al.* (1985) trabajando sobre los efectos del ambiente meteorológico, el mes de lactación y el estado de preñez de vacas Holando, Jersey, Guernsey, Ayrshire y Brown Swiss en la composición de la leche encontraron que el contenido de Cl⁻ se incrementó cuando la temperatura ambiente sobrepasó los 21 °C. Esta variable responde rápidamente ante el estrés ambiental compensando la disminución de la lactosa en la leche. El cambio cloro-lactosa es el mayor mecanismo de ajuste fisiológico para mantener la presión osmótica en las células de la glándula mamaria. Esta variable podría estar indicando variaciones en la permeabilidad selectiva de las células secretoras asociadas a mayores conteos de células somáticas.

2.10. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA ENDÓCRINO

La actividad ruminal durante el estrés calórico podría alterarse por efectos de la hipófisis sobre el metabolismo basal, así como vía reducción de la somatotropina y las hormonas tiroideas (Bianca, 1965; Collier *et al.*, 1982; Beede y Collier, 1986; citados por Schneider *et al.*, 1988).

El estrés calórico produce alteraciones hormonales, pero a menudo es difícil separar los efectos por el menor consumo de materia seca de los efectos directos por estrés calórico (West, 2003). Según Valtorta *et al.*, (1998), los efectos del estrés calórico están relacionados a una disminución en la actividad tiroidea, que probablemente sea la responsable de la reducida motilidad gástrica y menores tasas de pasaje de la digesta.

Los cambios hormonales producidos por un estrés calórico difieren si éste es agudo o prolongado. La respuesta hormonal a cualquier estrés agudo se denomina “reacción de alarma” e involucra un rápido aumento en la secreción de hormonas de la corteza y médula de la glándula adrenal. Durante una prolongada exposición al calor se deprime la secreción de tiroxina, esteroides adrenales, insulina y hormona del crecimiento. A su vez, la disminución en la producción de leche durante el estrés calórico pueda deberse a una caída en la secreción de hormonas anabólicas (Webster, 1982).

En los bovinos la principal acción metabólica de las catecolaminas es la de movilizar los sustratos ricos en energía para los procesos de catabolismo. Esto implica principalmente la lipólisis del tejido adiposo (blanco), pero las catecolaminas también estimulan la glucogenólisis e incrementa el catabolismo y la gluconeogénesis a partir de los aminoácidos musculares. Estas hormonas también inhiben selectivamente la captación de glucosa por parte del músculo al inhibir la liberación de insulina, y por lo tanto se

dispone de más glucosa para los tejidos vitales como por ejemplo el cerebro (Webster, 1982).

Durante una exposición aguda al calor aumentó el cortisol en plasma (reacción de alarma), pero después de transcurrir 7 a 10 semanas de una exposición continua al calor se observó que la concentración y tasa de producción de cortisol disminuía levemente (Christison y Johnson, 1972; citados por Webster, 1982). También se registró una depresión similar de la tasa de producción de insulina (Kamal *et al.*, 1970 citado por Webster, 1982) y de hormona del crecimiento. Durante la exposición al calor se deprime la producción de hormonas con funciones tanto catabólicas como anabólicas, entonces se frena todo el proceso metabólico (Mitra, Christison, Johnson, 1972; citados por Webster, 1982). West *et al.*, (1999) cita que la termogénesis química en ganado expuesto continuamente al estrés calórico desciende, se reduce el consumo de materia seca, metabolismo, producción de leche y la concentración de triiodotironina (T3) y tiroxina (T4) en plasma, lo cual ayuda a disminuir la producción de calor en el ganado. El nivel de cortisol en plasma fue menor durante la etapa cálida que en la fría (6.30 *versus* 9.27 ng/ml), aunque no se encontraron diferencias en su concentración de acuerdo al nivel de fibra en la dieta.

La consecuencia global de la reacción de alarma es la pérdida, en forma de calor de la energía almacenada (Yousef y Johnson, 1967 citados por Webster, 1982) y de la proteína en forma de urea y de creatinina (Ashmore y Morgan, 1967, citados por Webster, 1982).

West *et al.* (1999), encontró que la concentración de T3 fue similar para dos lotes de animales durante el período frío y el cálido. Pero el nivel de ésta hormona tendió a incrementarse levemente durante el período cálido cuando se incrementó el nivel de fibra (FDN) en la dieta. Magdub *et al.* (1982) en cambio encontró que la hormona T3 en plasma fue menor durante el período de estrés calórico, en comparación con el lote de confort térmico mientras que el aumento en el contenido de fibra en la dieta no influyó sobre el nivel de ésta hormona. La hormona T4 tendió a ser mayor durante la etapa cálida (60.41 ng/ml) que en la etapa fría (46.38 ng/ml), éste resultado es inesperado debido a que generalmente los animales sujetos a estrés calórico presentan menor concentración de hormonas tiroideas. Sin embargo, Mc Guire *et al.*, (1991) encontraron resultados similares. Estos autores evaluaron el nivel de diferentes hormonas bajo estrés calórico y encontraron que la concentración de tiroxina tendió ($P < 0.15$) a incrementarse en el período de estrés calórico, comparado con el lote de confort térmico y consumo restringido (70 % del lote *ad libitum*), en tanto la hormona triiodotironina decreció ($P < 0.11$) en el tratamiento de restricción en el consumo y confort térmico.

Igono *et al.* (1988) encontraron que la hormona del crecimiento en la leche de ganado de baja, media y alta producción declinó cuando el ITH superó el valor 70. Según los investigadores esto permitiría al animal disminuir la producción metabólica de calor (Kadzere *et al.*, 2002).

La hormona antidiurética y la aldosterona están relacionadas con la regulación homeostática de nutrientes como el sodio y potasio y el balance hídrico corporal. Bajo condiciones de estrés calórico agudo, las catecolaminas y los glucocorticoides aumentan su concentración en sangre, en tanto baja la de aldosterona. El incremento en la concentración de la hormona antidiurética en sangre está relacionado con la necesidad de conservar el agua corporal e incrementar el consumo de agua a medida que aumentan las pérdidas por el tracto respiratorio y la piel (Valtorta *et al.*, 1998).

En estudios sobre los ciclos diurnos de temperatura y consumo de vacas lecheras Holando, Scott *et al.* (1983, citados por Kadzere *et al.*, 2002) concluye que la iniciación del período fresco en la noche, a una hora en que la temperatura rectal es la más alta fue muy beneficioso para el mantenimiento del nivel de T4 al nivel de la termoneutralidad en plasma. Estos autores hallaron una correlación negativa entre la concentración de T4 (ng/ml) y la temperatura rectal ($T4 = 2788.42 - 5.37 TR$, $R = 0.67$) y entre el consumo (kg MS/d) y el ITH y la temperatura del bulbo seco ($\text{Consumo} = 101 - 5.4 ITH$, $R = 0.66$; $\text{consumo} = 57.3 - 5.7 T$, $R = 0.66$) en vacas lecheras secas Holando. Estos resultados sugieren según los autores, que las noches frescas son una manera efectiva de aliviar las limitaciones por calor de la performance de los animales de alta producción en ambientes cálidos.

Keister *et al.* (2002) en un experimento con ganado Jersey, llevado a cabo en los años 1999 y 2000 durante los meses de verano suministraron la hormona somatotropina bovina (rbST) a un lote de animales que permanecía en condiciones de confort térmico durante las horas más cálidas (sombra, ventilación y mojado), y a otro lote que permanecía al sol. Otros dos lotes de animales estuvieron bajo las mismas condiciones ambientales pero sin recibir tratamiento hormonal. Las diferencias más pronunciadas entre lotes estuvieron entre los grupos bajo condiciones frescas y tratadas con rbST (25.5 l/día y 23.7 l/día para los años 1999 y 2000 respectivamente) y los lotes bajo condiciones cálidas y sin tratamiento de rbST (21.8 l/día y 20.5 l/día para los años 1999 y 2000 respectivamente). Llegaron a la conclusión de que existe un efecto sinérgico entre los tratamientos de confort térmico y suministro de rbST al ganado, ya que la respuesta aditiva de cada uno de éstos tratamientos por separado fue menor que el efecto logrado cuando se combinaron ambos tratamientos.

2.11. EFECTOS SOBRE LA REPRODUCCIÓN

La disminución en el porcentaje de preñez en vacas bajo estrés calórico se debe a problemas en la concepción y a muertes embrionarias temprana, entre 15 a 17 días post inseminación (Stott *et al.*, 1962; Ryan *et al.*, 1993 citados por Saravia y Cruz, 2003; de la Sota, 1995; Johnson, 1987).

Algunas de las pérdidas reproductivas en ganado bajo estrés calórico están asociadas con la disminución en la expresión del estro, anestro y ovulación silenciosa. Una hipótesis manejada por los investigadores es que el estrés calórico disminuye el desarrollo

folicular en el ovario (Her *et al.*, 1988; Madan *et al.*, 1973; Younas *et al.*, 1993; citados por Wilson *et al.*, 1998).

El estrés calórico aceleró el proceso de atresia del primer folículo dominante en un trabajo de Wolfenson *et al.* (1995) y el segundo folículo dominante emergió entre 2 y 4 días antes en el ovario durante el período preovulatorio, además disminuyeron las concentraciones de estrógenos y de inhibina en plasma. La permanencia del segundo folículo dominante durante unos días más en el ovario compromete la calidad del oocito que contiene, por lo tanto puede disminuir la fertilidad del animal (de la Sota, 1995).

El estrés calórico reduce la duración e intensidad del estro. Investigaciones en el Estado de Louisiana, reportaron que el largo promedio del estro fue 11.9 hr, unas 5 horas más corto que con temperaturas normales de la región (Hall *et al.*, 1959 citado por Fuquay, 1981). En un estudio posterior, la duración promedio del estro fue de 20 hs. en animales mantenidos en condiciones frescas, en tanto animales en condiciones de estrés calórico ya fuera en cámaras ambientales o en veranos cálidos fue de 11 y 14 hs. respectivamente (Gangwar *et al.*, 1965, citado por Fuquay, 1981).

Badinga *et al.* (1993), concluyen que el estrés calórico agudo reduce el tamaño de la primera onda de folículos dominantes al día 8 del ciclo estral (Wilson *et al.*, 1998).

Un aumento de 1 °C en la temperatura rectal o de 1.8 °C en la temperatura uterina, provoca una disminución importante en la tasa de concepción (Valtorta *et al.*, 1998).

El aumento del flujo sanguíneo que se produce en el pro-estro se debe al aumento de la relación de las hormonas estradiol/progesterona. Durante el estrés por calor esta relación baja. Esto genera que el flujo de sangre hacia el útero sea menor, lo que provoca una menor pérdida de calor en esa región y la temperatura uterina aumenta. El incremento en la temperatura uterina podría afectar la viabilidad del embrión hasta el día 16 post-servicio (Valtorta *et al.*, 1998).

El interferón “TAU” está relacionado con la inhibición de la secreción de prostaglandina F2 α y el mantenimiento del cuerpo lúteo. Bajo condiciones de estrés calórico severo, la producción de éste interferón se reduce lo que conduce a una luteólisis prematura. Por lo tanto la producción de progesterona es insuficiente para mantener el desarrollo embrionario en los primeros estadios de crecimiento (Valtorta *et al.*, 1998).

Wilson *et al.* (1998) concluyen sobre el efecto del calor en la función ovárica que el estrés calórico inhibió el crecimiento folicular y dominancia durante el período preovulatorio. La función anormal del ovario durante el estrés calórico se manifestó como una disminución en el pro-estro del incremento del estradiol. También se observó una disminución en el tamaño folicular de la segunda onda dominante. Se detectó mayor número de ondas foliculares por ciclo estral y un alargamiento de la fase luteal. La disminución en el estradiol sérico en el ganado bajo estrés calórico tendría efectos sobre los mecanismos naturales de luteólisis, como consecuencia el ciclo luteal se extendería y se repetirían ondas foliculares. Según Ullah *et al.* (1996) el aumento de la temperatura

corporal contribuiría a la disminución de la secreción preovulatoria de LH, así como la secreción de progesterona estral. La menor secreción preovulatoria de LH afectaría el normal funcionamiento del cuerpo lúteo.

Sin embargo Valtorta *et al.* (1998) indican que en algunos estudios la ligera disminución del estradiol sérico no afectaría la liberación preovulatoria de LH y por lo tanto el efecto luteolítico se cumpliría normalmente

Por otro lado, la disminución en el consumo de materia seca podría causar un balance energético negativo en el ganado lactante bajo estrés calórico. Esto podría ser la causa de la disminución en el crecimiento folicular y en la concentración de estradiol. Como resultado, el umbral de estradiol necesario para desencadenar la luteólisis podría no alcanzarse y conducir a una fase luteal muy larga en algunas vacas (Wilson *et al.*, 1998).

Ravagnolo y Misztal (2002) evaluaron la relación entre la tasa de no retorno al celo al día 45 y el estrés calórico medido a través del ITH. La información provino de animales de los estados de La Florida, Georgia y Tennessee (Estados Unidos). Los resultados demostraron que la tasa de no retorno al celo al día 45 disminuyó 0.005 unidades por unidad de incremento del ITH sobre el valor 68 en el día de la inseminación. También encontraron que el umbral de ITH para las vacas de primera lactación y las multíparas fue similar, aunque las vacas de primera lactancia fueron más sensibles al incremento del ITH por encima del valor crítico 70, la tasa de no retorno en el día 45 decreció 0.008 para las vacas de primer lactación y 0.005 para las vacas de mayor número de lactancias.

Según conclusiones de distintos trabajos la disminución en el porcentaje de preñez de las vacas sometidas a estrés calórico se debería a muertes embrionarias tempranas, cuando el embrión aún se encuentra en el oviducto o cuando se llega al útero pero en un lapso de tiempo en el que todavía no fue reconocido por la madre. Estas muertes ocurren en mayor cantidad en los primeros 15 días luego de la inseminación artificial (de la Sota, 1995).

Durante la gestación, el período crítico sería el último tercio, cuando el feto tiene una mayor tasa de aumento de peso. Diversos estudios señalan que el estrés calórico en esta etapa afecta el crecimiento del feto, el funcionamiento de la placenta, el desarrollo mamario, la involución uterina y la producción de leche en la siguiente lactancia (Collier *et al.*, 1982; Wolfenson *et al.*, 1988; citados por Saravia y Cruz, 2003).

2.12. COMENTARIOS FINALES

La sudoración a través de la piel y el sistema respiratorio es el principal medio de refrigeración de los animales cuando el clima se torna estresante debido a la alta temperatura y humedad. Aunque este mecanismo de disipación se vuelve menos eficiente a medida que aumenta la humedad relativa ambiente, ya que la pérdida de agua se torna más lenta.

La temperatura rectal de las vacas de la raza Holando ronda los 38,4 a 39 °C. La temperatura rectal es un método efectivo y rápido para determinar incrementos en la temperatura interna del animal y detectar en forma objetiva los animales sometidos a estrés calórico. El aumento de 1 °C en la temperatura rectal señala cambios fisiológicos que repercuten en la productividad, sanidad y bienestar animal.

Mantener el pH de la sangre en valores constantes es necesario para poder llevar a cabo las reacciones metabólicas y funciones fisiológicas en el animal. Esta situación se encuadra dentro del sistema homeostático que regula las funciones internas del animal bajo condiciones constantes. El aumento de la frecuencia respiratoria eleva el ingreso de aire a los pulmones. En condiciones de estrés calórico esta situación es común entre el ganado. Al haber mayor intercambio de gases el dióxido de carbono baja su concentración y de ésta forma el ácido carbónico y los iones de hidrógeno en sangre disminuyen. Se produce un desbalance con aumento momentáneo del pH (alcalosis respiratoria). El organismo lo nivela liberando más carbonato de calcio por la orina y reteniendo mas iones hidrógeno.

El descenso en el consumo de materia seca es la primera reacción del animal ante el estrés calórico. El consumo comienza a caer en forma significativa cuando la temperatura ambiente supera los 25 °C. Esta disminución va acompañada de un aumento en el consumo de agua, lo que determina una mayor dilución del contenido ruminal. Varios trabajos indican que el estrés calórico determina menor motilidad en el rumen, lo que permitiría un menor incremento calórico. Esto redundaría en un mayor tiempo de retención del forraje y en una menor tasa de pasaje del mismo al resto del tracto digestivo. Al permanecer mayor tiempo retenido el forraje en el rumen permite que los microorganismos actúen mas efectivamente sobre las partículas de fibra, aumentando la digestibilidad de la dieta y favoreciendo la producción de AGV por unidad de materia fermentescible. A pesar de esto la cantidad de ácidos grasos volátiles es menor en un animal bajo estrés calórico debido al menor consumo de forraje y quizás por el menor mezclado del contenido ruminal a causa de la menor motilidad y la mayor dilución por aumento en el consumo de agua.

Los minerales juegan un papel fundamental en el metabolismo animal. El estrés por calor provoca pérdidas de K^+ , Cl^- y Na^+ por encima de los valores normales. El K^+ es el principal ión en la transpiración, cuando ésta aumenta porque el animal debe disipar el exceso de calor acumulado, aumentan las pérdidas de K^+ . El déficit de K^+ puede llegar a deprimir la producción lechera como así también la falta de Cl^- en las dosis adecuadas. Este anión agregado en la dieta sobre los requerimientos normales produce mayor rechazo del alimento por parte de los animales y puede derivar en trastornos metabólicos. El Na^+ es el otro catión que se pierde en cantidades mayores durante el estrés calórico. La vía de eliminación normal es la orina, aunque su retención a nivel del organismo no está claro que afecte mayormente la producción de leche.

Durante el estrés calórico el consumo de agua comienza a elevarse y las pérdidas de agua en las heces disminuyen de acuerdo no sólo a la temperatura ambiente sino a otros

factores. Por ejemplo el consumo de materia seca, contenido de sodio en el agua y dieta, el nivel de producción de leche, el estado fisiológico, temperatura y calidad del agua bebida. El proceso de pérdida de agua por evaporación a través de la piel y las vías respiratorias es constante, por eso el animal debe de tener almacenado un volumen adecuado de agua del cual ir reponiendo las pérdidas. Este depósito está ubicado en el sistema digestivo, desde allí se repone el agua que se pierde por sudoración, en la leche, y las restantes salidas.

El contenido de fibra en la dieta (FDA y FDN) actúa en forma negativa sobre los animales en períodos de estrés calórico debido a que la fermentación y movimientos ruminales aumentan la producción de calor interno. Además al aumentar el consumo de fibra disminuye el consumo de materia seca y la producción de leche. Algunos autores sugieren que el nivel de energía en la dieta es el que realmente afecta el incremento calórico en el animal y no el nivel de fibra consumido. Con respecto a la inclusión de lípidos, en general los resultados indican que ante el suplemento con lípidos en la dieta aumenta el porcentaje y producción de grasa en la leche, y la producción de leche en algunos casos aumenta y en otros sólo levemente con respecto a los animales que no consumían dietas suplementadas.

La producción de leche disminuye ante el aumento de la temperatura ambiente. Algunos autores encontraron que la producción de leche disminuye a una tasa de 0.2 kg cuando por cada unidad de incremento en el ITH cuando este sobrepasa el valor crítico de 72.

La grasa es uno de los componentes que más se deprime por el estrés calórico. Los ácidos grasos de cadena corta son los que más disminuyen, en cambio los de cadena larga tienden a incrementarse. Aunque se señala que el estrés calórico puede promover la remoción de reservas corporales debido a la disminución en el consumo de materia seca y de esa forma aumentar el contenido de grasa en la leche.

No está bien claro el efecto directo del estrés calórico sobre el porcentaje de proteína en la leche. En la mayoría de los trabajos se encontró que el contenido de proteína responde mayormente al consumo de materia seca y al nivel de energía en la dieta.

Bajo condiciones de estrés calórico el animal busca disminuir su producción interna de calor, a efectos de mantener la temperatura corporal, que tiende a elevarse a medida que el cuerpo absorbe calor del medio ambiente. Durante el estado llamado “Reacción de alarma”, aumenta la concentración de hormonas que favorecen la concentración de glucosa en la sangre, aumenta la frecuencia respiratoria y la frecuencia cardíaca y se incrementa la presión sanguínea. El resultado de éste estado es la pérdida de energía almacenada en los tejidos en forma de lípidos y proteínas. Pero si los factores estresantes se mantienen en el tiempo el animal se adapta a la nueva situación y los niveles en sangre de estas hormonas disminuyen. A través de la reducción en la secreción de hormonas que afectan las reacciones de catabolismo el metabolismo basal disminuye. Las hormonas más afectadas serían las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina), hormonas tiroideas (tiroxina y triyodotironina), hormona del crecimiento y el cortisol.

En estudios recientes se constató que la insulina aumenta su nivel bajo efecto del calor, esto podría afectar el flujo sanguíneo desviándolo de su tránsito por la glándula mamaria, disminuyendo la producción de leche. Este efecto podría estar explicado también por una disminución en la concentración de hormonas anabólicas. Por otro lado, el animal retiene mayor volumen de agua de la orina en el riñón a través de un aumento en la secreción de hormona antidiurética, en busca de conservar el volumen de agua corporal, hasta que se rehidrata nuevamente.

El estrés calórico disminuye el porcentaje de preñez debido a los trastornos que produce sobre el desarrollo folicular y sobre el desarrollo embrionario durante las dos primeras semanas luego de la inseminación. El período estral según diferentes autores, bajo condiciones de alta temperatura ambiente se acorta hasta 5 horas en comparación a condiciones normales, y su intensidad es menor de forma tal que es más difícil de detectar.

A nivel hormonal se ha comprobado que la concentración de estradiol necesaria para desencadenar la reacción de lisis del cuerpo lúteo y así concluir la etapa luteal es insuficiente bajo estrés calórico debido a diferentes factores. Según los mismos autores la baja concentración de estradiol quizás se deba al menor consumo de materia seca bajo condiciones cálidas, y se produciría un balance negativo de energía, que combinado con el estrés calórico produciría un menor desarrollo folicular y en la concentración de estradiol. La relación baja estradiol/progesterona a causa del estrés calórico reduce el flujo de sangre hacia el útero, esto provoca un leve aumento de la temperatura en esa zona porque la pérdida de calor es menor. El aumento de la temperatura uterina afecta el desarrollo de los embriones durante las primeras dos semanas de vida.

Durante la etapa fetal, el último tercio de la gestación es el más afectado por las altas temperaturas ya que es la etapa donde el desarrollo fetal es mayor. El estrés calórico afecta el funcionamiento de la placenta, el crecimiento del feto es menor, la glándula mamaria no se desarrolla completamente y la producción de leche en la próxima lactancia disminuye.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

El experimento se efectuó en el establecimiento lechero propiedad del señor Dr. Alejandro Ponienman ubicado en camino Picada Benítez km. 24.500, departamento de Colonia.

El ensayo se extendió entre el 18 de diciembre de 2002 y el 6 de febrero de 2003.

3.1.1. Tratamientos experimentales

Los tratamientos surgen de un arreglo factorial con dos niveles, para efecto sombra (con y sin sombra) y dos tipos de suplementación, rica en lípidos, afrechillo de arroz; pobre en lípidos, afrechillo de trigo (4 kg de afrechillo de trigo y 3,2 kg de afrechillo de arroz). Se realizaron cuatro lotes de 12 vacas cada uno. Para ello se utilizaron 48 vacas de la raza Holando que al control lechero de noviembre producían entre 20 y 25 litros de leche. Los criterios para el armado de los lotes fueron la producción de leche (control lechero de noviembre de 2002), días de lactancia y número de partos. En el siguiente cuadro se detallan los promedios para cada lote de los parámetros seleccionados.

Cuadro N° 1. Características productivas de las vacas de cada lote experimental

Lote	Tratamiento		CL Nov (l/a/día)	CV (%)	Días Lact.	CV (%)	Nºlact.	CV (%)
	Ambiente	Dieta						
Verde	Sombra	Afrechillo arroz	22,3	8,4	107	48,0	3,5	35,4
Naranja	Sombra	Afrechillo trigo	23,0	7,1	105	54,8	3,3	38,5
Blanco	Sol	Afrechillo trigo	23,1	6,9	111	51,0	3,3	28,9
Azul	Sol	Afrechillo arroz	22,4	6,2	107	47,1	3,8	33,4

3.1.2. Instalaciones para el ordeño y suministro de ración

La sala de ordeño está equipada con una ordeñadora Schlueter de origen estadounidense instalada en el año 1998. La sala con 24 órganos de ordeño, con línea de leche baja, es del tipo espina de pescado recta. El corral de espera estaba cubierto por un sombrite (80 % intercepción de luz) para proteger a las vacas que aguardaban ser ordeñadas.

La sala de ordeño no está diseñada para dar ración mientras se ordeñan las vacas. Luego de ordeñadas las vacas acceden a un corral donde beben agua y se les da sales minerales.

De este corral pasan a los comederos donde se les brindó el afrechillo de trigo o de arroz según correspondiera.

Los comederos donde se suministró la ración constan de 2 piletas de hormigón, profundas (30 cms aprox.) colocadas paralelas, con una calle al medio para la circulación de un tractor con tolva para suministrar la ración. El piso también es de hormigón y está cubierto por una malla de nylon “sombrite” con 80 % intercepción de luz. Las piletas permiten comer con comodidad a cada lote de 12 vacas por vez.

Cada lote permanecía comiendo ración entre media hora y una hora, para permitir que los animales consumieran toda la ración ofrecida.

3.1.3 Distribución temporal del ensayo y eventos principales

FECHA	DIA	EVENTO	PERÍODO
19/12/2002	1	CL	ACOSTUMBRAMIENTO
20/12/2002	2		
21/12/2002	3		
22/12/2002	4		
23/12/2002	5		
24/12/2002	6	CL	
25/12/2002	7		
26/12/2002	8	CL/FR	MEDICIONES
27/12/2002	9	TR	
28/12/2002	10		
29/12/2002	11		
30/12/2002	12	CL	
31/12/2002	13		
1/1/2003	14		
2/1/2003	15	CL	
3/1/2003	16	CC/TR/FR	
4/1/2003	17		
5/1/2003	18		
6/1/2003	19		
7/1/2003	20	CL	
8/1/2003	21	CC/TR/FR	
9/1/2003	22	CL	
10/1/2003	23		
11/1/2003	24		
12/1/2003	25		
13/1/2003	26		
14/1/2003	27	CL	
15/1/2003	28	CC/TR/FR	
16/1/2003	29	CL	
17/1/2003	30		
18/1/2003	31		
19/1/2003	32		
20/1/2003	33	FR	
21/1/2003	34	CL	
22/1/2003	35	CC/TR/FR	
23/1/2003	36	CL	
24/1/2003	37		
25/1/2003	38		
26/1/2003	39		
27/1/2003	40	FR	
28/1/2003	41	CL	
29/1/2003	42	CC/FR	
30/1/2003	43	CL	
31/1/2003	44		
1/2/2003	45		
2/2/2003	46		
3/2/2003	47	FR	
4/2/2003	48	CL	
5/2/2003	49	CC/TR/FR	
6/2/2003	50	CL	

Referencias: CL: Control lechero.
 TR: Temperatura rectal.
 CC: Condición corporal.
 FR: Frecuencia respiratoria.

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ALIMENTOS DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL

La base pastoril consistió en una pradera de 1° año compuesta por trébol blanco (*Trifolium repens*), lotus (*Lotus corniculatus*), trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*) y raigrás (*Lolium multiflorum*), y por un verdeo de verano, sudan (*Sorghum sudanense*).

Se usaron dos tipos de afrechillo como suplemento de la base pastoril. Estos fueron afrechillo de arroz y afrechillo de trigo, ambos suministrados por el mismo molino (Molino Carmelo).

La ración se comenzó a suministrar el 18 de diciembre de 2002, en los comederos y luego del ordeño de cada lote. La cantidad suministrada de afrechillo de trigo fue constante a lo largo del trabajo y consistió en 4 kg/animal/día, o sea 48 kg/lote/día.

En cuanto al afrechillo de arroz, también se suministró en igual cantidad pero sólo hasta el 16 de enero de 2003, momento a partir del cuál se bajó el volumen a 3 kg/animal/día debido a que su contenido de energía era superior al afrechillo de trigo. Se buscaba igualar la cantidad de energía que se daba a todos los animales (ver composición química de los afrechillos en anexo N° 13).

A partir del 11 de enero de 2003 se comenzó a agregar sobre el afrechillo que se ofrecía en las piletas 50 grs de urea/animal/día, o sea 600 gramos por lote. Con este procedimiento se elevó el consumo de proteína, ya que el contenido de proteína en la dieta las vacas por día estaría desbalanceada con respecto al suministro de energía.

A partir del 16 de enero se suministró junto con el afrechillo que consumía cada lote, 50 gramos de un aditivo para neutralizar las micotoxinas de Fusarium, a pedido del productor como precaución por posible contaminación de los afrechillos. El “capturador de micotoxinas” se llama Dairy - Sacc, su dosificación es de 35 a 50 gramos por animal por día y contiene levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* cepa 1026, Selenio, Zinc y Cobre.

3.3. MANEJO DEL GANADO

3.3.1. Lote de sol

Los animales del lote “sol” regresaban del pastoreo a las 14:00 hs. Permanecían en las cercanías de la sala de ordeño bebiendo agua hasta las 15:00 hs, cuando ingresaban a la sala de ordeño. Esta actividad se extendía por unos 45 minutos. Salían de la sala de ordeño, se agrupaban en un corral, donde bebían agua, e inmediatamente pasaban a

comer la ración a las 16:00 hs, hasta las 16:45. Luego los animales volvían a tomar agua, se reunían los dos lotes del tratamiento “sol” y se los llevaba a una nueva franja de pastoreo hacia las 17:00 hs. Las vacas retornaban al ordeño nocturno a las 2:30 hs. Durante media hora descansaban y bebían agua. A las 3:00 hs ingresaban al ordeño, que se extendía entre 45 minutos y una hora. Al finalizar el ordeño los lotes “sol” se agrupaban en un corral donde bebían agua y de allí eran llevadas a una nueva franja de pastoreo aproximadamente a las 4:15 hs.

3.3.2. Lote de sombra

La actividad diaria comenzaba hacia las 10:00 cuando los animales ingresaban al monte de Eucaliptus spp. (sombra), provenientes del pastoreo en la franja. Allí permanecían hasta las 11:45 cuando salían a la sala de ordeño. Previamente tomaban agua. A las 12:00 hs entraban a la sala de ordeño. El ordeño se extendía desde las 12 hs hasta 12:45 aproximadamente. Luego los animales se agrupaban en dos lotes, según la ración que les correspondía. El consumo de afrechillo comenzaba a las 13:00 hs. hasta 13:45. Luego del consumo de la ración volvían al monte de Eucaliptus spp. donde permanecían hasta las 17 hs., luego se las retiraba de la sombra y se llevaban a una nueva franja de pastoreo. En la noche, el lote regresaba a la sala de ordeño a las 23:30. A las 24:00 hs. comenzaban a ordeñarse. Esta actividad se extendía por 45 minutos. Luego tomaban agua por unos 15 minutos y volvían a una nueva parcela de pastoreo hacia la 1:15.

A continuación se presenta en forma esquematizada el manejo de los lotes.

Cuadro N° 2. Manejo de los lotes durante el periodo experimental

Horario diurno - Lote de Sol				
Regreso del pastoreo	Consumo agua	Ordeño	Consumo ración	Consumo agua
14:00	14:30 a 15:00	15:00 a 15:45	16:00 a 16:45	16:45 a 17:00

Horario nocturno - Lote de Sol				
Regreso del pastoreo	Espera/ Agua	Ordeño	Espera/Agua	Regreso al pastoreo
02:30	2:45 a 3:00	3:00 a 3:45	3:45 a 4:00	04:15

Horario diurno - Lote de Sombra						
Regreso del pastoreo	Sombra	Espera/Agua	Ordeño	Consumo ración	Sombra	Regreso al pastoreo
10:00	10:30 a 11:45	11:45 a 12:00	12:00 a 12:50	13:00 a 13:45	13:45 a 17:00	17:00

Horario nocturno - Lote de Sombra				
Regreso del pastoreo	Espera/Agua	Ordeño	Espera/Agua	Regreso al pastoreo
23:30	23:45 a 24:00	0:00 a 1:00	1:00 a 1:15	01:15

Este esquema considera los tiempos que insumían las diferentes actividades de los lotes considerando un día con control lechero. Esto implica que el tiempo de ordeño duraba entre 45 y 50 minutos por cada lote. En cambio en un día en que no se realizaba control lechero la tarea de ordeño insumía unos 15 minutos por lote. Pero las rutinas de movimiento del ganado se cumplían de la misma forma todos los días.

3.3.3. Acceso al agua

Los animales de los tratamientos de sol y sombra accedieron por igual a las mismas piletas, aunque a diferentes horarios. Los animales del tratamiento “sombra” tenían posibilidad de beber agua en dos piletas ubicadas en la sombra, desde las 10 hs hasta las 11:30 hs, momento en el cuál se llevaban a ordeñar. Luego bebían en unas piletas a la salida de la sala de ordeño, antes de comer la ración, aproximadamente a las 13 hs. Por último quedaban con acceso al agua nuevamente a la sombra, entre las 14:00 y 17 Hs.

El lote de sol accedía a una pileta circular del que también bebía el lote general, aunque en forma separada. A partir de las 14:30 hs, eran traídas desde el pastoreo, se las mantenía junto al agua durante una media hora hasta el momento de ingreso a la sala de ordeño. Luego del ordeño también bebían agua, hasta que ingresaban a comer la ración. Por último, antes de regresar a la parcela de pastoreo se las soltaba en el corral junto a la sala de ordeño para que bebieran más agua, ya que después de comer el afrechillo era cuando se mostraban más dispuestas a beber.

Por la noche, todas las vacas podían beber junto a las piletas cercanas a la sala de ordeño mientras esperaban ingresar a la sala y lo mismo luego de que había finalizado esa tarea y eran juntadas para llevarlas de regreso a la parcela.

El agua proviene de un pozo semisurgente. Se instaló en la red de distribución de agua un sistema de ionización de las sales minerales o “ablandador de agua”.

3.4. MEDICIONES EXPERIMENTALES

3.4.1. Determinaciones en el ambiente

3.4.1.1. Determinaciones en los globos negros

Se utilizaron dos globos negros o Esferas de Vernon que se ubicaron en sitios representativos de las condiciones ambientales en las que estaban los animales de los diferentes tratamientos. Uno se ubicó dentro del monte de Eucalyptus sp. donde se mantenían a la sombra a los lotes del tratamiento “Sombra” y el restante globo negro se mantuvo en una zona descampada donde recibía el sol continuamente.

Los globos estaban formados por una esfera de cobre de 20 cm de diámetro, pintados de color negro mate y por un orificio se les colocó un termómetro de mercurio, (escala de 15 a 110 °C) en forma horizontal. Este conjunto se colocó en un poste a 1,5 m de altura.

Se llevaron a cabo tres mediciones diarias de la temperatura en globo negro. La primera medición se realizó a las 10:00 hs., la siguiente a las 14:00 hs y por último a las 17:00hs.

La finalidad de éstas mediciones fue la de abarcar el período en el día en que la temperatura ambiente es mayor pasando por las temperaturas máximas del día, hacia las 13 o 14 hs.

3.4.1.2. Temperatura y humedad relativa ambiente (ITH)

Los datos fueron aportados por la Estación Experimental INIA “La Estanzuela” debido a su proximidad al lugar del trabajo. A partir de estos datos se creó el Índice de temperatura-humedad (ITH) usando la ecuación de Valtorta y Gallardo (1994).

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

Donde: Ta = Temperatura ambiente en °C.

HR = Humedad relativa ambiente como %.

3.4.2. Determinaciones en el animal

3.4.2.1. Condición corporal

La medición de la condición corporal se hizo en forma visual, una vez a la semana, siendo la primera el 27 de diciembre y la última el 5 de febrero. Se realizaron en total 7 mediciones.

Se usó una escala de 6 grados donde 0 es excesivamente flaca y 5 excesivamente gordas (INRA-ver anexos). En esta escala un grado implica aproximadamente 40 kg de peso vivo. La precisión usada fue de 0,5 puntos.

Para obtener un índice general de la condición corporal se hicieron dos observaciones en los animales, una vista del flanco derecho del animal y otra desde atrás. En la observación desde atrás se consideró la zona del ligamento sacro-tuberal y la inserción cola/punta de isqueón. En el flanco derecho se tomó como referencia las apófisis transversas y el hueso del anca. De ésta forma se obtuvieron cuatro lecturas que se promediaron para obtener la nota de condición corporal para cada animal.

3.4.2.2. Frecuencia respiratoria

La frecuencia respiratoria se empezó a tomar el día 26 de diciembre. Entre esta fecha y el 20 de enero de 2003 se tomó una vez a la semana. Luego se decidió tomarla dos veces por semana hasta el final del experimento. El ritmo respiratorio se midió contando los movimientos respiratorios de los animales cuando estaban en reposo durante treinta segundos, para luego convertirlo a respiraciones por minuto, siempre en la tarde e inmediatamente después del ordeño. En el total del experimento se hicieron 10 observaciones de frecuencia respiratoria por animal.

3.4.2.3. Temperatura rectal

La temperatura rectal se midió una vez a la semana en el tubo ubicado al lado de la sala de ordeño. Primero se tomaba la temperatura al lote que permanecía al sol, luego de recabado los datos se llevaba a éstas vacas directamente al campo. Inmediatamente después del lote sol se tomaba la temperatura rectal al lote sombra. Concluida la tarea también se llevaban a la parcela correspondiente. Esta actividad comenzaba a las 16 hs y finalizaba hacia las 17:30.

Se realizaron 6 mediciones de la temperatura rectal, desde el 27 de diciembre hasta el 5 de febrero (el 27 de enero no se tomó la temperatura rectal).

3.4.3. Mediciones de producción y composición de la leche

3.4.3.1. Control lechero

La producción de leche en cada ordeño se tomó con medidores tipo Tru-Test dispuestos en cada órgano de ordeño los días martes y jueves a partir del 19 de diciembre hasta el 6 de febrero, en total se hicieron 15 controles lecheros. A la vez se tomaron pequeñas muestras de leche en cada ordeño que a la vez se mezclaba con un líquido conservante (inhibidor de la reproducción bacteriana por algunas horas) de cada vaca y de cada ordeño que se enviaron a analizar a un laboratorio en Nueva Helvecia.

3.4.3.2. Calidad de la leche

Los análisis de sólidos en la leche (% grasa, % proteína, % lactosa) y recuento de células somáticas se llevaron a cabo en el laboratorio COLAVECO (Cooperativa de Laboratorios Veterinarios del Este de Colonia) ubicado en la ciudad de Nueva Helvecia (ver anexos).

3.4.4. Determinaciones en la pastura

A nivel de pastura se determinó la cantidad de material ofrecido antes de cada pastoreo. Se utilizó el método de “doble muestreo”, con un cuadro de 30 cm x 30 cm (0,09 m²) se recorría la parcela en zigzag y se tiraba 15 veces en cada parcela donde pastoreaban los lotes de Sol y Sombra. Cada muestra se clasificaba en una escala de tres puntos, baja, media, alta disponibilidad de forraje. Previamente se tomó una muestra de cada uno de estos puntos para cuantificar la disponibilidad, llamada baja, media y alta.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la evaluación de los parámetros de producción animal se utilizó un diseño experimental factorial completo con dos niveles para los tratamientos de sol y sombra y dos niveles para los tratamientos de afrechillo de trigo o de arroz en la dieta,). El modelo lineal propuesto es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + D_j + B_k + TI * S_j + E_{ijk} + \text{covariable}$$

donde :

μ = media.

A_i (ambiente) = efecto asociado al tratamiento de sol o sombra i .

D_j (dieta) = efecto asociado al tratamiento de afrechillo de trigo o de arroz j .

Día l = efecto del día de observación l .

$A_i * D_j$ = efecto de la interacción de ambiente por dieta ij .

$D_j * \text{Día } l$ = efecto de la interacción dieta * día jl .

$A_i * \text{Día } l$ = efecto de la interacción ambiente * día il .

E_{ijkl} = error aleatorio asociado a la observación $ijkl$.

Covariable = media de las observaciones de la variable Y obtenidas durante los días 1 a 7 (inclusive).

Se utilizó el paquete estadístico (SAS, 1998) para realizar un análisis de varianza con medidas repetidas usando el procedimiento MIXED junto con el test de Tuckey Kramer para separación de medias. El efecto “días” fue considerado como el factor de medidas repetidas.

4. RESULTADOS

4.1. REGISTROS EN EL AMBIENTE

4.1.1. Registro de temperatura en los globos negros

La información se presentará asociada a los días transcurridos desde el inicio del ensayo. Para vincular el día con la fecha, el lector deberá remitirse al cuadro de la sección 3.1.3.

Al analizar el comportamiento de la temperatura en las esferas de Vernon (Globos Negros) encontramos básicamente dos grandes etapas durante el período de mediciones del ensayo (días 8 al 50). La zona inicial sombreada de color gris indica el período de acostumbramiento al que se sometieron los animales antes de comenzar el ensayo.

Figura N° 1. Evolución de las temperaturas de registradas en la Esfera de Vernon colocada al sol durante el ensayo (19/12/02 al 6/02/03) (el área en gris representa el periodo de acostumbramiento a los tratamientos)

Figura N° 2. Evolución de las temperaturas de registradas en la Esfera de Vernon colocada a la sombra durante el ensayo (19/12/02 al 6/02/03) (el área en gris representa el periodo de acostumbramiento a los tratamientos)

La primera etapa la podemos ubicar entre los días 8 y 21 (26 de diciembre al 7 de enero). En éste período las temperaturas registradas tanto en el globo negro al sol como a la sombra fueron menos elevadas en comparación al período entre los días 22 al 50 (8 de enero al 6 de febrero). En el siguiente cuadro se resumen las características principales desde el punto de vista ambiental de ambos períodos.

Cuadro N° 4. Caracterización de las principales variables climáticas durante el período del ensayo (19/12/02 al 6/02/03).

Parámetro	1° Período	2° Período
Temp. Globo Negro al Sol promedio (°C)	26.5	39.3
Temp. Globo Negro al Sol a las 10h (°C)	28.1	37.9
Temp. Globo Negro al Sol a las 14h (°C)	30.5	42.2
Temperatura Globo Negro a la Sombra (°C)	28.9	29.0
Temp. Globo Negro a la Sombra a las 10h (°C)	25.2	27.0
Temp. Globo Negro a la Sombra a las 14h (°C)	27.5	31.0
Temperatura promedio (°C)	21.9	23.8
Temperatura máxima (°C)	27.0	29.6
Temperatura mínima (°C)	17.2	18.0
Humedad relativa media (%)	73.6	69.1
ITH medio diario	69.3	71.9

Para el globo negro ubicado a la sombra el promedio de temperatura para éste período fue de 26.5 °C para las tres tomas diarias de temperatura. Las máximas temperaturas promedio para este periodo se registraron los días 8 y 9 (26 y 27 de diciembre) con 33,3 y 33.6 °C respectivamente y la mínima se registró el día 13 (31 de diciembre) con 18.3 °C.

Las temperaturas en el globo negro al sol fueron similares y apenas superiores que las del globo negro a la sombra (para el período 8 a 21). El día 9 (27 de diciembre) se alcanzó la mayor temperatura promedio en este período de 42.3 °C, siendo a las 14 hs. de ese día de 45 °C. La mínima temperatura promedio, al igual que a la sombra, se registró el día 13 (31 de diciembre). Para ese día la temperatura promedio fue de 17.0 °C, siendo incluso menor (1.33 °C) que la temperatura registrada en el globo negro ubicado en la sombra de los árboles (*Eucalyptus* spp.) donde se encontraban los animales del lote sombra.

El segundo periodo ubicado entre los días 22 al 50 (9 de enero al 6 de febrero), a pesar de presentar altibajo en los registros, presenta las mayores temperaturas promedio y también puntuales. En este período se destaca que las diferencias entre las temperaturas

medidas en el globo negro al sol y el globo negro a la sombra: la temperatura promedio en el globo al sol fue de 39.25 °C para los tres registros diarios, en cambio el promedio a la sombra fue de 29.0 °C, una diferencia promedio de 10.0 °C entre ambos globos.

En el globo negro ubicado al sol se registran las máximas temperaturas a las 14 hs, 42.2 °C en promedio, siendo las temperaturas a las 10 y 17 hs. muy similares, 37.9 y 37.5 °C respectivamente. Para el globo negro ubicado a la sombra la máxima temperatura también se registró a las 14 hs con 31.0 °C y la menor temperatura se registró en el horario de la mañana con 27.0 °C en promedio.

Entre los días 27 al 31 (14 al 18 de enero) encontramos que las temperaturas alcanzan picos altos tanto al sol como a la sombra. En estos días las temperaturas promedio registradas en el globo negro al sol variaron entre 39.0 a 48.7 °C. Para el globo negro ubicado a la sombra las temperaturas variaron en el rango de 30 a 35 °C.

El otro período que se destaca por sus elevadas temperaturas se ubica entre los días 39 al 44 (26 de enero al 31 de enero). En el globo negro al sol se registraron temperaturas promedio por encima de los 40 °C durante todos los días, siendo la mayor 54.2 °C el día 44 (31 de enero). Para el globo negro a la sombra, el máximo fue de 39.3 °C también el día 44 y el mínimo de 30.5 para el día 39 (26 de enero).

4.1.2. Evolución diaria del ITH

Al considerar el índice de temperatura humedad debemos recordar que tomamos al valor 72 como el nivel crítico por encima del cuál los animales del ensayo (vacas Holando en lactación) comienzan a sentir los efectos del calor y la humedad del ambiente por lo que se les dificulta la disipación del exceso de calor acumulado en el interior de su cuerpo ya sea debido a la generación metabólica del mismo o a la radiación externa absorbida por el animal.

En la figura 3 se presenta la evolución del ITH durante el periodo del ensayo.

Figura 3. Evolución del ITH medio diario durante el período del ensayo (19/12/02 al 6/02/03) (el área en gris indica el período de adaptación y los números en la parte superior los días donde se realizaron los controles lecheros).

Durante el 1° período del ensayo (días 8 a 21) encontramos solamente dos observaciones con ITH superiores a 72: el día 9 (27 de diciembre) con 73.1 y el día 18 (5 de enero) con 72.6.

Durante el 2° periodo se registran en dos oportunidades, una serie de días con ITH superior a 72. La primera serie de días transcurre entre los días 26 al 30 (13 al 17 de enero), con un incremento del ITH desde 72.1 hasta 74.0 el día 30, alcanzando un máximo de 75.7 el día 29 (16 de enero). La segunda serie de días se da entre los días 39

al 50 (26 de enero al 1° de febrero) con excepción del día 46 (2 de febrero) que es de 71.4. El ITH en estos días varía 72.9 el día 39 hasta 80.5 el día 44 (31 de enero).

4.1.3. Comportamiento mensual del ITH

Al comparar la frecuencia de distribución del ITH a lo largo del verano del periodo estudiado encontramos que en el mes de diciembre de 2002 la mayor parte de los días (90,3 %) presentó un ITH inferior al índice crítico que genera estrés calórico en los animales (72). Sólo 3 días en el mes de diciembre de 2002 tuvieron un ITH superior a 72.

Cuadro N° 5. Frecuencia del ITH diario en el mes de diciembre de 2002 considerando diferentes rangos de estrés calórico.

Promedio diciembre 2002		
ITH	Frecuencia	%
< 72.0	28/31	90.3
72.0-78.0	3/31	9.7
78.0-82.0	0/31	0.0
> 82.0	0/31	0.0

Enero aparece como el mes con mayor número de días con ITH superior a 72, siendo el 41.9 % entre 72 y 78. En éste mes se da un día con ITH superior a 78 (3.2 %).

Cuadro N° 6. Frecuencia del ITH diario en el mes de enero de 2003 considerando diferentes rangos de estrés calórico.

Promedio Enero 2003		
ITH	Frecuencia	%
< 72.0	17/31	54.8
72.0-78.0	13/31	41.9
78.0-82.0	1/31	3.2
> 82.0	0/31	0.0

En febrero vemos que los días con ITH superior a 72 son el 28,6 %, y no se registran días en que el ITH supere el valor 78.

Cuadro N° 7. Frecuencia del ITH diario en el mes de febrero de 2003 considerando diferentes rangos de estrés calórico.

Promedio Febrero 2003		
ITH	Frecuencia	%
< 72.0	20/28	71.4
72.0-78.0	8/28	28.6
78.0-82.0	0/28	0.0
> 82.0	0/28	0,0

En la Figura N° 4 se compara la frecuencia de distribución del ITH a lo largo del verano del periodo estudiado en comparación a una serie de 40 años (1963 a 2002).

Figura N° 4. Promedio mensual del ITH para el período analizado en comparación al promedio histórico (1963 a 2002).

En diciembre 2002 el ITH medio mensual fue inferior al ITH histórico (67.6 vs. 68.5 respectivamente).

En enero 2003, el ITH medio fue apenas superior al ITH histórico (70.9 vs. 70.7 respectivamente). A su vez, se observa que el ITH promedio de enero es el mayor de todo el período cálido en la serie de años analizada.

Finalmente en febrero 2003 vemos que el comportamiento del ITH medio fue similar al promedio histórico (69.6 vs. 69.5 respectivamente)

4.2. PRODUCCIÓN DE LECHE

En el cuadro N° 8 se presentan los datos promedio de producción de leche obtenidos según el tratamiento.

Cuadro N° 8. Efecto del ambiente sobre la producción de leche según la dieta suministrada.

Dieta \ Ambiente	SOL l/día	SOMBRA l/día	PROMEDIO l/día
Afrechillo ARROZ	23.9	22.5	23.2
Afrechillo TRIGO	24.0	23.6	23.8
Promedio	24.0 A	23.1 B	

A, B en la fila: $P < 0.05$

a, b entre columnas: $P < 0.05$

4.2.1. Efecto Ambiente

Cuando consideramos el efecto del ambiente encontramos que el lote expuesto al sol presentó una producción significativamente superior ($P=0.0507$) al lote sombra. Esta diferencia alcanzó casi el litro diario (0.9 l/día) de leche entre el lote sol y sombra.

4.2.2. Efecto Dieta

La dieta no tuvo efectos significativos ($P=0.2017$) sobre la producción de leche para los lotes sol y sombra.

4.2.3. Evolución de la producción de leche en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”)

Si se observa la Figura N° 5 vemos que en el 1° periodo del ensayo, el lote sol es superior al lote sombra. Este período abarca desde el día 8 hasta el control del día 22 (correspondiente a la producción de leche del día 21).

Figura N° 5. Evolución de la producción de leche según el ambiente

Durante ese período las diferencias iniciales entre lotes se mantienen constantes, existiendo diferencias significativas ($P < 0.05$) para los controles de los días 8, 12 y 22 a favor del lote sol.

En el 2° periodo, a partir del control lechero del día 27, no se encontraron diferencias significativas entre lotes debidas al ambiente. En esta etapa se acentuó la caída en producción de los dos lotes.

4.2.4. Efecto “Ambiente*Dieta”

Cuando consideramos la interacción entre el ambiente y la dieta suministrada, vemos que no existió diferencia significativa ($P = 0.9726$) entre los animales que permanecieron al sol para ambas dietas (Cuadro N° 5). En cambio a la sombra, se observó una tendencia ($P = 0.0804$) a una mayor producción de leche con la dieta afrechillo de trigo en comparación al afrechillo de arroz (1,1 l/día superior en el lote alimentado con afrechillo de trigo).

4.3. LECHE CORREGIDA POR GRASA (LCG)

La leche corregida por grasa (LCG) permite llevar el contenido de grasa en la leche a un mismo valor para su comparación (4 % de grasa). En el cuadro N° 9 se presentan los datos promedio de leche corregida por grasa obtenidos según el tratamiento.

Cuadro N° 9. Efecto del ambiente sobre la producción de leche corregida por grasa según la dieta suministrada.

Ambiente Dieta	SOL l/día	SOMBRA l/día	PROMEDIO l/día
Afrechillo ARROZ	21.3	19.7 a	20.5 a
Afrechillo TRIGO	21.8	22.0 b	21.9 b
Promedio	21.5	20.8	

A, B en la fila: $P < 0.05$

a, b entre columnas: $P < 0.05$

4.3.1. Efecto ambiente

En el Cuadro N° 9 se presentan los resultados del efecto ambiente sobre la producción de leche corregida por grasa. En este caso, no existieron diferencias significativas en la LCG entre lotes según ambiente ($P=0.1549$).

4.3.2. Efecto Dieta

La dieta tuvo un efecto muy significativo ($P=0.0066$) sobre la LCG. Vemos que el lote alimentado con afrechillo de trigo presentó mejor producción de LCG: 1.4 l/día (6.73 %) superior al lote afrechillo de arroz.

4.3.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

El efecto de la dieta en los animales al sol no afectó en forma significativa la producción de leche corregida por grasa ($P=0.5329$). En cambio encontramos un efecto muy significativo de la dieta en el lote a la sombra ($P=0.0015$). En este caso los animales alimentados con afrechillo de trigo presentaron una producción 2.3 litros por encima del lote al que se le suministró afrechillo de arroz.

4.3.4. Evolución de la producción de leche corregida por grasa en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”)

Únicamente en los dos primeros controles (días 8 y 12) se encontraron diferencias significativas entre lotes debido al efecto ambiente entre un tratamiento y otro. En el control del día 8 (26 de diciembre) el lote sol logró un rendimiento de 2,4 l/día mayor ($P=0.0117$) que el lote sombra (23,8 l/día para el lote sol sobre 21,4 l/día del lote sombra). En el siguiente control del día 12, las diferencias se mantienen ($P=0.0108$). A partir del día 15 (2 de enero), las diferencias entre los lotes no son significativas y continuaran sin diferenciarse desde el punto de vista estadístico hasta el final del trabajo.

Figura N° 6. Evolución de la producción de leche corregida por grasa según el ambiente

4.4. PORCENTAJE Y PRODUCCIÓN DE GRASA

4.4.1. Porcentaje de Grasa

En el cuadro N° 10 se presentan los datos promedio del porcentaje de grasa obtenidos según el tratamiento.

Cuadro N° 10. Efecto del ambiente sobre el porcentaje de grasa según la dieta suministrada.

Ambiente Dieta	SOL %	SOMBRA %	PROMEDIO %
Afrechillo ARROZ	3.16 b	3.16 b	3.16 b
Afrechillo TRIGO	3.41 a	3.65 a	3.53 a
Promedio	3.28 B	3.40 A	

A, B en la fila: $P < 0.05$

a, b entre columnas: $P < 0.05$

4.4.1.1. Efecto Ambiente

El ambiente afectó el porcentaje de grasa, se encontró una diferencia significativa ($P=0.0319$) a favor del lote que permanecía a la sombra (Cuadro N° 10).

4.4.1.2. Efecto Dieta

El porcentaje de grasa en la leche se vio afectado en forma muy significativa ($P < 0.0001$) por el tipo de dieta suministrada, el lote alimentado con afrechillo de trigo logró mayor porcentaje de grasa (3.53 %) que el lote al que se le suministró afrechillo de arroz (3.16 %).

4.4.1.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

La suplementación con afrechillo de trigo presentó mayor porcentaje de grasa con respecto a la suplementación con afrechillo de arroz tanto en el lote al sol (3.41 vs. 3.16 % respectivamente) como en el lote a la sombra (3.65 vs. 3.16 % respectivamente).

4.4.1.4. Evolución del porcentaje de grasa en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”)

El comportamiento del porcentaje de grasa fue superior en el lote de animales que permanecía a la sombra sobre los que estuvieron expuestos al sol. A pesar de esto sólo se observaron tres controles donde el porcentaje de grasa del lote sombra fue superior en forma significativa al lote sol. En la Figura N° 7 se muestra su evolución a lo largo del ensayo en forma de histograma.

Figura N° 7. Evolución del porcentaje de grasa de la leche según el ambiente

Si observamos la Figura N° 7 vemos que sólo durante tres controles existieron diferencias significativas entre los lotes al sol o sombra. El día 15 (2 de enero) el lote sombra presentó una diferencia significativa en el porcentaje de grasa sobre el lote sol (3.43% *versus* 3.15%; $P = 0.0239$). En el control del día 22 (9 de enero) solo se registra una tendencia a ser mayor el porcentaje en el lote sombra sobre el lote sol (3.28% *versus* 3.06%, $P = 0.0806$). Hacia el final del ensayo encontramos una diferencia significativa para el día 43 (30 de enero) (3.43 vs 3.09 % para los lotes sombra y sol respectivamente, $P = 0.0085$) y nuevamente una tendencia para el día 50 (6 de febrero) (3.65 vs 3.41 % para los lotes sombra y sol respectivamente, $P = 0.0636$).

4.4.2. Producción de grasa

En el cuadro N° 11 se presentan los datos promedio de la producción de grasa obtenidos según el tratamiento.

Cuadro N° 11. Efecto del ambiente sobre la producción de grasa por día según la dieta suministrada.

Ambiente Dieta	SOL g/día	SOMBRA g/día	PROMEDIO g/día
Afrechillo ARROZ	774	710 b	742 b
Afrechillo TRIGO	816	844 a	830 a
Promedio	795	777	

A, B en la fila: $P < 0.05$

a, b entre columnas: $P < 0.05$

4.4.2.1. Efecto Ambiente

El efecto ambiente no fue significativo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P=0.3947$).

4.4.2.2. Efecto Dieta

El tipo de dieta suministrado a los lotes (afrechillo de arroz y afrechillo de trigo) afectó en forma muy significativa la producción de grasa ($P<0.0001$). La diferencia entre el lote alimentado con afrechillo de trigo y el lote al que se le suministró afrechillo de arroz fue de 88 gramos de grasa por animal y por día (10.85 %).

4.4.2.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

La producción de grasa no presentó diferencias significativas ($P=0.1533$) para el lote al sol entre las dos dietas suministradas. En cambio las diferencias fueron muy significativas ($P<0.0001$) entre las dos dietas para las vacas que permanecían a la sombra: los animales alimentados con afrechillo de trigo lograron 134 gramos (18.8 %) más de grasa que la dieta afrechillo de arroz.

4.4.2.4. Evolución de la producción de grasa en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”)

Cuando analizamos la evolución de la producción diaria de grasa en la leche encontramos que únicamente al inicio del ensayo, en los controles de los días 8 y 12 (26 y 30 de diciembre) se encontraron diferencias significativas. El día 8 (26 de diciembre) el lote sol presentó una mayor producción de grasa (11.4 % superior), esta diferencia fue significativa con respecto al lote sombra ($P=0.0211$). Al siguiente control, el día 12 (30 de diciembre) las diferencias fueron significativas pero menores entre ambos lotes ($P=0.0522$). Luego de estos dos controles no se observaron diferencias entre tratamientos.

Figura N° 8. Evolución de la producción de grasa de la leche según el ambiente

4.5. PORCENTAJE Y PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA

4.5.1. Porcentaje de Proteína

En el cuadro N° 12 se presentan los datos promedio del porcentaje de proteína obtenidos según el tratamiento.

Cuadro N° 12. Efecto del ambiente sobre el porcentaje de proteína según la dieta suministrada.

Dieta \ Ambiente	SOL %	SOMBRA %	PROMEDIO %
Afrechillo ARROZ	3.01	3.03	3.03
Afrechillo TRIGO	2.98	3.04	3.01
Promedio	3.00	3.04	

A, B en la fila: $P < 0.05$

a, b entre columnas: $P < 0.05$

4.5.1.1. Efecto Ambiente

El porcentaje de proteína no se vio afectado por el efecto ambiente ($P=0.6400$)

4.5.1.2. Efecto Dieta

No se detectaron diferencias significativas ($P=0.4643$) en el porcentaje de proteína entre las dos dietas suministradas.

4.5.1.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

Al sol, los animales alimentados con afrechillo de arroz presentaron una tendencia a un mayor porcentaje de proteína en la leche ($P=0.1097$). En cambio en los animales que accedieron a la sombra no se detectaron diferencias significativas entre los porcentajes de proteína ($P=0.4350$).

4.5.1.4. Evolución del porcentaje de proteína en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”)

En la siguiente figura se muestra la evolución del porcentaje de proteína a lo largo del trabajo.

Figura N° 9. Evolución del porcentaje de proteína de la leche según el ambiente

En el control efectuado el día 22 (9 de enero), las diferencias fueron muy significativas ($P=0.0031$) a favor del lote sombra. En este día vemos que el lote sombra logra un máximo en el porcentaje de proteína en leche de 3.16 %, mientras que el lote sol baja a 3.01 %. En el control lechero del día 27 (14 de enero) el lote sombra presenta solamente una tendencia ($P=0.0843$) a ser superior al lote sol.

Nuevamente, en el día 41 (28 de enero) se observa una diferencia significativa: el lote sombra presenta valores de porcentaje de proteína mayores (3.04% para el lote a la sombra y 2.93 % para el lote al sol, $P=0.0431$) mientras que el día 43 (30 de enero) se registra una tendencia (3.00 % para el lote a la sombra y 2.91 % para el lote al sol, $P=0.0847$).

4.5.2. Producción de Proteína

En el cuadro N° 13 se presentan los datos promedio de la producción de proteína obtenidos según el tratamiento.

Cuadro N° 13. Efecto del ambiente sobre la producción de proteína diaria según la dieta suministrada.

Dieta \ Ambiente	SOL g/día	SOMBRA g/día	PROMEDIO g/día
Afrechillo ARROZ	739	674	706
Afrechillo TRIGO	710	707	708

Promedio	725 A	690 B	
----------	-------	-------	--

A, B en la fila: $P < 0.05$

a, b entre columnas: $P < 0.05$

4.5.2.1. Efecto Ambiente

El tratamiento sol logró una diferencia significativa ($P=0.0154$) sobre el tratamiento sombra para la producción de proteína diaria por animal. Esta diferencia fue de 35 gramos de proteína/día a favor del lote sol (5.01 %).

4.5.2.2. Efecto Dieta

No se encontraron diferencias significativas ($P=0.8875$) para la producción diaria de proteína debido a la suplementación.

4.5.2.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

El lote al sol, no presentó diferencias significativas debido a la dieta en la producción de proteína de la leche ($P=0.1457$). En cambio en el lote a la sombra, la producción de proteína presentó una tendencia a ser mayor en el lote alimentado con afrechillo de trigo ($P=0.0970$), superior en 33 g/día con respecto al lote alimentado con afrechillo de arroz.

4.5.2.4. Evolución de la producción de proteína en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”)

La producción de proteína a lo largo del ensayo presenta características similares a la producción de leche en cuanto a su variación.

Figura N° 10. Evolución de la producción de proteína de la leche según el ambiente

En la figura N° 10 vemos que el lote expuesto al sol presentó una producción de proteína superior al lote sombra desde el inicio del ensayo hasta el día 15, momento a partir del cual la producción diaria de proteína para los dos tratamientos no se diferenció. Las mayores diferencias en producción se observan al inicio, en los primeros tres controles. El día 8 (26 de diciembre) el lote sol logra una diferencia significativa ($P=0.0417$) sobre el lote sombra. En el siguiente control del día 12 (30 de diciembre), las diferencias son mayores, logrando los animales al sol una producción muy significativa ($P=0.0003$) sobre el lote sombra, siendo este día donde se logra la mayor diferencia en la producción de proteína entre lotes (106 gramos de proteína/día superior). Por último se vuelven a detectar diferencias significativas ($P=0.0414$) entre lotes en el control lechero del día 15 (2 de enero).

4.6. RECuento DE CÉLULAS SOMÁTICAS

En el cuadro N° 14 se presentan los datos promedio del conteo de células somáticas de la leche obtenidos según el tratamiento.

Cuadro N° 14. Efecto del ambiente sobre el conteo de células somáticas según la dieta suministrada.

Ambiente Dieta	SOL miles/ml	SOMBRA miles/ml	PROMEDIO miles/ml
Afrechillo ARROZ	311 a	325	318 a
Afrechillo TRIGO	213 b	275	244 b
Promedio	262	399	

A, B en la fila: $P < 0.05$

a, b entre columnas: $P < 0.05$

4.6.1. Efecto Ambiente

A pesar de que los animales a la sombra presentaron un recuento de células somáticas un poco mayor que los animales expuestos al sol, no se encontraron diferencias significativas ($P=0.1870$) por efectos ambientales. Hay que destacar que los lotes de animales no se armaron por un criterio de sanidad a nivel de las ubres, partiendo de análisis anteriores.

4.6.2. Efecto Dieta

La dieta afectó en forma significativa ($P=0.0141$) la cantidad de células somáticas contenidas en la leche, siendo los animales alimentados con afrechillo de arroz los que presentaron mayores conteos.

4.6.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

El efecto “Ambiente*Dieta” afectó en forma significativa ($P=0.0206$) a los animales que permanecían al sol y eran alimentados con afrechillo de arroz, en comparación a los animales que también permanecieron al sol pero consumieron afrechillo de trigo. Esta diferencia en el conteo de CS alcanzó las 97 mil CS/ml del lote afrechillo de arroz sobre el lote afrechillo de trigo en el tratamiento sol.

Para el tratamiento sombra no se encontraron diferencias significativas ($P=0.2282$) entre lotes que recibían diferentes dietas.

4.6.4. Evolución del conteo de células somáticas en la leche en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”)

En general para la mayoría del trabajo el lote sombra presentó mayor conteo de células somáticas/ml en la leche que el lote sol. Hay tres registros importantes para destacar. El primero se da el día 27 (14 de enero) cuando en este control el lote sombra superó al de sol en 114 mil CS/ml. ($P=0.0862$). El otro punto donde existió una tendencia a haber diferencias ($P=0.1144$) fue el día 43 (30 de enero). En este control el lote sombra presentó un recuento de células somáticas de 299 mil CS/ml, en tanto el lote sol 193 mil/ml. En el ultimo control lechero, del día 50 del ensayo (6 de febrero), se encontraron diferencias significativas ($P=0.0358$) entre los dos tratamientos, siendo también el lote sombra el que presentó mayor recuento de células somáticas (420 mil CS/ml para el lote sombra y 279 mil CS/ml para el lote sol).

Figura N° 11. Evolución del conteo de células somáticas según el ambiente

4.7. FRECUENCIA RESPIRATORIA

En el cuadro N° 15 se presentan los datos promedio de la frecuencia respiratoria obtenidos según el tratamiento para los registros relevados los días con ITH > 72.

Cuadro N° 15. Efecto del ambiente sobre la Frecuencia respiratoria según la dieta suministrada dieta relevados los días con ITH>72 (días 28, 40, 42, 47, 49).

Dieta \ Ambiente	SOL respiraciones/min	SOMBRA respiraciones/min	PROMEDIO respiraciones/min
Afrechillo ARROZ	76.5 b	62.6	69.5 b
Afrechillo TRIGO	85.3 a	63.1	74.2 a
Promedio	80.9 A	62.9 B	

A, B en la fila: $P < 0.05$

a, b entre columnas: $P < 0.05$

4.7.1. Efecto Ambiente

Para los días en que el ITH fue igual o superior a 72, la diferencia en la frecuencia respiratoria entre lotes según ambiente fue muy significativa (80.9 vs. 62.9 al sol y a la sombra respectivamente; $P < 0.001$).

4.7.2. Efecto Dieta

La dieta presentó un efecto significativo sobre los valores de frecuencia respiratoria, siendo mayor para los animales suplementados con afrechillo de trigo (74.2 vs. 69.5 para las vacas suplementadas con afrechillo de trigo y con afrechillo de arroz respectivamente; $P = 0.0035$).

4.7.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

Para los días en que el ITH fue igual o superior a 72, los animales del lote al sol alimentados con afrechillo de trigo presentaron una frecuencia respiratoria mayor que los animales alimentados con afrechillo de arroz (85.3 vs. 76.5 para las vacas suplementadas con afrechillo de trigo y con afrechillo de arroz respectivamente; $P < 0.0001$).

En el lote de animales con acceso a sombra, no se encontraron diferencias significativas ($P = 0.88306$) según el tipo de suplementación.

4.7.4. Evolución de la frecuencia respiratoria en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”)

Para los días en que el ITH fue igual o superior a 72, el lote de animales al sol siempre presentó mayor frecuencia respiratoria que los animales a la sombra. En todas las mediciones las diferencias fueron significativas, excepto para el día 40 donde no se registraron diferencias entre lotes.

A nivel de los valores registrados, se destaca el control del día 28 (15 de enero) donde el lote sol alcanzó las 100.5 respiraciones por minuto y el lote sombra 76.6 respiraciones por minuto ($P < 0.0001$).

El día 33 también se destaca por la gran diferencia ($P < 0.0001$) que existió entre el lote sol y el lote con acceso a sombra. En este caso el lote sol alcanzó 71.3 respiraciones por minuto, en tanto el lote sombra llegó a 46.1 respiraciones por minuto.

Figura N° 12. Evolución de la frecuencia respiratoria según el ambiente

4.8. TEMPERATURA RECTAL

En el cuadro N° 16 se presentan los datos promedio de la temperatura rectal obtenidos según el tratamiento para los registros relevados los días con ITH > 72.

Cuadro N° 16. Efecto del ambiente sobre la Temperatura rectal según la dieta suministrada relevados los días con ITH>72 (días 9, 28, 49).

Ambiente Dieta	SOL °C	SOMBRA °C	PROMEDIO °C
Afrechillo ARROZ	40.3 b	39.6	40.0
Afrechillo TRIGO	40.6 a	39.6	40.1
Promedio	40.5 A	39.6 B	

A, B en la fila: $P < 0.05$

a, b entre columnas: $P < 0.05$

4.8.1. Efecto del Ambiente

Para los días en que el ITH fue igual o superior a 72, la diferencia en la temperatura rectal fue muy significativa según el ambiente (40.5 vs. 39.6 al sol y a la sombra respectivamente; $P < 0.001$).

4.8.2. Efecto Dieta

La dieta no tuvo efecto significativo ($P = 0.1847$) sobre la temperatura rectal. Tanto los animales alimentados con afrechillo de arroz y afrechillo de trigo alcanzaron temperaturas similares.

4.8.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

Los animales a la sombra no presentaron diferencias significativas ($P = 0.8173$) en función del tipo de suplementación. En cambio en el lote de animales expuestos al sol, las vacas que consumieron afrechillo de trigo alcanzaron una temperatura rectal significativamente mayor (40.6 °C vs. 40.3 °C al sol y a la sombra respectivamente, $P = 0.0345$).

4.8.4. Evolución de la temperatura rectal en función del ambiente (Efecto “Ambiente*Día”)

El día 9 (27 de diciembre) se tomó el primer registro de temperatura rectal de los animales, y el último registro se realizó el día 49 (5 de febrero).

Durante el primer control (día 9) el lote sol alcanzó una temperatura de 40.9 °C y el lote sombra 39.7 °C ($P<0,0001$).

Encontramos otro pico en la temperatura rectal en el registro del día 28 (15 de enero). En este caso la temperatura llegó a 40.8 °C en el lote sol y de 39.7 °C en el lote sombra, 1 °C menos ($P<0,0001$).

Para el último registro de temperatura rectal, realizado el día 49 (5 de febrero), se vuelven a dar diferencias muy significativas ($P=0,0079$) entre lotes. El lote sol alcanzó una temperatura promedio de 39.7 °C y el lote sombra de 39.3 °C.

Figura N° 13. Evolución de la temperatura rectal según el ambiente

4.9. CONDICIÓN CORPORAL

Los datos de condición corporal (CC) de las vacas fueron analizados utilizando el test de Kruskal-Wallis, dado que la variable analizada, condición corporal, es una variable ordinal, en la que se pueden establecer relaciones de equivalencia y orden, pero no de distancia. El único indicador apropiado para medir si existen o no diferencias es el análisis de la mediana para cada tratamiento. Por ello, a continuación se presenta la distribución de los valores de CC en función de cuantos fueron mayores o menores a la mediana del ensayo y el nivel de significación para cada tratamiento.

Los datos utilizados en este análisis corresponden a los registros de condición corporal relevados durante la ultima semana del ensayo (días 42 y 49).

4.9.1. Efecto Ambiente

La distribución de la CC según ambiente resultó muy significativa ($P<0,001$), siendo mayor la cantidad de los animales que presentaron CC por encima 2.50 (mediana) en el lote con acceso a sombra.

En el cuadro N° 17 se presenta la distribución de valores por encima o por debajo de la mediana de CC según el efecto ambiente.

Cuadro N° 17. Efecto Ambiente sobre la condición corporal

CC	Sol	Sombra
> mediana	8	23
<= mediana	40	18
TOTAL	48	41

4.9.2. Efecto Dieta

La distribución de la CC según el tipo de suplemento suministrado no resultó significativa ($P=0.744$).

En el cuadro N° 18 se presenta la distribución de valores por encima o por debajo de la mediana de CC según el efecto ambiente.

Cuadro N° 18. Efecto Dieta sobre la condición corporal

CC	Afrechillo trigo	Afrechillo arroz
> mediana	14	17
<= mediana	27	31
TOTAL	41	48

4.9.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

La distribución de la CC según la interacción “ambiente*dieta” resultó muy significativa ($P<0.001$).

En el cuadro N° 16 se presenta la distribución de valores por encima o por debajo de la mediana de CC según el efecto ambiente.

Cuadro N° 19. Efecto de la interacción “Ambiente*Dieta” sobre la condición corporal

CC	SOL		SOMBRA	
	Afrechillo trigo	Afrechillo arroz	Afrechillo trigo	Afrechillo arroz
> mediana	6	2	11	12
<= mediana	18	22	13	5
TOTAL	24	24	24	17

Los datos del cuadro muestran que la CC de los animales que recibieron afrechillo de arroz, fue diferente según si el lote permanecía al sol o tenía acceso a la sombra, siendo en este último caso, mejor la CC con respecto a los animales que recibieron afrechillo de trigo.

5. DISCUSIÓN

5.1. PRODUCCIÓN DE LECHE

5.1.1. Efecto Ambiente

El efecto ambiente afectó en forma significativa la producción de leche, pero fue el lote de animales al sol el que logró la mayor producción de leche, aunque esta diferencia fue escasa (23.9 l/día *versus* 23.1 l/día). La mayor producción en el lote de animales al sol se explica fundamentalmente por los controles realizados en la parte inicial del ensayo (días 8, 12 y 22). Estos controles se produjeron durante el primer periodo de mediciones, que como se mencionó, presentó condiciones ambientales más frescas que las registradas durante el resto del ensayo. Cabe destacar además que la producción al inicio del ensayo del lote de vacas al sol era mayor que la producción del lote de vacas con acceso a sombra, por lo cual este resultado puede interpretarse más como una continuación de las diferencias iniciales medidas en este lote que como diferencias resultantes de los tratamientos impuestos a los animales.

Los resultados obtenidos en este ensayo contrastan con los reportados por otros autores nacionales. En el trabajo de Rovira y Padula (1999) llevado a cabo en INIA “La Estanzuela” (cercano al lugar donde se realizó nuestro ensayo), se registró una tendencia a aumento en la producción de leche de 9.8 % en los animales que accedían a sombra natural sobre aquellos que permanecían al sol (12.7 l/día *versus* 11.6 l/día). Azanza y Machado (1997) también registraron una tendencia a un aumento del 8.8 % en las vacas que accedían a la sombra sobre aquellas que fueron expuestas al sol. En tanto, Invernizzi y Marziotte (1998) en un ensayo realizado en Salto (Estación Experimental San Antonio) no encuentran diferencias significativas entre el lote de animales que accedía a un tratamiento de triple confort (sombra, ventilación forzada y humedecimiento en las horas de mayor calor) y el lote de animales al sol (14.2 l/día *vs* 13.6 l/día).

Es posible que en la medida que no hubiese existido una diferencia en la producción inicial de leche entre lotes, las producciones de las vacas tanto al sol como a la sombra fueran similares o inclusive, menores para el lote sol como se discute en el punto 5.1.4 al analizar la persistencia de la producción de cada lote.

5.1.2. Efecto dieta

Al analizar el efecto de la dieta no se encuentran diferencias significativas sobre la producción de leche entre los lotes alimentados con afrechillo de trigo o con afrechillo de arroz. Ello está asociado a que el suministro de los suplementos se realizó sobre una misma base isoenergética y por lo tanto es de esperar que no hubiera diferencias en los

niveles de producción entre lotes según el tipo de suplemento (producción promedio de animales al sol y a la sombra).

5.1.3. Efecto interacción “Dieta*Ambiente”

El efecto de interacción entre el ambiente y la dieta no presentó efectos significativos entre los lotes que permanecieron al sol, pero cuando analizamos el efecto de la dieta en los animales a la sombra vemos que el lote alimentado con afrechillo de trigo logró una mejor producción sobre el lote que consumía afrechillo de arroz.

La falta de respuesta al tipo de suplemento de los animales que permanecían al sol esta de acuerdo con los datos reportados por Knapp y Grummer (1991), quienes no registran repuesta del agregado de lípidos en la ración en un ambiente calido.

La respuesta al tipo de suplemento hallada en los animales con acceso a la sombra puede asociarse a la mayor condición corporal de las vacas suplementadas con afrechillo de arroz a la sombra (ver punto 4.10.3) esto podría indicar que el aporte de energía vía dieta fue valorizado en forma distinta, con un menor aporte a la producción de leche y un mayor aporte al mantenimiento o ganancia de condición corporal.

5.1.4. Efecto “Ambiente*Día”

El trabajo puede dividirse en dos etapas de acuerdo a las condiciones climáticas generales. Entre el día 8 (26/12/2002) y el día 21 (8/1/2003) transcurre la primera etapa del ensayo que se caracteriza por condiciones ambientales más frescas. Es en este periodo que se registran las diferencias mayores en producción de leche (días 8, 12 y 22).

Debe destacarse que en éste análisis, consideramos la asociación entre producción de leche y las condiciones ambientales del día previo al control (ITH día-1) ya que el estrés calórico afecta el consumo (NRC, 1989; Sánchez *et al.*, 1994) y puede por lo tanto repercutir en la producción de leche del día siguiente.

Para los controles de los días 8, 12 y 22, el ITH del día anterior (día-1) estuvo por debajo del valor crítico 72. El ITH del día 7 (25 de diciembre) fue de 68.3, con una temperatura promedio para ese día de 21.9 °C, para el día 11 (28 de diciembre) el ITH registrado fue de 70.7, con una temperatura media diaria de 21.7°C y para el día 21 (8 de enero) la temperatura promedio fue de 22.6 °C y un ITH de 70.1.

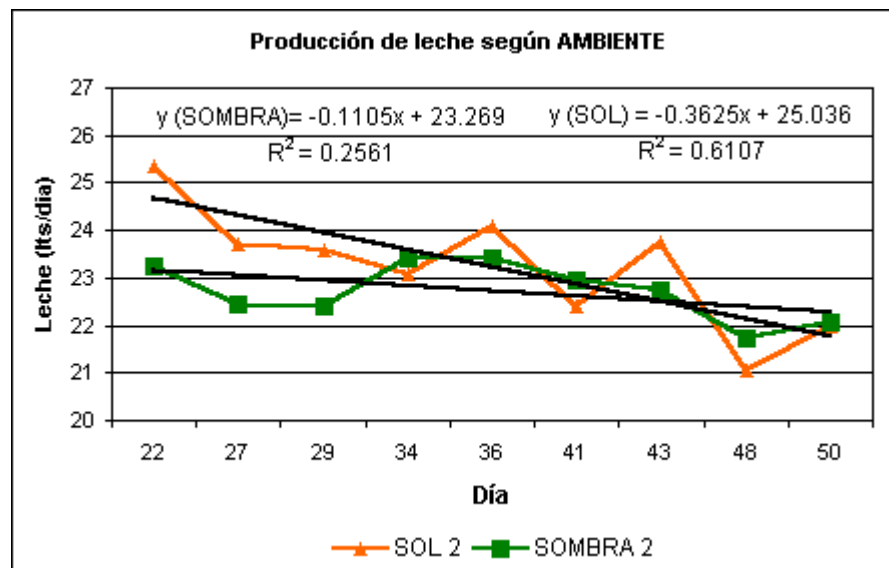
El lote de animales al sol comenzó el período de evaluación (día 8) con un promedio en la producción lechera superior en 1.85 l/día sobre el lote sombra. Esta diferencia se mantuvo durante todo el primer periodo del trabajo (días 8 al 21) que transcurre en

condiciones ambientales más frescas que las registradas en el resto del ensayo. Es posible que el lote al sol no se viera afectado por el ambiente atmosférico dado que no existieron condiciones de estrés calórico para estos primeros tres controles lecheros. Ello coincide con lo reportado por Ravagnolo *et al.* (2000) en un estudio sobre ganado Holando en Georgia (Estados Unidos): la producción de leche se mantenía constante hasta una temperatura ambiente promedio de 24 °C, mientras que por encima de ésta temperatura la producción de leche comenzaba a descender gradualmente.

El segundo periodo comienza el día 22 (9/1/2003) y termina con el ensayo, el día 50 (6/2/2003). Esta fase abarca prácticamente todo enero y los primeros días de febrero, y presenta los días más calurosos.

En este segundo periodo del ensayo, no se registran diferencias significativas en la producción de leche de los controles de los lotes sol y sombra. Para el lote sol, la producción bajó a lo largo de los sucesivos controles, aunque con variaciones (días 36, 43 y 50 la producción sube con respecto al control previo). Para el lote sombra durante este período, la producción descendió entre un control y otro pero la persistencia en la producción fue superior a la que presentó el lote sol.

Figura 14. Producción de leche y persistencia según ambiente desde el control 22 al 50



En la figura 18 se puede observar la menor persistencia del lote al sol, con una tasa de descenso mayor, llegando a 0.36 l/día ($P=0.1208$). En tanto, los animales a la sombra también presentan un descenso, pero éste se realiza a una tasa menor que el lote sol (0.11 l/día) ($P=0.0314$).

Si relacionamos las variaciones en la producción de leche de ambos lotes con el ITH del día previo al control lechero, encontramos una asociación significativa tanto para el lote al sol como para el lote a la sombra. En las figuras 15 y 16 se grafica la relación entre la producción de leche y el ITH (día-1).

Figura 15. Variación de la producción de leche en función del ITH día-1 para el lote Sol.

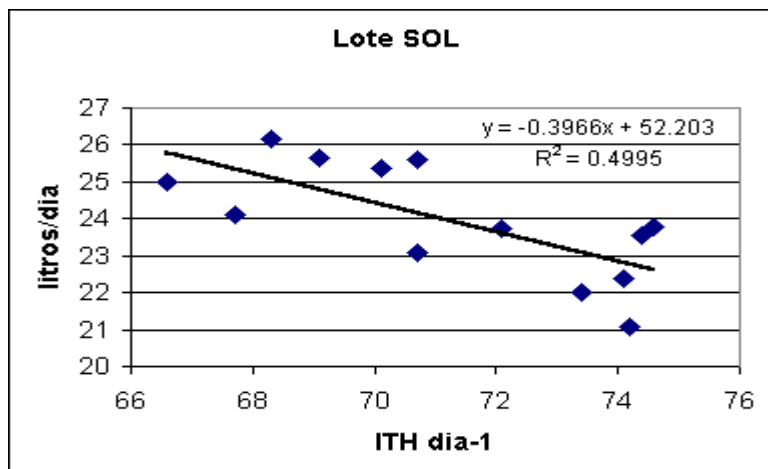
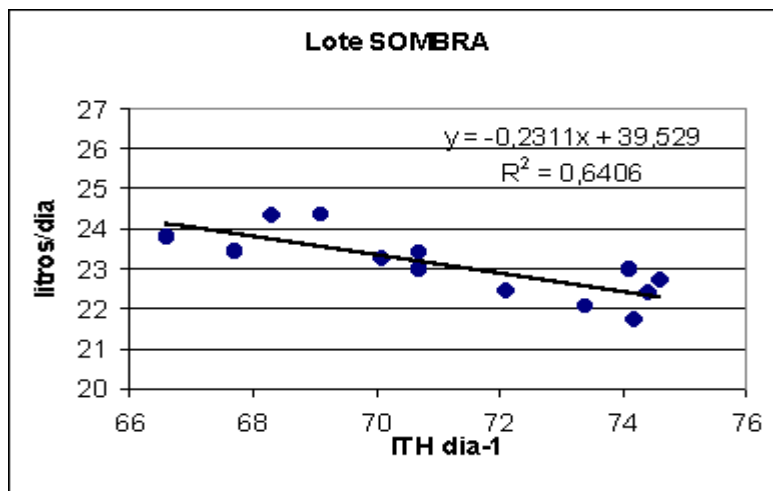


Figura 16. Variación de la producción de leche en función del ITH día-1 para el lote Sombra.



Encontramos que a medida que el ITH del día anterior al control aumenta, la producción de leche disminuye. Para el lote sol, la caída es de 0,40 litros por cada unidad de aumento en el ITH en el rango entre 66 y 76 ($P=0.0069$) mientras que para el lote sombra la tasa de descenso es menor, 0,23 litros por cada aumento en una unidad de ITH para el mismo rango ($P=0.0010$). Los animales con acceso a la sombra presentan una

producción más estable en el tiempo, a pesar de estar sometidos al mismo índice de temperatura-humedad que los animales al sol.

Diferentes trabajos indican que la producción de leche cae a medida que el ITH aumenta. La tasa de descenso varía de acuerdo a la intensidad del ITH. Ingraham (1979, citado por West, 2003) estimó un descenso de 0.32 litros de leche por cada unidad de aumento en el ITH. En tanto Ravagnolo *et al.* (2000) indican que a partir de un ITH de 72 la tasa de disminución es de 0.2 litros por cada unidad de incremento del ITH. Las tasas de descenso registradas en nuestro trabajo para los animales al sol son mayores aún que las reportadas en estos trabajos.

5.2. CONTENIDO Y PRODUCCION DE GRASA.

5.2.1. Efecto Ambiente

El lote de animales con acceso a sombra presentó mayores contenidos de grasa en la leche con respecto a los animales al sol (3.40 % en el lote sombra y 3.28 % en el lote al sol). En cambio al evaluar la producción diaria de grasa, el ambiente no tuvo efecto significativo.

Diferentes trabajos han demostrado que existe una depresión en el porcentaje de grasa como resultado de la exposición al estrés calórico (Laben *et al.*, 1963; Moddy *et al.*, 1967; Rodriquez *et al.*, 1985; citados por Ominski *et al.*, 2002). La disminución en el porcentaje de grasa resultado de la exposición al calor sería consecuencia del descenso en el consumo de forraje y subsecuentemente los cambios producidos en la relación ruminal de acetato:propionato (Collier, 1985; citados por Ominski *et al.*, 2002).

En otros trabajos el porcentaje de grasa no se vio afectado por el cambio en el ambiente (Maust *et al.*, 1972; Mallonée *et al.*, 1985; citados por Ominski *et al.*, 2002). Es así que en los trabajos anteriores realizados en nuestro país no se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de grasa según el ambiente. Azanza y Machado (1997) no lograron diferencias significativas entre un grupo de animales que accedía a la sombra natural y otro que permanecía al sol (3.68 % en promedio para ambos lotes). Resultados similares obtienen Rovira y Padula (1999) en “La Estanzuela”, donde no encuentran diferencias significativas para el porcentaje de grasa (3.83 % al sol vs 3.73 % a la sombra). En ambos trabajos se indica que la producción diaria de grasa fue mayor en el lote de animales que accedía a la sombra debido a la mayor producción de leche.

5.2.2. Efecto Dieta

Cuando analizamos el efecto del tipo de suplemento sobre el porcentaje de grasa, encontramos que éste tuvo un efecto muy significativo cuando la dieta suministrada fue afrechillo de trigo (3,53 % para el lote afrechillo de trigo y 3,16 % para el lote afrechillo

de arroz). Esto quizás se deba al efecto que tienen las dietas ricas en pared celular digestible sobre la fermentación ruminal, al favorecer la producción de ácido acético que es precursor de ácidos grasos de cadena corta y media en la leche.

El efecto de la dieta sobre la producción de grasa diaria presenta resultados similares al encontrado sobre el porcentaje de grasa. Existe un efecto muy significativo en la producción de grasa del lote alimentado con afrechillo de trigo sobre el alimentado con afrechillo de arroz (830 g/día en el lote afrechillo de trigo y 742 g/día en el lote afrechillo de arroz). Esto puede explicarse debido a la mayor producción de leche del lote alimentado con afrechillo de trigo (23.8 l/a/día para los animales alimentados con afrechillo de trigo y 23.2 l/día para los animales alimentados con afrechillo de arroz, aunque las diferencias no son significativas) y al mayor porcentaje de grasa en el lote al que se le suministró afrechillo de trigo.

5.2.3. Efecto “Dieta*Ambiente”

Considerando la interacción del ambiente con el tipo de suplemento encontramos que los animales alimentados con afrechillo de trigo alcanzaron un porcentaje de grasa significativamente superior en comparación a los animales alimentados con afrechillo de arroz tanto al sol como a la sombra. En cambio, al analizar la producción de grasa diaria, solo los animales con acceso a sombra presentaron diferencias significativas según el tipo de suplemento. En este caso las vacas que recibieron afrechillo de arroz presentaron menores producciones de grasa lo cual como ya se mencionó, debería relacionarse a la mejora en la condición corporal registrada en este lote (ver punto 4.10.3).

5.2.4. Efecto “Ambiente*Día”

Las variaciones en el contenido de grasa de la leche deben analizarse en asociación a las variaciones en el volumen de leche producido en el mismo control lechero.

Es así que el porcentaje de grasa presenta diferencias significativas a favor del lote sombra el día 15 (2 de enero) (3.43 % el lote sombra y 3.15 % el lote sol) y luego en el siguiente control, del día 22 (9 de enero) se encuentra una tendencia también mayor en el lote sombra (3.28 % en el lote sombra y 3.06 % en el lote sol). Estos dos controles corresponden a menores producciones de leche registradas en el lote con acceso a la sombra en comparación al lote sol por lo cual estas diferencias pueden estar explicadas por un efecto “concentración” de la materia grasa en menos volumen de leche.

Por el contrario, la producción de grasa presenta diferencias significativas a favor del lote sol en los controles de los días 8 (26 de diciembre) y 12 (30 de diciembre). En estos controles la mayor producción de grasa está explicada básicamente por el mayor volumen de leche producido en los animales al sol.

5.3. CONTENIDO Y PRODUCCION DE PROTEÍNA

5.3.1. Efecto Ambiente

El ambiente no afectó el porcentaje de proteína en la leche, pero sí incrementó la producción de proteína en el lote al sol. La producción media del lote sol alcanzó los 725 g/día y el lote sombra 690 g/día. Esta diferencia podría explicarse por el mayor volumen de leche producido por el lote sol en los primeros días del ensayo, durante la etapa más fresca (día 8 a 21).

Estos resultados concuerdan en parte con los hallados por Rovira y Padula (1999) quienes no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de proteína entre los tratamientos evaluados (3.45 % con sombra *versus* 3.42 % sin sombra), pero lograron un aumento de 10.31 % ($P < 0.05$) en los kilogramos diarios de proteína producida por las vacas que accedían a la sombra, por un aumento en la producción de leche de 9.83 % del lote de sombra sobre el lote de vacas que permanecía al sol. Resultados similares hallaron Azanza y Machado (1997).

5.3.2. Efecto Dieta

El porcentaje de proteína no se vió afectado por el tipo de suplementación ni tampoco lo fue la producción diaria de proteína. Ello es coincidente con el aporte isoenergético de las dietas, y por tanto no hubo un aporte diferencial de energía que incidiera en una diferente síntesis de proteína láctea en función del suplemento.

5.3.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

Cuando consideramos el efecto ambiente por dieta encontramos que los animales al sol suplementados con afrechillo de arroz presentaron una tendencia a mayores porcentajes de proteína que el lote alimentado con afrechillo de trigo (3.02 % para el lote afrechillo de arroz y 2.98 % para el alimentado con afrechillo de trigo). Esto podría indicar que el aporte de energía a través del mayor contenido de lípidos en el afrechillo de arroz afectaría en forma positiva la síntesis de proteína en condiciones de estrés calórico, ya que en este caso no hubo diferencia en el volumen de leche producido entre las vacas que permanecían al sol. Estos resultados contrastan con los hallados por Knapp y Grummer (1991), donde la dieta adicionada con 5 % de grasa no presentó efectos significativos ($P > 0.05$) sobre el porcentaje y producción de proteína con respecto a los valores alcanzados por los animales que recibían una dieta sin adición de grasa.

A la sombra, la producción diaria de proteína tiende a ser mayor en el lote de animales alimentados con afrechillo de trigo, pero en éste caso la diferencia esta explicada por el mayor volumen de leche que logran las vacas alimentadas con afrechillo de trigo (23.6

l/día para las alimentadas con afrechillo de trigo y 22.5 l/día para las vacas del lote afrechillo de arroz).

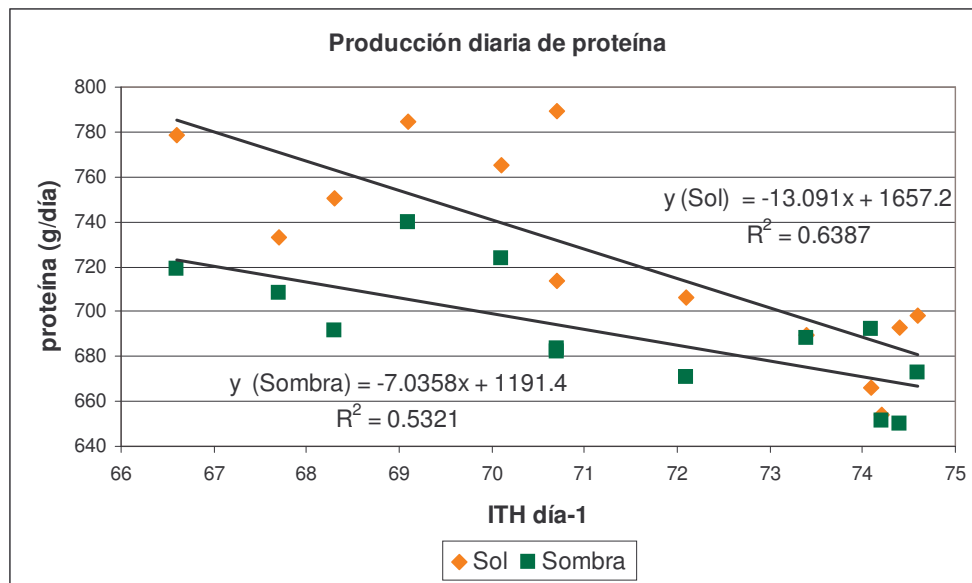
5.3.4. Efecto “Ambiente*Día”

Si analizamos la producción de proteína, vemos que el lote expuesto al sol presentó una producción de proteína superior al lote sombra desde el inicio del ensayo hasta el día 15, momento a partir del cual la producción diaria de proteína para los dos tratamientos no se diferenció.

Ello coincide con el primer período, menos caluroso. Al incrementarse las temperaturas y el ITH durante el segundo período, la producción diaria de proteína tiende a descender más rápido en el lote al sol que en el lote a la sombra.

En la figura siguiente se observa la relación entre la producción diaria de proteína y la variación del ITH previo al control lechero.

Figura N° 18. Variación de la producción diaria de proteína en función del ITH día-1 para los tratamientos sombra y sol



Al aumentar en una unidad el ITH el día previo al control lechero, la producción diaria de proteína láctea disminuye 13 g en el lote de animales que permanece al sol ($P=0.0010$), mientras que en el caso de los animales con acceso a sombra, esta disminución es casi la mitad, 7 g ($P=0.0046$). Ravagnolo *et al.* (2000) encontraron que la producción promedio de proteína en la leche de vacas Holando descende 9 g/ unidad de ITH que se incrementa, a partir de un ITH crítico de 72.

La disminución en la producción de proteína de la leche puede ser resultado del menor consumo de energía por efecto en el descenso en la ingesta de materia seca en ambientes cálidos (Emery, 1978, citado por Itoh *et al.*, 1998; Hubert *et al.*, 1994). Cuando la temperatura ambiente sobrepasa los 40 °C, el consumo puede llegar a reducirse entre un 20 y 40 % comparado con aquellos animales en condiciones termoneutras (Sánchez *et al.*, 1994).

5.4. VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA RESPIRATORIA Y DE LA TEMPERATURA RECTAL

5.4.1. Efecto Ambiente

La temperatura rectal registrada en los días con ITH superior a 72 fue afectada en forma muy significativa ($P < 0,001$) por el ambiente. El lote de animales al sol presentó una temperatura rectal de 40.5 °C, en tanto el lote con acceso a sombra alcanzó una temperatura de 39.6 °C, prácticamente 1 °C menos. Esta diferencia en la temperatura rectal para los animales expuestos al sol ya ha sido señalada, incluso se indica que esta diferencia alcanza 1.5 °C (Igono *et al.*, 1987 y Wilson *et al.*, 1998). No obstante, la temperatura rectal del lote con acceso a sombra también fue relativamente elevada si tenemos en cuenta que la temperatura rectal normal del ganado Holando es de 38.6 ± 0.2 °C (Flamenbaum, 1986; citado por Invernizzi y Marziotte, 1998; De la Sota, 1995).

La frecuencia respiratoria promedio en los días con ITH superior a 72 también se ubicó muy por encima de los valores normales y las diferencias entre los dos tratamientos fueron muy significativas ($P < 0.0001$). El lote sol en promedio llegó a las 80.9 respiraciones/minuto y los animales a la sombra 74.2 respiraciones/minuto. La frecuencia respiratoria basal en las vacas es de unas 20 respiraciones/minuto (Thomas y Pearson, 1986; Valtorta *et al.*, 1998), pero cuando la temperatura ambiente supera los 25 °C la frecuencia respiratoria comienza a incrementarse por encima de las 50-60 respiraciones/minuto (Berman *et al.*, 1985; citados por Kadzere *et al.*, 2002).

En un trabajo llevado a cabo en la Estación Experimental San Antonio (Salto) se registraron valores de frecuencia respiratoria similares a los reportados en este trabajo: el grupo de vacas Holando que permanecía al sol presentó una frecuencia respiratoria de 94 respiraciones/minuto en tanto el grupo de vacas que accedía a la sombra y se humedecía (grupo de confort) presentó un promedio de frecuencia respiratoria significativamente menor, de 37 respiraciones/minuto medido a las 16:30.

Los resultados tanto de temperatura rectal como de frecuencia respiratoria observados en los animales del lote al sol indican una situación de estrés calórico. No obstante, los animales con acceso a la sombra también presentaron valores que están lejos de los valores reportados en situación de confort térmico.

5.4.2. Efecto Dieta

La dieta afectó la frecuencia respiratoria pero no a la temperatura rectal. La frecuencia respiratoria para los días con ITH>72 fue de 69.5 respiraciones/minuto para el lote suplementado con afrechillo de arroz y 74.2 respiraciones/minuto en los alimentados consumiendo afrechillo de trigo. Estos resultados van en el sentido de que la formulación de dietas con suplemento lipídico es un posible medio para reducir el estrés calórico en ganado lechero debido al alto contenido energético y el bajo incremento calórico que produce su fermentación en rumen en relación a otros nutrientes (Austic, 1985; citado por Knapp y Grummer, 1991; Coppock, 1985, citado por West, 2003).

5.4.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

La interacción “Ambiente*Dieta” presenta diferencias significativas en los animales expuestos al sol. La dieta afrechillo de trigo, más rica en fibra favorece el incremento calórico y repercute en un aumento de la temperatura rectal en comparación a los animales consumiendo una dieta considerada “fría” como lo es el afrechillo de arroz rica en lípidos y por lo tanto con un tipo de energía que disminuye el incremento calórico resultante de la digestión ruminal. Estos animales, es decir el lote al sol y alimentado con afrechillo de trigo también presentaron en promedio una mayor frecuencia respiratoria que el lote alimentado con afrechillo de arroz.

A la sombra, la frecuencia respiratoria entre dietas no presentó diferencias significativas, ni tampoco fueron distintos los valores registrados de temperatura rectal.

5.4.4. Efecto “Ambiente*Día”

Para todas las mediciones de temperatura rectal realizadas en los días con ITH>72, el lote sol siempre presentó mayor temperatura que los animales a la sombra.

Se destacan dos días donde los registros fueron muy elevados, estos son el día 9 y el 28. El lote sol alcanza los mayores registros en estos días, 40.9 °C en el día 9 y 40.8 °C para el 28. Para este último día la mayor temperatura rectal coincide también con la mayor frecuencia respiratoria (100.5 respiraciones/minuto) en el lote sol, medido a las 15:00. El ITH de ese día fue de 74.7 y la temperatura media de los globos negros al sol de 45.2 °C al sol y de 33.2 °C a la sombra. Estos valores coinciden con los reportados por Johnson *et al.* (1959, citados por Kadzere *et al.*, 2002) a temperaturas de 32 °C y superiores.

5.5. VARIACIÓN EN LA CONDICIÓN CORPORAL

5.5.1. Efecto Ambiente

La cantidad de animales a la sombra que lograron una mejor condición corporal fue mayor significativamente que la proporción de los animales expuestos al sol hacia el final del ensayo ($P=0.001$). Esto podría estar indicando un deterioro de la CC de lote de vacas expuestas al sol.

Según Webster (1982), los cambios hormonales producidos por un estrés calórico difieren si éste es agudo o prolongado. La respuesta hormonal a cualquier estrés agudo se denomina “reacción de alarma” e involucra un rápido aumento en la secreción de hormonas de la corteza y médula de la glándula adrenal. En los bovinos la principal acción metabólica de las catecolaminas es la de movilizar los sustratos ricos en energía para los procesos de catabolismo. Esto implica principalmente la lipólisis del tejido adiposo (blanco), pero las catecolaminas también estimulan la glucogenólisis e incrementa el catabolismo y la gluconeogénesis a partir de los aminoácidos musculares. La consecuencia global de la reacción de alarma sería la pérdida, en forma de calor de la energía almacenada (Yousef y Johnson, 1967 citados por Webster, 1982) y de la proteína en forma de urea y de creatinina (Ashmore y Morgan, 1967, citados por Webster, 1982).

Es posible pensar, que en las condiciones de nuestro ensayo, donde las condiciones ambientales variaban entre periodos con condiciones de estrés calórico (días con $ITH > 72$) y periodos con condiciones menos estresantes desde el punto de vista ambiental, las respuestas que presentan los animales sean de tipo “alarma”, es decir respuesta a estrés calórico en periodos breves pero agudos. Si así fuera, es posible que ello pudiese explicar la mayor proporción de vacas con menores CC a la mediana (2.50) observada en el lote de vacas expuestas al sol.

5.5.2. Efecto Dieta

El tipo de suplemento suministrado no tuvo efecto sobre la proporción de vacas con CC superior a la media entre tratamientos, pero sí se observó un efecto al analizar la interacción entre “ambiente*dieta”.

5.5.3. Efecto “Ambiente*Dieta”

En el tratamiento sol no se verificaron diferencias significativas entre las dietas, sin embargo, a la sombra hay una mayor condición corporal de los animales consumiendo afrechillo de arroz. Este efecto puede estar asociado a un aporte de energía vía lípidos que provocaría un menor incremento calórico y por lo tanto contribuiría en menor medida a elevar el estrés calórico de los animales (habría menores pérdidas por

termorregulación). No obstante, es de destacar que esta variación (mejoría) de la condición corporal a la sombra con el afrechillo de arroz, va asociada a una menor producción de leche ($P=0.0804$), por lo cual el mejor estado nutricional no redundó en una mejor utilización de la energía para la producción.

6. CONCLUSIONES

La producción tuvo una asociación negativa con el ITH del día previo al control lechero, como así también la producción de proteína, aunque la amplitud de las disminuciones fue menor para los animales con acceso a sombra. Se concluye que a pesar de no ser numerosos los días con ITH superior a 72 (19 días en 50 que duró el ensayo), se registra una mejoría en la producción de leche y de proteína por efecto de suministrar sombra a las vacas durante el período del día de más calor (10:00 a 16:00). Este efecto se manifiesta por una mayor persistencia de la producción de leche (y por lo tanto de proteína) y por una condición corporal mayor con respecto al lote que permaneció al sol.

Por otro lado, la temperatura rectal y la frecuencia respiratoria en los días con ITH superior a 72 mostraron valores altos en los animales que permanecieron al sol, pero también en los animales con acceso a sombra, evidenciando que no se alcanzaron las condiciones de confort térmico en este último caso.

Con respecto al tipo de suplemento (afrechillo de trigo o afrechillo de arroz), se concluye que en las condiciones de este ensayo, no habría mayores ventajas en suministrar uno u otro tipo de suplemento para paliar los efectos del estrés calórico sobre la producción de leche ni de sólidos.

7. RESUMEN

El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto del acceso a la sombra y del tipo de suplementación sobre la producción de sólidos de la leche de vacas Holando durante el verano. El ensayo se realizó en Picada Benítez (Colonia) desde el 19/12/02 al 6/02/03. Los tratamientos surgen de un arreglo factorial con dos niveles, para efecto sombra (sin y con sombra entre las 10:30 y las 17:00) y dos tipos de suplementación, rica en lípidos, afrechillo de arroz; pobre en lípidos, afrechillo de trigo (4 kg de afrechillo de trigo y 3,2 kg de afrechillo de arroz). Se utilizaron 48 vacas de la raza Holando y se realizaron cuatro lotes de 12 vacas cada uno, según producción de leche (22.7 l/día), días de lactancia (107.5 días) y número de lactancia (3.5). Se midió producción de leche, contenido de grasa y proteína y frecuencia respiratoria dos veces por semana y temperatura rectal y condición corporal una vez por semana. Adicionalmente, se utilizaron dos globos negros o Esferas de Vernon que se ubicaron en sitios representativos de las condiciones ambientales en las que estaban los animales de los diferentes tratamientos: uno se ubicó dentro del monte de Eucalyptus sp. donde se mantenían a la sombra a los lotes del tratamiento “Sombra” y el restante globo negro se mantuvo en una zona descampada donde recibía el sol continuamente. Se llevaron a cabo tres mediciones diarias de la temperatura en globo negro: a las 10:00 hs., a las 14:00 hs y a las 17:00hs. La producción de leche fue significativamente mayor ($P=0.0507$) en el lote de animales que permanecieron al sol (+0.9 l/día) pero esta diferencia se explica fundamentalmente por la producción en los primeros 20 días asociada a una continuación de las diferencias en producción medidas en este lote al inicio del ensayo. No obstante, al aumentar las temperaturas en el mes de enero, la producción de los animales al sol tendió a disminuir de manera más pronunciada que en el lote con acceso a sombra (0.36 vs. 0.11 l/d al sol y a la sombra respectivamente, después control lechero día 22). En este sentido se observó que la producción de leche presentó una asociación importante con el ITH del día anterior al control lechero: la producción de leche disminuyó 0.40 litros para el lote sol y 0.23 litros para el lote sombra por cada unidad incremental del ITH del día anterior al control. La producción de proteína presentó una relación similar, con una disminución de 13 g para el lote sol y de 7 g para el lote sombra por cada unidad incremental del ITH del día anterior al control lechero. Los animales que permanecieron al sol presentaron mayor Temperatura Rectal ($P<0.001$), prácticamente 1°C más que el lote con acceso a la sombra para los días con ITH superior a 72. También fue mayor la Frecuencia Respiratoria ($P<0.001$), indicando que estos animales presentaron estrés calórico y que la vía de la ventilación no alcanzó a ser totalmente efectiva ya que se registró un mayor descenso en la producción de leche y en la producción de proteína a medida que aumentó el ITH en comparación al lote de animales con acceso a sombra. Se concluye que a pesar de no ser numerosos los días con ITH superior a 72 (19 días en 50 que duró el ensayo), se registra una mejoría en la producción de leche y de proteína por efecto de suministrar sombra a las vacas durante el período del día de más calor (10:00 a 16:00). Este efecto se

manifiesta por una mayor persistencia de la producción de leche (y por lo tanto de proteína) y por una condición corporal mayor con respecto al lote que permaneció al sol.

El tipo de suplemento no tuvo impacto en la producción de leche, ni en la producción de proteína, aunque sí se observó un efecto en una mayor producción de grasa ($P < 0.001$) cuando se suministró un suplemento rico en pared celular digestible (afrechillo de trigo). Al analizar la interacción entre el ambiente y tipo de suplemento, se constató que los animales que permanecieron al sol y recibieron el suplemento lipídico (afrechillo de arroz) presentaron menores Frecuencia Respiratoria ($P < 0.001$) y Temperatura Rectal ($P = 0.0345$) en comparación a aquellos que recibieron el suplemento rico en pared celular (afrechillo de trigo), pero ello no repercutió en mayores producciones de leche, ni de proteína, ni de grasa. Se concluye que en las condiciones de este ensayo, no habría mayores ventajas en suministrar uno u otro tipo de suplemento para paliar los efectos del estrés calórico sobre la producción de leche ni de sólidos.

8. SUMMARY

The objective of the work was to study the effect of the access to shade and of the type of supplement on the production of solids of the Holstein cows' milk during the summer. The essay was carried out in Picada Benítez (Colonia) from 19/12/02 to 06/02/03. The treatments arise from a factorial arrangement with two levels, for effect "Shade" (with and without shade between 10:30 am and 5:00 pm) and two types of supplement: rich in lipids: rice bran and poor in lipids: wheat bran (4 kg of wheat bran and 3.2 kg of rice bran). Forty eight Holstein cows were used and they were grouped in four lots of twelve each one according to the production of milk (22.7 l/day), days of lactation (1107.5 days) and lactation number (3.5). The production of milk, content of fat and protein and respiratory frequency were measured twice a week and rectal temperature and corporal condition were measured once a week. Additionally, two black globes or Spheres of Vernon were used, which were located in representative places of the environmental conditions where the animals under the different treatments were: one was situated in the Eucalyptus sp. Forest where the lots of treatment Shade were kept, and the remaining black globe was kept in the open country where it received sun continuously. Three measurements of the daily temperature in the black globes were carried out: at 10:00 am, at 2:00 pm and at 5:00 pm. The production of milk was significantly greater ($P=0.0507$) in the lot of animals which remained in the sun (+0.9 l/day), but this difference is explained fundamentally by the production in the first 20 days associated to a continuation of the differences in production measured in this lot at the beginning of the essay. Nevertheless, as temperatures increased in the month of January, the production of animals in the sun tended to decrease in a more remarkable way than in the lot with access to the shade (0.36 vs. 0.11 l/day in the sun and in the shade respectively after the milk control on day 22nd.) In this sense, it was observed that the production of milk presented an important association with the ITH of the day before the milk control: the production of milk decreased 0.40 litres for the lot Sun and 0.23 litres for the lot Shade per each incremental unit of ITH of the day before the control. The production of protein presented a similar relation, with a decrease of 13g for the lot Sun and a decrease of 7 g for the lot Shade for each incremental unit of ITH of the day before the milk control. The animals that remained in sun presented higher rectal temperature ($P<0.001$), practically 1°C more than the lot with access to the shade during the days with ITH superior to 72. Respiratory frequency ($P<0.001$) was also higher, indicating that these animals presented caloric stress and that the ventilation via was not effective enough since a greater decrease was registered in the production of milk and in the production of protein as the ITH increased in comparison to the lot of animals with access to shade. It is concluded that, in spite of the fact that the number of days with an ITH superior to 72 was not high (19 days out of 50 – length of the essay), it is registered an improvement in the production of milk and protein as a consequence of supplying cows with shade during the hottest period of the day (from 10:00 am to 4:00 pm). This effect is manifested by a greater persistence of the production of milk (and therefore of protein) and by a greater corporal condition with regard to the lot that remained in the sun.

The type of supplement did not have any impact, neither on the production of milk nor on the production of protein; though an effect was observed in a greater production of fat ($P < 0.001$) when a supplement rich in digestible cell wall (wheat bran) was supplied. By analyzing the interaction between the environment and the type of supplement, it was verified that the animals which remained in the sun and received the lipoid supplement (rice bran) presented smaller respiratory frequency ($P < 0.001$) and rectal temperature ($P = 0.0345$) in comparison to those that received the supplement rich in cell wall (wheat bran), but this did not rebound on greater productions of milk, protein or fat. It is concluded that under the conditions of this essay, there would not be major advantages in supplying one or another type of supplement to palliate the effects of caloric stress over the production of milk or solids.

9. BIBLIOGRAFÍA.

1. ARMSTRONG, D.V.. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. J.Dairy Sci.77:2044-2050.
2. ATTEBERY, J.T.; JOHNSON, H.D..1968. Effect of environmental temperature controlled feeding and fasting on rumen motility. J. Anim. Sci. 29:734-737.
3. AZANZA, J.;MACHADO, E..1997. Efecto de la disponibilidad de sombra en verano, en vacas lecheras con distintos niveles de producción. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 98 p.
4. BARTABURU, D.. 2002. Estrés calórico en el ganado lechero. Curso de lechería. Sociedad de Fomento Rural de Colonia Valdense-Instituto Plan Agropecuario-Facultad de Agronomía. 10 p.
5. BECOÑA, G.; CASELLA, M.P..1999 Efecto de la sombra sobre el comportamiento animal en terneros Holando y Hereford en el período estival. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 97 p.
6. BLOCK, E..1994. Manipulation of dietary cation-anion difference on nutritionally related production diseases, productivity, and metabolic responses of dairy cows. J. Dairy Sci. 77:1437-1450.
7. CUMMINS, K.A..1992. Effect of dietary acid detergent fiber on responses to high environmental temperature.J. Dairy Sci. 75:1465-1471.
8. CRUZ, G.; SARAVIA, C.. 2001. Cuantificación de un Índice de estrés térmico para vacas lecheras en el norte de la República Oriental del Uruguay. *In* CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA,12. 2001, Fortaleza, CE. Anais, Fortaleza: Sociedad Brasileira de Agrometeorologia/ FUNCEME. 2001. 938 p. p.755-756. Dirección Nacional de Meteorología. Normales climatológicas. Periodo 1961-1990. Montevideo. 1996. 20p.
9. FUQUAY, J.W.. 1981. Heat stress as it affects animal productions. J. Anim. Sci. 52(1):165-174.
10. GALLARDO, M.R.; VALTORTA, S.E.; LEVA, P.E.; CASTRO, H.C.; MAIZTEGUI, J.A.. 2001. Hydrogenated fish fat for grazing dairy cows in summer. Int. J. Biometeorol. 45(3):111-114.
11. HUBER, J.T.; HIGGINBOTHAM,G.; GÓMEZ-ALARCÓN, R.A.; TAYLOR, R.B.; CHEN, K.H.; CHAN, S.C.; WU, Z.. 1994. Heat stress interactions with protein, supplemental fat, and fungal cultures. J. Dairy Sci. 77:2080-2090.

12. IGONO, M.O.; STEEVENS, B.J.; SHANKLIN, M.D.; JOHNSON, H.D..1985. Spray cooling effects on milk production, milk, and rectal temperatures of cows during a moderate temperature summer season. J. Dairy Sci. 68(4):979-985.
13. INVERNIZZI, G.;MARZIOTTE, G..1998. Efecto de diferentes confort térmico sobre la producción de leche en verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 109 p.
14. ITOH, F.; OBARA, Y.; ROSE, M.T.; FUSE, H.; HASHIMOTO, H..1998. Insulin and glucagon secretion in lactating cows during heat exposure. J. Anim. Sci. 76:2182-2189.
15. JAHN, E.; ARREDONDO, S.; BONILLA,W.; DEL POZO, A.. 2002. Efecto de la temperatura y la suplementación energética sobre la producción de leche en vacas lecheras a pastoreo. Agricultura Técnica, Chile. 62 (2): 245-254.
16. JOHNSON, H.D., 1987. Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production. *In* Bioclimatology and the Adaptation of Livestock. Elsevier, Amsterdam, pp 35-37.
17. KADZERE, C.T.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E..2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. Livestock Production Science. 77(1):59-91.
18. KEISTER, Z.O.; MOSS, K.D.; ZHANG, H.M.; TEEGERSTROM,T.; EDLING, R.A.; COLLIER, R.J.; AX, R.L.. 2002. Physiological responses in thermal stressed jersey cows subjected to different management strategies. J. Dairy Sci. 85:3217-3224.
19. KNAPP,D.M; GRUMMER, R..1991. Response of lactating dairy cows to fat supplementation during heat stress. J Dairy Sci. 74:2573-2579.
20. LOUGH, D.S.; BEEDE, D.L.; WILCOX, C.J..1990. Effects of feed intake and thermal stress on mammary blood flow and other physiological measurements in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 73:325-332.
21. LUZBEL DE LA SOTA, R..1995. Manejo reproductivo de rodeos de alta producción bajo condiciones de estrés térmico. *In* El estrés por calor y su impacto en rodeos de alta producción lechera. Centro Regional Santa Fé. pp 25-35.
22. MAGDUB, A.; JOHNSON, H.D.; BELYEA, R.L.. 1982. Effect of environmental heat and dietary fiber of thyroid physiology of lactating cows. J. Dairy Sci.65:2323-2332.
23. MCGUIRE, M.A.; BEEDE, D.K.; COLLIER R.J.; BUONOMO, F.C.; DE LORENZO, M.A.; WILCOX, C.J.; HUNTINGTON, G.B.; REYNOLDS,

- C.K..1991. Effects of acute thermal stress and amount of feed intake on concentrations of somatotropin, insulin-like growth factor (IGF)-I and IGF-II, and thyroid hormones in plasma of lactating Holstein cows. J. Anim. Sci. 69:2050-2056.
24. MURPHY, M.R..1992. Water metabolism of dairy cattle. *In* Symposium: nutritional factors affecting animal water and waste quality. J. Dairy Sci. 75:326-333.
 25. OMINSKI, K.H.; KENNEDY, A.D.; WITTENBERG, K.M.; MOSHTAGHI NIA, S.A.. 2002.Physiological and production responses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short term, moderate heat stress.J. Dairy Sci. 85:730:737.
 26. PADULA, G. D.; ROVIRA, R..1999. efecto de la suplementación con un estimulante comercial de la fisiología digestiva ruminal (BOSPRO®) y de la sombra, sobre rendimiento de leche y sólidos con valor comercial, el recuento de células somáticas y la variación de peso vivo, condición corporal, en vacas lecheras en el último tercio de la lactancia. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.71 p.
 27. RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I.; HOOGENBOOM, G..2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. J. Dairy Sci. 83:2120-2125.
 28. RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I..2002. Effect of heat stress on nonreturn rate in Holsteins: Fixed-Model Analyses. J. Dairy Sci. 85:3101-3106.
 29. REARTE, D.H.. 1992. Alimentación y composición de la leche en los sistemas pastoriles. CERBAS-INTA, Balcarce, Argentina. 94 p.
 30. RODRIQUEZ, L.A.; MEKONNEN, G.; WILCOX, C.J.; MARTIN, F.G.; KRIENKE, W.A..1985. Effects of relative humidity, maximum and minimum temperature, pregnancy, and stage of lactation on milk composition and yield. J. Dairy Sci. 68(4): 973-978.
 31. ROOK, J.A.F. 1982. Influencias nutricionales sobre la calidad de la leche. *In* Principios para la producción ganadera. Swan y Broster ed., Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. pp 217-230.
 32. SANCHEZ, W.K.; MCGUIRE, M.A.; BEEDE, D.K..1994. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: review and original research. J. Dairy Sci. 77:2051-2079.

33. SARAVIA, C.; CRUZ, G..2003. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. Nota Técnica N° 50. 36 p.
34. SARAVIA, C.; CRUZ, G.; FRANCO, J..2001. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. Cálculo del Índice de temperatura y humedad diario y su estimación a partir de un mínimo de registros. Trabajo realizado en el marco de un proyecto financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República.
35. SARAVIA, C.; BENTANCUR, O.; CRUZ, G.. 2003. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. Caracterización de diferentes situaciones del ambiente utilizando esferas de Vernon.
36. SCHNEIDER, P.L.; BEEDE, D.K.; WILCOX, C.J..1988. Nyctemeral patterns of acid-base status, mineral concentrations and digestive function of lactating cows in natural or chamber heat stress environments. J. dairy Sci. 66:122-155.
37. SHALIT, U.; MALTZ, E.; SILANIKOVE, N..1991. Water, sodium, Potassium, and chlorine metabolism of dairy cows at the onset of lactation in hot weather. J. Dairy. Sci. 74:1874-1883.
38. SILANIKOVE, N.; MALTZ, E.; HALEVI, A.; SHINDER, D..1997. Metabolism of water, sodium, potassium, and chlorine by high yielding dairy cows at the onset of lactation. J. Dairy Sci. 80:949-956.
39. SPIKE P.W.; FREEMAN A.E.; 1967. J. Dairy Sci. 50, 1897-1904
40. VALTORTA, S; LEVA, P; CASTRO, H; GALLARDO, M; MACIEL, M; GUGLIELMONE, A; ANZINI, O..1998. Producción de leche en verano. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina. 109 p.
41. WEBSTER, A.J.F. 1982. Influencia del clima sobre el metabolismo del ganado. In Principios para la producción ganadera. Swan y Broster ed., Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. pp 101-119.
42. WEST, J.W..2003. Effects of heat stress on production in dairy cattle. J. Dairy Sci. 86:2131-2144.
43. WEST, J.W.; HILL, G.M.; FERNÁNDEZ, J.M.; MANDEBVU, P.; MULLINIX, B.G..1999. Effects of dietary fiber on intake, milk yield, and digestion by lactating dairy cows during cool or hot, humid weather. J.Dairy Sci. 82: 2455-2465.
44. WEST, J.W.; MULLINIX, B.G.; BERNARD, J.K..2003. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 86: 232-242.

45. WILSON, S.J.; MARION, R.S.; SPAIN, J.N.; SPIERS, D.E.; KEISLER, D.H.; LUCY, M.C..1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle.1. Lactating cows. J. Dairy Sci. 81: 2124-2131.
46. WILSON, S.J.; MARION, R.S.; SPAIN, J.N.; SPIERS, D.E.; KEISLER, D.H.; LUCY, M.C..1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 2. Heifers. J. Dairy Sci. 81: 2132-2138.