



FACULTAD DE
AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

**EFEECTO DE LA SOMBRA SOBRE
EL COMPORTAMIENTO ANIMAL
DE TERNEROS HOLANDO Y HEREFORD
EN EL PERIODO ESTIVAL**

por

Gonzalo BECOÑA LOPEZ
María Pía CASELLA ECHEVERRIA

TESIS

1999

MONTEVIDEO

URUGUAY



7.2856

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**EFFECTO DE LA SOMBRA SOBRE EL COMPORTAMIENTO
ANIMAL DE TERNEROS HOLANDO Y HEREFORD EN EL
PERIODO ESTIVAL.**

FACULTAD DE AGRONOMIA



**DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA**

Por

**Gonzalo BECOÑA LOPEZ
María Pía CASELLA ECHEVERRIA**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo
(Orientación Agrícola-Ganadero).**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
1999**

**A NUESTROS PADRES,
FAMILIARES Y
AMIGOS.**

Tesis aprobada por:

Director: Ing. Agr. DANILO BARTABURU
Nombre completo y firma

Ing. Agr. Msc. YAMANDU ACOSTA
Nombre completo y firma

Ing. Agr. PAUL VERGNES
Nombre completo y firma

Fecha: _____.

Autor: GONZALO BECOÑA LOPEZ
Nombre completo y firma

MARIA PIA CASELLA ECHEVERRIA
Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A todos los funcionarios docentes y no docentes de la Estación Experimental de San Antonio, Facultad de Agronomía (EEFAS) por la colaboración prestada durante el ensayo.

Al Jefe de Operaciones de dicha estación, Ing. Agr. Martín Tucón, por su colaboración y disposición durante el ensayo y estadía en la EEFAS.

A los encargados del tambo Sres. Motta y Alba, por su invalorable colaboración y dedicación en la recolección de datos.

Nuestro especial agradecimiento al Director de Tesis Ing. Agr. Danilo Bartaburu por su disposición, apoyo y orientación en el transcurso de dicho trabajo.

Principalmente, quisiéramos agradecer a la Ing. Agr. Celmira Saravia por su entera disposición y apoyo en todo momento, así como por el aporte de diversos materiales y datos climatológicos.

Al personal de Biblioteca de la Facultad de Agronomía, en especial a la Bibliotecóloga Graciela Pirotto.

A la Tec. Agrop. Teresa Rodríguez, quien dedicó tiempo y esfuerzo en las evaluaciones de forraje.

Se agradece a todos aquellos que hicieron posible la realización del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
PAGINA DE APROBACION.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	VIII
<u>1. INTRODUCCION</u>	1
<u>2. REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	3
2.1. ELEMENTOS AMBIENTALES CON POTENCIAL ESTRESANTE.....	3
2.1.1. <u>Estrés</u>	3
2.1.2. <u>Factores ambientales estresantes</u>	3
2.1.2.1. Temperatura.....	4
2.1.2.2. Humedad.....	5
2.1.2.3. Radiación Solar.....	6
2.1.2.4. Viento.....	7
2.1.3. <u>Medición del potencial estresante del ambiente</u>	8
2.1.3.1. Globo de Vernon o Globo Negro.....	8
2.1.3.2. Índice de temperatura y humedad (ITH).....	9
2.1.4. <u>Características climáticas de la zona norte</u>	10
2.2. DETERMINACION DEL ESTRES CALORICO EN RUMIANTES.....	12
2.2.1. <u>Temperatura Rectal</u>	13
2.2.2. <u>Funcionamiento Cardíaco</u>	15
2.2.3. <u>Tasa Respiratoria</u>	15
2.3. MECANISMOS DE REGULACION DE LA TEMPERATURA EN LOS ANIMALES.....	16
2.3.1. <u>Zonas Termoneutras</u>	16
2.3.2. <u>Balance de Calor</u>	18
2.3.2.1. Producción de Calor.....	19
2.3.2.2. Pérdida de Calor.....	20
2.3.2.2.1. Pérdidas Sensibles.....	20
2.3.2.2.2. Pérdidas Evaporativas.....	22
2.3.3. <u>Defensa contra el calor</u>	22
2.3.3.1. Disminución del aislamiento.....	23
2.3.3.2. Aumento de evaporación desde la piel.....	24
2.3.3.3. Aumento de la evaporación por el tracto respiratorio.....	25
2.3.3.4. Relación entre la evaporación cutánea y respiratoria.....	26
2.3.3.5. Disminución de la producción de calor.....	26
2.3.3.6. Integración de los distintos mecanismos de defensa contra el calor.....	27
2.3.4. <u>Límites de la termorregulación</u>	27
2.4. EFECTOS DEL ESTRÉS CALORICO EN TERNEROS.....	28
2.4.1. <u>Efectos en el Crecimiento Corporal</u>	28
2.4.1.1. Crecimiento Pre-natal.....	30

2.4.1.2. Crecimiento Pre-destete.....	30
2.4.1.3. Crecimiento Post-destete.....	31
2.4.1.3.1. Compesación.....	33
2.4.1.3.2. Diferencias Raciales.....	35
2.4.2. <u>Comportamiento Alimenticio</u>	36
2.4.2.1. Ingestión voluntaria de alimentos.....	36
2.4.2.2. Composición de la dieta.....	38
2.4.2.3. Diferencias Raciales.....	38
2.4.2.4. Requerimientos Minerales.....	39
2.4.2.5. Hábitos de pastoreo.....	39
2.4.2.6. Interacción forraje-temperatura.....	40
2.4.3. <u>Efectos en el consumo de agua</u>	41
2.4.4. <u>Efectos en la salud animal</u>	42
2.5. <u>MÉTODOS DE CONTROL DEL ESTRÉS</u>	43
2.5.1. <u>Manejo</u>	43
2.5.2. <u>Sombra</u>	43
2.5.2.1. Sombras artificiales.....	44
2.5.2.1.1. Techos completos o compactos.....	44
2.5.2.1.2. Redes.....	45
2.5.2.2. Sombras naturales.....	45
2.5.3. <u>Alimentación</u>	46
2.5.4. <u>Suministro de Agua</u>	48
2.5.5. <u>Selección</u>	49
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	50
3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN.....	50
3.2. SELECCIÓN DE ANIMALES.....	50
3.3. TRATAMIENTOS.....	51
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	51
3.5. ALIMENTOS.....	52
3.6. MANEJO.....	52
3.7. DETERMINACIONES.....	53
3.7.1. <u>En el ambiente</u>	53
3.7.1.1. Temperatura, Humedad relativa y Precipitaciones.....	53
3.7.1.2. Temperatura de la esfera negra.....	53
3.7.2. <u>En los animales</u>	54
3.7.2.1. Peso Corporal.....	54
3.7.2.2. Temperatura Rectal.....	54
3.7.2.3. Ritmo Respiratorio.....	54
3.7.2.4. Prueba de Comportamiento.....	54
3.7.3. <u>En la pastura</u>	55
3.7.3.1. Disponibilidad.....	55

4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	56
4.1.	RESULTADOS DE LAS MEDICIONES AMBIENTALES.....	56
4.1.1.	<u>Temperatura y Humedad relativa</u>	56
4.1.2.	<u>Indice de temperatura y humedad</u>	58
4.1.3.	<u>Temperatura de la esfera negra</u>	61
4.2.	RESULTADOS EN LA PASTURA.....	63
4.2.1.	<u>Disponibilidad</u>	63
4.3.	RESULTADOS EN EL ANIMAL.....	64
4.3.1.	<u>Peso Vivo</u>	64
4.3.2.	<u>Temperatura Rectal</u>	69
4.3.3.	<u>Ritmo Respiratorio</u>	73
4.3.4.	<u>Aplicaciones de Rhoad's de tolerancia a la exposición al calor</u>	77
4.3.5.	<u>Respuesta fisiológica y Temperatura del Globo negro</u>	78
4.3.6.	<u>Prueba de Comportamiento</u>	83
4.3.6.1.	Tratamiento Sol.....	83
4.3.6.2.	Tratamiento Sombra.....	85
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	87
6.	<u>RESUMEN</u>	89
7.	<u>SUMMARY</u>	91
8.	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	93
9.	<u>ANEXOS</u>	98

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

	Página
Cuadro 1_ ITH promedio e ITH máximo para los meses estivales del período 1961-1990.....	10
Cuadro 2_ Datos Meteorológicos de una serie de 30 años (1961-1990).....	11
Cuadro 3_ Temperatura media mensual, Temperatura máxima media, Temperatura mínima media, Temperatura máxima absoluta y Humedad relativa para el período 23/12/98 al 23/3/99 y para los años del 61-90.....	57
Cuadro 4_ Valores de temperatura que determinan distinto tipo de estrés.....	57
Cuadro 5_ Sumatoria de la horas y porcentaje de tiempo que son sometidos los animales a los distintos tipos de estrés durante todo el ensayo.....	58
Cuadro 6_ Valores de ITH para Diciembre-Marzo para los años 61-90, 95-96, 96-97 y 98-99 para el departamento de Salto.....	59
Cuadro 7_ Diferencia de Temperatura de las esferas negras, entre tratamientos a 3 horas distintas.....	62
Cuadro 8_ Diferencia de Temperatura de las esferas negras, entre horas dentro de cada tratamiento.....	62
Cuadro 9_ Disponibilidad, carga, presión de pastoreo y asignación de forraje.....	64
Cuadro 10_ Ganancia promedio diaria por raza y por tratamiento.....	68
Cuadro 11_ Temperatura rectal de Hereford y Holando expuestos a los distintos tratamientos para el período Dic'98-Mar'99.....	70
Cuadro 12_ Temperatura rectal de Hereford y Holando a distintas horas del día.....	72
Cuadro 13_ Temperatura rectal de los distintos tratamientos a las distintas horas.....	72
Cuadro 14_ Ritmos respiratorios de Hereford y Holando expuestos a los distintos tratamientos.....	74
Cuadro 15_ Ritmos respiratorios de Hereford y Holando a la 16:00 y 9:00 horas.....	74
Cuadro 16_ Ritmos respiratorios en la interacción tratamiento-hora.....	75
Cuadro 17_ Cálculo del coeficiente de tolerancia al calor (test de Rhoad's).....	77
Cuadro 18_ Coeficiente de correlación entre Temp. ambiente a las 9 y 16 vs. Variables fisiológicas a las 16 horas.....	82
Cuadro 19_ Coeficiente de correlación entre ITH a las 9 y 16 vs. Variables fisiológicas a las 16 horas.....	82
Cuadro 20_ Coeficiente de correlación entre Temp. globo negro a las 9 y 16 vs. Variables fisiológicas a las 16 horas.....	82

Figura 1_ Temperatura y humedad relativa para las fechas comprendidas entre 23/12/98 al 23/3/99.....	56
Figura 2_ Evolución del ITH medio para el período Dic '98- Mr '99.....	60
Figura 3_ Evolución del ITH máximo y mínimo durante los días del ensayo.....	60
Figura 4_ Temperatura media de las esferas negras para 3 horas del día; 9, 12 y 16 para el período Dic. '98- Mr. '99.....	61
Figura 5_ Comparación de la temperatura ambiental con la temperatura de las esferas negras.....	63
Figura 6_ Peso inicial y final por raza y tratamiento.....	65
Figura 7_ Evolución del peso de la raza Hereford en el período en estudio.....	66
Figura 8_ Evolución del peso de la raza Holando en el período en estudio.....	67
Figura 9_ Ritmo respiratorio para la raza Hereford en los distintos tratamientos y horas.....	76
Figura 10_ Ritmo respiratorio para la raza Holando en los distintos tratamientos y horas.....	76
Figura 11_ Temperatura ambiental y temperatura de la esfera negra al sol a las 9:00.....	78
Figura 12_ Temperatura de la esfera negra del sol (9:00) y temperatura rectal Holando a las 16:00.....	80
Figura 13_ Temperatura de la esfera negra del sol (9:00) y temperatura rectal Holando a las 16:00.....	80
Figura 14_ Temperatura de la esfera negra del sol (9:00) y tasa respiratoria Holando a las 16:00.....	81
Figura 15_ Temperatura de la esfera negra del sol (9:00) y tasa respiratoria Hereford a las 16:00.....	81
Figura 16_ Prueba de comportamiento para la raza Holando (tratamiento sol) realizada el día 26/2/99.....	84
Figura 17_ Prueba de comportamiento para la raza Holando (tratamiento sol) realizada el día 6/3/99.....	85
Figura 18_ Prueba de comportamiento para la raza Holando (tratamiento sombra) realizada el día 26/2/99.....	86
Figura 19_ Prueba de comportamiento para la raza Holando (tratamiento sombra) realizada el día 6/3/99.....	86

1. INTRODUCCION

Durante los últimos años, en el Uruguay se ha podido observar, una fuerte tendencia positiva a la aplicación de distintas tecnologías, tanto en el rubro ganadero como en el rubro lechero, que ha llevado a una notoria intensificación productiva.

Existe una marcada priorización en la alimentación del ganado, sanidad, mejoramiento genético y manejo, restándole importancia a factores que puedan corregir los efectos adversos que pueda tener el ambiente, en el confort animal.

Debido a que la carne y los productos lácteos, comprenden un porcentaje muy importante dentro de las exportaciones del país, es importante tener en cuenta todos los aspectos relacionados al mejoramiento de su eficiencia de producción y competitividad.

A nivel mundial, existe una tendencia a atender aquellos aspectos que involucran la sustentabilidad del ambiente, entre ellos el confort de los animales.

Es así que los efectos del estrés por calor han sido rigurosamente documentados y un amplio número de autores coinciden a la hora de afirmar que se observan efectos negativos en la performance del ganado, tanto en la producción y componentes de la leche, como en las funciones reproductivas y en el crecimiento.

Es de destacar que el clima no sólo puede tener efectos directos en la performance animal, a través de diferentes factores ambientales como la temperatura, humedad, radiación solar y viento; sino que también puede tener efectos indirectos en el animal a través de su acción sobre las pasturas y la mayor incidencia de enfermedades. Es por esto que los manejos que mejoren el confort animal no es un punto que pueda ser dejado de lado al momento de aplicar un paquete tecnológico, sobre todo en el norte del país, zona en la cuál ocurren las mayores temperaturas en el verano.

Desafortunadamente, la investigación que se ha llevado a cabo en el Uruguay sobre este tema es muy escasa. A nivel mundial se han realizado numerosas investigaciones sobre los efectos en la performance animal que tiene el estrés por calor. Se deben destacar dos grupos de investigadores muy importantes en este tema, uno localizado en Israel (Universidad Hebrea de Jerusalén) y el otro en el estado de Florida (Universidad de Gainesville).

En cuanto a las investigaciones llevadas a cabo en la región; en la Argentina se han realizados una serie de ensayos, en el INTA Rafaela, durante estos últimos años. A nivel nacional, se han realizado algunos ensayos al respecto en la Facultad de Agronomía, en la Estación Experimental Facultad de Agronomía Salto (EEFAS).

La mayoría de los trabajos están centrados en estudiar el efecto del estrés y/o confort ambiental sobre la producción láctea, en sistemas de producción confinados, existiendo pocos trabajos en la producción de carne y en sistemas pastoriles.

En este trabajo se pretende determinar y cuantificar el efecto que pueda tener la sombra natural, sobre el crecimiento, y sobre algunas funciones fisiológicas de la terneras tanto de razas lecheras como carniceras, durante los meses del verano.

Cabe aclarar que no existen ni en la región ni a nivel nacional ningún antecedente experimental sobre este punto ya que, tanto en los ensayos realizados en Argentina como en Uruguay solo se analizaron los efectos del estrés calórico en la producción de leche y en la reproducción.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. ELEMENTOS AMBIENTALES CON POTENCIAL ESTRESANTE.

2.1.1. Estrés.

Involucrado con la producción animal, comúnmente se usa el término estrés, para indicar una condición ambiental adversa para el animal (Starr, 1988). El origen puede ser climático, nutricional, fisiológico, social o una combinación de estos (Starr, 1988).

Los animales responden a los cambios en su ambiente inmediato con varios mecanismos interactuantes que incluyen mecanismos fisiológicos, bioquímicos, inmunológicos, anatómicos y de comportamiento.

Un ambiente satisfactorio para los terneros, los provee de confort térmico y físico, mínima enfermedad o máxima salud y necesidades del comportamiento. Cada una de estas áreas puede ser una causa potencial de estrés para el ternero (Stull, 1997).

La temperatura del aire que rodea a un animal, es sumamente importante para determinar el grado de confort que el mismo experimenta en un ambiente determinado y, en muchos casos se utiliza como índice de estrés (Valtorta et. al., 1996).

La productividad de los animales se afecta tanto directa como indirectamente por el medio climático. (Hafez, 1973).

Identificar y minimizar las situaciones estresantes permiten un mejor bienestar, crecimiento, eficiencia reproductiva del animal, así como beneficios económicos para el productor y el consumidor (Stull, 1997).

2.1.2. Factores ambientales estresantes.

Según Jones, (1994), las distintas regiones del mundo, con sus variaciones en temperatura, humedad, viento, radiación y luz (fotoperíodo) proveen tanto de climas favorables, como puede limitar el éxito de la performance del ganado.

El autor señala que lo anterior se debe principalmente a tres factores: en primer lugar a efectos directos climáticos en el balance de calor de los distintos animales, en segundo lugar a efectos indirectos en plantas y disponibilidad de forraje para el ganado, y por último a efectos indirectos en la ocurrencia de enfermedades que podrían llegar a ser un serio problema.

Según Baxter, (1969) cit. por Hahn, (1994), el ambiente animal es un complejo de factores con potencial estresante. Al ser complejo se transforma en disponible y medible sólo en términos de parámetros simples o en pequeños grupos de parámetros considerados de primera importancia.

La adversidad o intensidad, de todos los factores dependen de las interacciones, cambios diurnos, cambios en el tiempo meteorológico y cambios en los alrededores realizados por el hombre (Johnson , 1976 ; Johnson et. al., 1976) cit. por Johnson, (1987).

En sentido amplio, el ambiente puede ser clasificado en dos componentes principales: 1) abióticos, o todos los factores físicos y químicos, y 2) bióticos, o todas las interacciones entre entidades biológicas tales como, comida, agua, predación, enfermedades e interacciones sociales y sexuales (Yousef, 1985).

Los factores abióticos o físicos que son importantes para la productividad del ganado incluyen: temperatura del aire, humedad, radiación solar y viento (Yousef, 1985).

Según Johnson, (1965) cit. por Johnson, (1994), la luz tiene efectos muy pequeños en el ganado, pudiendo ser significativos en las funciones reproductivas según las especies o razas. De ese modo, la temperatura, humedad, radiación y viento como factores del ambiente meteorológico podrían ser críticos en el balance de calor del ganado en todas las zonas climáticas.

2.1.2.1. Temperatura.

La temperatura ambiental se mide con la intensidad del calor para estandarizar las unidades y se expresa usualmente en la escala de grados Celsius.

La temperatura ambiente es la temperatura promedio del ambiente gaseoso o líquido (generalmente aire o agua), que rodea un cuerpo.

La temperatura del aire, también llamada temperatura del termómetro seco, se define como la temperatura de un gas o mezcla de gases, indicada por un termómetro protegido de la radiación. Las mediciones de ésta temperatura es una de las características más usadas para describir el ambiente térmico (Yousef, 1985).

El termómetro de bulbo seco se considera generalmente como la principal medición del ambiente biológico, sin embargo, las combinaciones de factores pueden mejorar el efecto del termómetro seco.

La humedad elevada o la radiación solar empeoran el efecto de las altas temperaturas, ya que la humedad alta, baja el potencial de vaporización de la piel y respiración, mientras que la radiación solar se adiciona al calor de los procesos metabólicos, que debe ser disipado por el animal para mantener la temperatura del cuerpo (Hahn, 1994).

Con respecto a las temperaturas en que la categoría ternero puede desarrollar su potencial; los autores coinciden que la mínima sería los 10 °C, pero con relación a la máxima existen diferencias, aunque la mayoría coincide que estaría en los 25 °C (Ledesma et. all., 1995; Asher, 1999; Bianca, 1968; Hahn, 1976; Olditz y Kellaway, 1973; Johnson y col., (1958) cit. por Swan y col., 1993; Yousef, 1985).

Hafez, (1973) agrega que los efectos se vuelven progresivamente más severos, hasta que a temperaturas de 29-32 °C cesa por completo el aumento de peso. A menudo a temperaturas cercanas a 41 °C, se presenta postración, especialmente en condiciones simultáneas de alta temperatura y humedad.

Otros como Stull, (1997) citan 29,5 °C como la temperatura máxima sin que exista efectos en los animales, Berna et. all., (1992) cita 22 °C, Primault, (1979) cit. por Seeman, (1994), habla de 20 °C y Sainsbury, (1981) 21 °C.

A nivel nacional existen dos trabajos sobre los efectos del clima sobre la productividad de los animales; el primero realizado por Azanza y Machado, (1997), el segundo realizado por Invernizzi y Marziotte, (1998). Ambos fueron realizados en el departamento de Salto con vacas Holando en producción, en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía.

Los dos ensayos hacen referencia al rango de temperatura termoneutral citado por Valtorta, (1994) y por Gallardo et.al., (1994), que estaría comprendido entre -5 y 20 °C. También es citado el trabajo de Gorosito, (1994) y Lesser, (1994), que definen como temperaturas óptimas las que se encuentran en el rango 13 a 18 °C.

Buckling et. al., (1992) cit. por Azanza y Machado, (1997), define como rango óptimo de temperatura para la producción de leche las temperaturas comprendidas entre -7 y 23 °C. Por último Flamenbaum, (1986), cit. por Invernizzi y Marziotte, (1998), toma como valores termoneutrales el rango entre 18 y 28 °C para vacas lecheras en producción.

2.1.2.2. Humedad.

La cantidad de vapor de agua en el aire es la humedad. La humedad relativa es la relación entre la fracción molar de vapor de agua presente en un volumen de aire y la fracción molar presente en el aire saturado, ambos a igual temperatura y presión (Yousef, 1985).

La intensidad del ambiente térmico depende tanto de la temperatura del aire como de la humedad relativa (Yousef, 1985).

Cuando la temperatura del aire supera el valor máximo de confort de un animal, comienzan a tener importancia otros elementos. Uno de ellos es la humedad (Valtorta et. al., 1996).

La humedad controla las pérdidas evaporativas de calor desde la piel y el tracto respiratorio (Yousef, 1985).

Según Bianca, (1965) la humedad del aire tiene efecto sobre la evaporación cutánea de dos formas diferentes. Los aumentos de la humedad del aire deprimen la evaporación de la piel por reducción del gradiente de presión de vapor entre la piel y el aire.

Es claro entonces, que una alta humedad del aire en un ambiente con altas temperaturas actúa como un poderoso factor estresante.

En cuanto a la humedad, para Bianca, (1965) a partir del 70 % de humedad podría existir algún tipo de estrés, Asher, (1984) cita un rango que va de 65-70 % como la humedad ambiente deseada para los terneros y por último Primault, (1979) cit. por Seeman, (1994) presenta un rango que se extiende entre 50 a 80 % de humedad para esta categoría.

En las tesis realizadas por Azanza y Machado, (1997) e Invernizzi y Marziotte, (1998), para vacas lecheras, se maneja un rango propuesto por Gorosito, (1994) de baja humedad relativa, entre 50 a 60 %.

2.1.2.3. Radiación Solar.

La energía radiante es la esencia de la vida sobre la tierra. La parte del espectro electromagnético con significancia en la fisiología térmica se divide en franjas de ondas: ultravioleta (0.25 a 0.38 μm), visible (0.38 a 0.78 μm), e infrarrojo (0.78 a 100 μm).

Hay muchos factores físicos conocidos que afectan las corrientes de radiación como: temperaturas de la atmósfera y de las superficies del suelo, naturaleza de la superficie del suelo, claridad del cielo, nubes, polvo, vapor de agua y concentraciones de anhídrido carbónico (Yousef, 1985).

La radiación solar recibida en la superficie terrestre consiste en dos partes: radiación solar directa y radiación difusa del cielo. La suma de estas dos radiaciones se llama radiación global. La intensidad de la radiación difusa es dependiente de la latitud, altitud, ángulo solar, nubosidad y turbidez de la atmósfera.

Aunque la radiación difusa es menos intensa que los rayos directos, puede ser significativa en altas latitudes (Cátedra de Agrometeorología, 1991).

En condiciones de campo, el animal puede absorber calor de las radiaciones solares directas e indirectas (Bianca, 1973)

Bianca, (1965) señala que la radiación solar puede ser un poderoso factor estresante, más aún cuando se trata de la radiación directa.

Flamenbaum, (1994) remarca el efecto negativo que crea la radiación solar directa en el comportamiento y la fisiología de los animales.

A su vez cita estudios llevados a cabo en la Universidad de Gainesville, Florida, USA, donde se encontró que la radiación directa en verano produce incrementos en la temperatura corporal, disminuciones en el consumo y en la performance productiva. Bianca, (1965) agrega que además de efectos en la temperatura corporal, existen efectos aún mayores en las tasas respiratorias.

Las mediciones de energía radiante, deben ser consideradas como un componente importante del total del ambiente térmico.

Una medición simple del promedio del calor radiante de los alrededores es el globo negro o temperatura del cuerpo negro (Yousef, 1985).

La radiación solar normal para el ganado es aproximadamente 700 Langley/día (Ledesma, 1995).

2.1.2.4. Viento.

El viento es generado por patrones amplios de presiones en la atmósfera, las cuales son relacionadas con fuentes de calor y se relacionan a una región fría o cálida de la atmósfera.

La velocidad del viento siempre se debe medir en el lomo del animal. Esto es importante ya que el calor se transmite por convección y evaporación entre el animal y el ambiente y es influenciado por la velocidad del viento (Yousef, 1985).

El aire en movimiento es otro factor climático que influye en la evaporación cutánea (Bianca, 1965).

Para Thompson *et. al.*, (1954) cit. por Bianca, (1965) lo anterior se explica por un aumento en el enfriamiento convectivo, cuando aumenta la intensidad del viento, el cual reduce la necesidad de disipación del calor por evaporación. A temperaturas ambiente muy altas, es claro que el gradiente de temperatura entre el animal y los alrededores es tan pequeño para el enfriamiento convectivo, que no tiene efecto apreciable.

Por lo tanto, para Bianca, (1965) el viento sólo actúa como un factor estresante parcial, en las ocasiones que la temperatura ambiente excede la temperatura corporal. Así mismo Johnson, (1965) cit. por Johnson, (1987) afirma que por encima de la zona termoneutral, el viento es beneficioso generalmente, para la producción del ganado.

Según Asher, (1999) la velocidad deseada del viento es de 0,25 m/seg, y agrega que altas velocidades podrían incluso, afectar las vías respiratorias de los terneros.

En las tesis realizadas por Azanza y Machado, (1997) e Invernizzi y Marziotte, (1998), para vacas lecheras, se maneja una velocidad de viento propuesto por Gorosito, (1994) que se encuentra entre 5 a 8 km/hora.

Otros factores ambientales citados por Stull, (1997) pero de menor incidencia en el potencial estresante del ambiente, son las lluvias y el barro, que podrían afectar las temperaturas mínimas y máximas del ambiente.

En síntesis: los factores más limitantes para el ganado en producción son la temperatura y humedad durante las estaciones calientes, ya que estos factores alteran el balance de calor del animal. La radiación y el viento (convección) pueden ser modificados de forma más fácil y económica en sistemas de manejo de ganado, pero la temperatura y humedad son difíciles de modificar salvo por aire acondicionado que normalmente no se implementa (Jones, 1994).

Sin embargo, caracterizar estas influencias del ambiente termal usando mediciones como temperatura del aire, humedad y velocidad del viento, generalmente no es satisfactorio.

Esto probablemente se debe: a) la habilidad del animal de compensar un estrés de corto tiempo, b) variaciones entre especies en la conservación de la energía o respuestas de disipación, c) errores estándar debido a diferencias individuales y entre razas (Starr, 1988).

2.1.3. Medición del potencial estresante del ambiente.

2.1.3.1. Globo de Vernon o Globo negro.

Este aparato consta de una esfera de cobre, de unos 15 cm. de diámetro, cuyo exterior está pintado de negro opaco (Vernon, 1930) cit. por Herting, (1973). En su interior se introduce un termómetro que registra la temperatura interna de éste cuerpo.

Dado que el ganado Holando promedialmente presenta gran parte del cuerpo con pigmentación negra, esta esfera pretende estimar la sensación térmica experimentada por el animal. El resultado de la temperatura del cuerpo negro es la combinación de la radiación solar multidireccional, temperatura del aire y velocidad del viento (Roman - Ponce et. al., 1977) cit. por Azanza y Machado, (1997).

Para calcular la temperatura media efectiva de la superficie de un lugar, se coloca el citado globo en el medio ambiente, cerca del lugar que ocupa el animal (Herting 1973).

Esta metodología fue utilizada en distintos experimentos por diversos investigadores, entre otros, Roman - Ponce *et. al.*, (1977); Berman y Meltzer, (1973) cit. por Berman y Wolfenson, (1992); Lough *et. al.*, (1984) cit. por Flamenbaum *et. al.*, (1986); Berman y Wolfenson, (1992); Azanza y Machado, (1997); Invernizzi y Marziotte, (1998).

2.1.3.2. Índice de Temperatura y Humedad (ITH).

El Índice de Temperatura y Humedad (ITH), debe ser usado para una caracterización general de los efectos climáticos en la performance animal (Johnson, 1987).

El ITH, es un índice bioclimático que combina elementos del ambiente como temperatura y humedad con el fin de poder caracterizar un ambiente caluroso; siendo estos dos factores los que más afectan la producción del ganado. A través de este índice se obtiene una aproximación a la sensación térmica del animal (Valtorta, 1994).

Se han creado diferentes fórmulas para su cálculo:

-Berry y col. (USA):

$$ITH = Ta + 0.36 Tpd + 41.2$$

Ta= temperatura del aire (°C)

Tpd= temperatura del punto de rocío (°C)

-Johnson (USA):

$$ITH = DBT - (0.55 - 0.55 HR/100) (DBT - 58)$$

DBT= temperatura del termómetro seco (°F)

HR= humedad relativa (%)

-Valtorta (Argentina):

$$ITH = 1.8 T + 32 - (0.55 - 0.55 HR) (1.8 T - 26)$$

T= temperatura del aire (°C)

HR= humedad relativa expresado en forma decimal.

Si bien para vacas lecheras los distintos autores manejan un mismo valor de ITH que marcaría el límite en un ambiente estresante y uno que no lo es; para la categoría terneros no se encontró en la bibliografía ningún valor de ITH con el que se manejen los distintos autores.

Por lo tanto, con la finalidad de poder caracterizar el ambiente, para este trabajo se utilizará 74 como ITH límite para terneros, es decir que superado este valor los animales experimentarían algún grado de estrés. Este valor fue calculado utilizando la fórmula de Valtorta y manejando como valor máximo de temperatura 25 °C y de humedad relativa 70 %, ya que fueron los valores de temperatura y humedad más usados por los distintos autores.

A continuación se presentan los valores de ITH promedio para la Estación Meteorológica de Salto, calculados a partir de una serie histórica de 30 años (1961-1990) de temperatura y humedad relativa promedio.

Cuadro 1. ITH promedio e ITH máximo para los meses estivales del período 1961-1990

Meses	Dic.	En.	Feb.	Mar.
ITH promedio	71	73	72	69
ITH máximo	81	83	82	78

Fuente: Cátedra de Agrometeorología, Salto.

Si bien en promedio no existen valores superiores al ITH calculado (74), se pueden presentar algunas horas durante el día con ITH superior al nivel crítico de 74, sobre todo al mediodía y a la tarde, ocurriendo esto en los meses de verano.

A diferencia del ITH promedio, el ITH máximo resultó mayor al crítico calculado durante todos los meses analizados.

Debido a que este valor de ITH no está avalado por los distintos investigadores, los análisis de los resultados del ensayo se realizarán principalmente en base a la temperatura ambiente, aunque se hará algunas referencias a éste valor de ITH que se calculó.

2.1.4. Características climáticas de la zona norte.

El Uruguay es un país de clima mesotérmico, húmedo y subhúmedo, con invierno benigno y verano caluroso (Durán, (1991) cit. por Azanza y Machado (1997)). Para Berretta, (1998) el clima del Uruguay es subtropical templado con fluctuaciones estacionales muy marcadas; del tipo Cfa según la clasificación de Koppen.

Aunque no hay diferencias muy importantes en el régimen térmico dentro del país, puede señalarse el carácter más continental hacia el norte y más marítimo hacia el sur-

sureste (Durán, 1991). El mismo autor indica que las temperaturas más altas del mes más cálido se dan esencialmente al norte del Río Negro, en los departamentos de Artigas (32.4 °C), Paysandú (31.7 °C), Salto (31.5 °C), Cerro Largo (30.5 °C), mientras que las más bajas se dan al sur en Colonia (27.3 °C), Rocha (27.9 °C), Punta del Este (24.9 °C).

La temperatura media anual sería de 19 °C para la zona norte, mientras que en el sur estaría en los 16 °C (Corsi, (1975) cit. por Berretta, 1998).

La precipitación media anual varía entre 1000 mm. en el sur y 1300 mm. en el norte, lo que implica para la latitud subtropical del territorio, un clima húmedo. Sin embargo la confiabilidad de las lluvias es muy reducida debido a su gran irregularidad siendo del orden del 20 a 30 % con respecto a los promedios (Durán, 1991).

No existe una estación lluviosa típica, aunque por lo general, el verano es la estación de mayores precipitaciones, particularmente en la zona norte (Berretta, 1998).

Existe una diferencia de más de 200 mm. en la demanda atmosférica anual (evapotranspiración potencial) entre el norte y el sur, con los valores mínimos en el sur y este del país (Azanza y Machado, 1997).

La máxima evapotranspiración potencial para Salto se da en los meses de Diciembre y Enero, el mínimo en Junio (Corsi, (1978) cit. por Berretta, 1998). Ver Anexo 1.

En el Cuadro 2 se presentan datos meteorológicos promedio para la estación ubicada en la EEFAQ (Salto).

Cuadro 2. Datos meteorológicos promedio de una serie de 30 años (1961 - 1990), para la estación de la EEFAQ, durante los meses estivales.

Registro	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Temp. Media mensual (°C)	23.5	25	23.9	21.6
Temp. Máxima media (°C)	30.2	31.5	30.3	27.8
Temp. Mínima media (°C)	17.1	18.7	17.9	16
Temp. Máxima absoluta (°C)	41.0	42.2	41.6	39.9
Temp. Mínima absoluta (°C)	5.4	8.4	7	4.7
Precipitación mensual (mm)	119	116	132	153
Días de precipitación	5	5	6	5
Humedad relativa prom. (%)	64	63	68	72

Fuente: Cát. De Agrometeorología . Estación experimental de Salto (1999)

2.2. DETERMINACIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO EN RUMIANTES.

Las respuestas fisiológicas al estrés calórico, han sido más investigadas que los perfiles de comportamiento (Stull, 1997).

Bianca, (1965) divide los criterios y métodos para la valoración de la tolerancia al calor en dos grupos: los test a campo y los test de laboratorio.

Dentro de los test de campo, la mayoría de ellos comprenden la interpretación del comportamiento de la temperatura rectal.

Ejemplos de esto son: el test de gasto de agua (Rhoad, 1940), el test de privación de agua, el test de caminatas (Bonama, 1949), el rango de cobertura o abrigo (Turner y Schelenger, 1960), el test de la eficiencia de enfriamiento luego del ejercicio (Dowling, 1956) y el coeficiente de adaptabilidad (Benezra, 1954).

Según Bianca, (1963) el test más comunmente utilizado para determinar la tolerancia al calor es el ``Iberia heat tolerance test`` de Rhoad, (1944), en el cual la tolerancia al calor se expresa como el incremento de la temperatura rectal sobre un nivel de 38,3° C. En el test desarrollado por Rhoad's en 1944, se realiza una medición de cuánto la temperatura rectal de un animal expuesto al calor excede los 101 °F. El resultado se expresa como un porcentaje de la máxima eficiencia en mantener la temperatura rectal a 101 ° F usando la siguiente fórmula:

$$\text{Coeficiente de tolerancia al calor} = 100 - (10 (Tr - 101)).$$

Según Bianca, (1965) los test de campo para la tolerancia al calor tienen la desventaja de que las condiciones del ambiente bajo las que se conducen no están estandarizadas. Comparaciones estrictas, entonces, son válidas sólo entre los animales testeados en el mismo lugar y tiempo.

En cuanto a los test de laboratorio, Lee y Phillips, (1948) publicaron un test determinado en laboratorio, análogo al ``Iberia heat tolerance test``, basado en mediciones de la temperatura rectal en condiciones estandarizadas de calor.

Barrada, (1957) clasificó la tolerancia al calor por observaciones de la temperatura rectal en varias combinaciones de las temperaturas del termómetro seco y húmedo en distintas humedades.

Yeck y Kibler, (1958) usaron la tasa de evaporación total a 27 y 10 °C para predecir la tolerancia al calor en terneros de seis razas diferentes.

Bianca, (1963) concluyó de los experimentos en los que terneros eran sometidos a diez combinaciones de temperatura y humedad, que la temperatura rectal, obtenida luego de cinco horas de exposición al calor, era el mejor criterio para medir los efectos fisiológicos producidos por ambientes estresantes.



Kamal *et. al.*, (1962) propuso un ``índice bioquímico para la tolerancia`` para el ganado que se basa en la retención de nitrógeno en un ambiente de 25 °C comparado con uno de 10 °C.

Los mismos autores también especularon con la posibilidad de usar el descenso de potasio total del cuerpo (el cual está directamente relacionado con la proteína de los tejidos) como criterio.

Mc Dowel y col., (1953) cuando testearon la respuesta de la temperatura rectal de vacas para estandarizar las condiciones calientes, encontraron que esta respuesta variaba con la época del año, mostrando un máximo en Febrero, un segundo pero menor pico en Agosto y un mínimo en Mayo-Junio.

Muchos de los métodos de laboratorio citados para medir la tolerancia al calor, a pesar de proveer información útil, son demasiado elaborados para ser usados como test de rutina (Bianca, 1965).

La mayoría de ellos a la larga confían en la temperatura rectal como un indicador de la tensión experimentada por el animal, por lo que la temperatura rectal profunda, si es correctamente usada, es el mejor criterio fisiológico para la tolerancia al calor en el ganado.

Sin embargo, no sólo un parámetro fisiológico se ha identificado para cuantificar una respuesta al estrés. Tanto en el hombre como en los animales, los parámetros que se han utilizado en el estudio de la respuesta al estrés incluyen la medición del nivel de hormonas relacionadas con el cerebro y otros órganos, fluctuaciones en los glóbulos blancos y cambios en el latido del corazón y tasa respiratoria (Stull, 1997).

El mismo autor, agrega que la cuantificación de las respuestas al estrés, a menudo ha sido designada para examinar sólo las respuestas fisiológicas o de comportamiento.

Sin embargo, datos recientes se han colectado utilizando aproximaciones multidisciplinarias que combinan respuestas fisiológicas y de comportamiento.

Esto se ha logrado con la utilización de videos que permiten coleccionar datos de comportamiento. Las posturas básicas y las actividades pueden ser analizadas por su duración y frecuencia.

Esto también permite comparar los terneros en distintos ambientes en su perfil de comportamiento, para un ambiente específico.

2.2.1. Temperatura rectal.

Para Yousef, (1985) la completa uniformidad de la temperatura del cuerpo es sólo posible si no ocurre intercambio de calor entre el cuerpo y el medio. Los animales homeotermos producen y pierden constantemente calor.

Según Bianca, (1973) la temperatura rectal es sólo una temperatura local, la temperatura del cerebro, hígado, corazón u otros músculos puede ser 1 o 2 °C más alta. Se utiliza el recto debido a que, en este lugar, puede insertarse profundamente el termómetro en el cuerpo del animal.

La temperatura rectal es un buen indicador general de la temperatura, pero hay un retraso en la indicación de la temperatura, y los cambios pequeños y breves no se pueden registrar en su totalidad (Bianca, 1965).

Para Stull, (1997) la temperatura de la membrana timpánica es un buen indicador.

La temperatura normal del cuerpo de los mamíferos va de 36 a 40°C aproximadamente, y no existe una correlación entre la temperatura normal y el tamaño del cuerpo (Bianca, 1973), pero sí está correlacionada con la edad. Después del nacimiento la temperatura del cuerpo de muchas especies es relativamente lábil, hasta que se desarrolla completamente el mecanismo termorregulador (Johnson, 1987).

La raza y el sexo no parecen tener efectos limitantes con la temperatura corporal (Bianca, 1973).

La temperatura del cuerpo se eleva durante la alimentación, el ejercicio muscular y al final de la preñez, además es máxima al final del atardecer y mínima a primera hora de la mañana (Bianca, (1973); Bianca, (1965)). El mismo autor agrega que la temperatura del cuerpo tiende a seguir las fluctuaciones estacionales de la temperatura del medio ambiente animal.

La temperatura letal máxima del cuerpo es más crítica que la mínima, la mayoría de los mamíferos mueren cuando la temperatura profunda del cuerpo alcanza de 42 a 45° C, sólo 3 a 6 °C por sobre la temperatura normal (Christison y col.,(1967) cit. por Bianca, 1973).

Actualmente, por telemetría es posible registrar continuamente la temperatura del cuerpo del animal, libre en el campo (Stull, 1997).

A nivel nacional los datos encontrados corresponden a vacas Holando en producción. En primer lugar se cuenta con los datos obtenidos por Azanza y Machado, (1997) en el departamento de Salto, donde se midió la temperatura rectal (entre otras variables) de un grupo de vacas al sol y otro a la sombra en distintas horas: 14:30 y 1:00. Los resultados fueron los siguientes: los animales al sol a las 14:30 tuvieron un promedio de 39.7 °C mientras que a la 1:00 presentaron una temperatura rectal promedio de 38.7 °C. Del mismo modo, los animales a la sombra registraron a las 14:30 y a la 1:00 una temperatura rectal de 39.3 °C y 38.8 °C respectivamente.

En segundo lugar la tesis realizada por Invernizzi y Marziotte, (1998) también en el departamento de Salto, muestra las temperaturas rectales en animales con y sin acceso a sombra a las 7:00 y 17:00 horas. Los promedios de temperaturas obtenidos fueron: animales al sol en la mañana 38.5 °C y a la tarde 40 °C, los animales con acceso a sombra registraron 38.6 °C a la mañana y 39.4 °C en horas de la tarde.

2.2.2. Funcionamiento cardíaco.

Los hallazgos de que la tasa de latidos del corazón responden a la exposición al calor tanto por aumentos como por caídas, se explica por el hecho de que la tasa de latidos se correlaciona positivamente con la tasa metabólica (Blaxter, (1948); Kibler y Brody, (1949); Blaxter y Wood, (1951); Roy y col, (1957)).

Así, durante exposiciones a calor severo, se encontró un aumento en las tasas de latidos del corazón de terneros (Bianca, (1953); Beakley y Findlay ,(1955); Ingram y Whittow,(1963)).

Según Bianca, (1958) una temperatura corporal muy alta, igual o mayor a 41° C, y una actividad respiratoria alta pueden ser factores que contribuyen a la aceleración cardíaca.

Durante exposiciones crónicas, a calor medio, el ritmo cardíaco del ganado de varias razas, declina (Worstell y Brody, 1953).

Stull, (1997) utilizando un monitor para grabar los latidos del corazón corroboró los experimentos que concluían en que la tasa de latidos del corazón está positivamente relacionada con la tasa metabólica.

2.2.3. Tasa Respiratoria.

La tasa respiratoria reacciona de forma muy sensible al calor ambiental; muchas veces precede a la temperatura rectal y es fácil de determinar (Bianca, 1962).

Hasta temperaturas de aproximadamente 15 °C, el ritmo respiratorio del ganado vacuno permanece estable, a un nivel aproximado de 20 respiraciones por minuto (Bianca, 1973).

En especies que jadean, es lógico que se use la tasa respiratoria como un criterio adicional para analizar la tolerancia al calor (Bianca, 1962).

Existe en los animales que jadean cierta tendencia a que el ritmo respiratorio esté en relación inversa con el tamaño del cuerpo.

Este ritmo es aproximadamente 250 respiraciones en terneros comparado con 200 en vacas (Bianca, (1973); (1965)).

En las tesis realizadas en el Uruguay, en el departamento de Salto, con vacas Holando en producción, se registraron los siguientes datos: animales al sol a las 14:30 horas fue de 95.5 resp./min y animales a la sombra 68.7 resp./min (Azanza y Machado, 1997). En la tesis realizada por Invernizzi y Marziotte, (1998), a la mañana (7:00) los animales al sol registraron un promedio de 39 resp./min y los animales de la sombra 40 resp./min, mientras que en la tarde (17:00) los promedios fueron 94 y 70 resp./min en los tratamientos sol y sombra respectivamente.

2.3. MECANISMOS DE REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA EN LOS ANIMALES.

El fin perseguido por la producción de ganado es controlar el metabolismo de cada animal para lograr la producción más eficiente de los bienes vendibles (Swan y col. 1993).

La habilidad del ganado para crecer, lactar y reproducirse en su potencial genético máximo, está determinado por el ambiente meteorológico y biológico y sus interacciones, durante el crecimiento y etapas de desarrollo hasta la madurez (Johnson, 1987).

Los aspectos térmicos del clima, pueden alterar la temperatura del cuerpo del animal, el balance de calor, la entrada de energía y balance hormonal y de agua; con efectos en el crecimiento, reproducción y producción de leche (Johnson, 1987).

El ambiente biológico, incluyendo la presencia y disponibilidad de fuentes de comida, pasturas, forraje, enfermedades, parásitos y otros animales (incluyendo al hombre), alteran la habilidad de los mamíferos de alcanzar su potencial genético (Johnson *et. al.*, (1961, 1962) cit. por Johnson, (1987)).

2.3.1. Zonas Termoneutras.

La zona de confort térmico para el ganado, es aquella en que la producción y pérdida de calor están equilibrados con un mínimo esfuerzo de termoregulación (Mount, (1974) cit. por Swan y col., (1993).

Según Baldwin, (1974) cit. por Swan y col., (1993) la zona termoneutral, correspondería al ambiente térmico que el animal elegiría si tuviera la opción.

Para Johnson, (1994) una definición razonable de la zona óptima, es aquella en la que el animal está en un estado de mínima producción de calor, en la cual la temperatura del

cuerpo está dentro de rangos normales y las funciones termorregulatorias de respiración, sudoración, y vaporización de la piel, vasodilatación y vasoconstricción y el comportamiento no están marcadamente alterados. ✓

Para Johnson *et. al.*, (1961, 1962) cit. por Johnson, (1987) la zona termoneutra no sólo varía entre especies, sino también entre individuos dentro de las especies.

Para una clase determinada de ganado, la zona termoneutra puede ser función de la edad y nivel de nutrición; esto es particularmente estrecho para el ganado joven (Starr, 1988). ✓

Hahn, (1994) postula que los recién nacidos y neonatos de todas las especies son más vulnerables a las condiciones adversas que los animales más maduros y por lo tanto soportan una zona más estrecha que ellos.

Johnson *et. al.*, (1967) cit. por Johnson, (1987) agrega que la zona termoneutra también puede variar debido a la aclimatación, niveles de producción y diferencias raciales. Pero de todos modos, se espera que la mayor eficiencia de conversión del alimento en producto animal, es en esta zona. ✓

Para este caso, en el que se trabaja con terneros, la zona termoneutra estará comprendida entre los 10 a 25 °C, rango que como fue mencionado anteriormente es aceptado por la mayoría de los autores. Ver Anexo 2.

La zona termoneutra se divide en tres subzonas: óptima, fría y caliente.

La zona óptima es el rango de temperatura ambiente donde se logran la óptima productividad, eficiencia y performance (Johnson, 1987). ✓

La zona fría se encuentra inmediatamente bajo la zona óptima, en esta región el animal desarrolla mecanismos para conservar la temperatura, que comprende cambios de pastoreo, cambio de pelo, vasoconstricción entre otros (National Research Council, 1981). ✓

Según Johnson, (1987) por éstos mecanismos, que pueden ser de comportamiento o autónomos, el animal puede conservar energía ya que la producción de calor dentro de esta subzona es mínima.

Si la temperatura ambiente aumenta sobre el óptimo, los animales están en la zona cálida (o caliente), donde las acciones termorregulatorias están limitadas: disminuye el aislamiento térmico por vasodilatación y aumenta el área de superficie efectiva por cambio de postura (National Research Council, 1981). ✓

El límite superior de la zona termoneutra se conoce como la temperatura crítica máxima y se define como la temperatura ambiental por sobre la cual se inician los procesos evaporativos de pérdida de calor con la finalidad de termorregular (Bligh y Johnson, (1973) cit. por Johnson, (1987). ✓

El límite superior de la zona de neutralidad térmica está menos claramente definido que el límite inferior. En consecuencia, la zona de termoneutralidad del ganado es amplia, y en la mayoría de los casos superior a 20 °C (Swan, 1993).

En el Anexo 3 se presenta un diagrama que representa la producción de calor como función de la temperatura ambiente.

2.3.2. Balance de Calor.

Los animales homeotermos (mamíferos y aves), son los que tienen la capacidad de controlar, dentro de un estrecho margen, la temperatura del cuerpo en un medio cuya temperatura puede cambiar dentro de un amplio margen. Así pues, los homeotermos son reguladores de temperatura (Bianca , 1973).

Webster, (1981) cit. por Hahn, (1994) postuló que los animales que mantienen la homeotermia por regulación de las pérdidas evaporativas de calor (rumiantes) tienen una mayor eficiencia que aquellos que la mantienen primariamente por regulación de la producción de calor a través de la energía del alimento ingerido. Sin embargo, la homeotermia también tiene limitaciones; en los climas extremos el consumo de alimento y agua constituyen las principales fuentes externas que limitan la homeotermia (Hahn, 1994).

La homeotermia, para Johnson, (1987) es el resultado de las mínimas fluctuaciones en el contenido de calor corporal del animal, y lo expresa en una ecuación de balance de calor:

Producción de calor = pérdida de calor + - calor almacenado.

Según Bianca, (1973) la ecuación es una forma simple de expresar el equilibrio dinámico que existe entre la producción y la pérdida de calor. En períodos cortos de tiempo hay excesos de pérdida o producción de calor, lo que lleva consigo un trastorno pasajero del equilibrio térmico.

De aquí se puede concluir que en un ambiente térmico en el cual la producción de calor del animal excede la pérdida de calor, una creciente cantidad de calor se acumula en el cuerpo del animal, resultando en un aumento de la temperatura corporal (Johnson, 1987).

El mismo autor agrega que cuando un mamífero tiene una ganancia neta de calor del metabolismo o del ambiente, comienza la hipertermia.

2.3.2.1. Producción de calor.

Los procesos metabólicos producen energía que se usa para síntesis de nuevas moléculas, para trabajo y/o es liberado como calor. En un organismo, la energía se transforma de una forma a otra en varias etapas bioquímicas y de acuerdo a sus necesidades (Johnson, 1987).

En condiciones de campo, el animal puede absorber calor de las radiaciones solares directas o indirectas. Este calor se añade al que se produce metabólicamente, y juntos forman la ganancia de calor del animal, que ha de contrarrestarse con la pérdida del mismo (Bianca, 1973).

La producción de calor es una medida de la transformación de energía total que tiene lugar en el animal, por unidad de tiempo (Stull, 1997).

La tasa de producción de calor es regulada por el tamaño del animal, especies y razas, la temperatura ambiente, comida y consumo de agua, el nivel de productividad, (carne, leche, reproducción) y el nivel de actividad física (Johnson, 1987).

En cuanto a la producción de calor y su relación con el tamaño del cuerpo, Bianca, (1973) postula que al disminuir el tamaño del cuerpo aumenta la relación superficie/volumen, y por lo tanto, también la superficie relativa por la que se disipa calor. Por consiguiente, los animales pequeños necesitan una producción de calor mayor por unidad de peso (pero semejante) que la que necesitan los grandes, si se han de mantener a la misma temperatura. Al disminuir el tamaño del cuerpo, el aumento del índice metabólico alcanzará finalmente un límite, debido a que las necesidades de "combustible" se vuelven muy altas.

Otro factor con efecto en la producción de calor es la ingestión de alimento. La ingestión de alimento lleva a un aumento de la producción de calor, y su efecto difiere según la clase de nutriente que sea ingerido; la mayor cantidad de calor es producida por las proteínas (Bianca, 1973).

No hay que olvidar que la actividad microbiana en el rumen constituye una fuente extra de calor que puede llegar hasta un 10% de la producción básica de calor de los animales (Swan, 1993).

En cuanto a la actividad física y muscular, esta contribuye al aumento de la producción de calor, incluso el esfuerzo de mantenerse de pie (Johnson, 1987).

El estado fisiológico es otro factor que afecta al calor producido; según Bianca, (1965) en la preñez, el metabolismo del feto junto con diversos procesos corporales de la madre provocan un incremento de la producción total. Johnson, (1987) por su parte, cita que una vaca en lactancia puede doblar la producción calórica del mismo animal seco.

En cuanto al efecto de la temperatura ambiente en la producción de calor; Bianca, (1965) afirma que el efecto de las altas temperaturas en la producción de calor, depende de la forma en que se da el estrés por calor. Si se da en forma aguda (exposiciones por un período corto a un estrés severo), la producción de calor se ve aumentada. Por otro lado, si se da crónicamente (exposición por períodos prolongados a calor no tan severo), la producción de calor tiende a caer.

El mismo autor explica que el aumento de la producción de calor durante un estrés calórico agudo puede ser atribuido al efecto de Van't Hoff y al costo metabólico provocado por un aumento de la respiración. Esto representa un quiebre parcial de la homeotermia.

En cuanto a las exposiciones crónicas a condiciones ambientales estresantes, el autor encontró que aunque todas las razas y categorías responden bajando su producción de calor, la temperatura ambiente en que comienza el decrecimiento varía considerablemente.

Por último, Johnson, (1987) postuló que el rango de producción de calor en mamíferos, es controlado por los sistemas nervioso y endocrino. Estos dos sistemas regulan la producción de calor directamente (modificando el apetito y procesos digestivos) o indirectamente (por alteraciones en la actividad de enzimas y síntesis de proteína).

2.3.2.2. Pérdida de calor.

Las pérdidas de calor desde el cuerpo del animal hacia el ambiente pueden clasificarse en: a) pérdidas de calor no evaporativas o pérdidas de calor sensible como lo son la radiación, convección y conducción, y b) procesos evaporativos entre los que se encuentran la sudoración y el jadeo. Ver Anexo 4.

2.3.2.2.1. Pérdidas sensibles.

Según Bianca, (1973) el animal tiene poco control sobre la pérdida de calor sensible.

El calor fluye desde los objetos calientes a los fríos. De esa manera, existe un gradiente térmico cuando dos superficies que interactúan, están a distinta temperatura. El gradiente de calor que fluya entre un homeotermo y su ambiente dependerá de la temperatura de la superficie del animal y su ambiente (Johnson, 1987).

El flujo de calor por *radiación* no depende de la temperatura ni del desplazamiento del aire ambiental, sino solamente de la temperatura y naturaleza de la superficie corporal radiante (Bianca, 1973).

El mismo autor afirma que el animal radia hacia los objetos más fríos y recibe calor radiante de los objetos más calientes que él.

Aunque la superficie animal es casi un excelente radiador y emisor, el animal absorbe menor cantidad debido a que parte de esta radiación es reflejada (Bianca, (1968) cit. por Johnson, (1987)).

Los animales blancos reflejan más que los negros. El ganado blanco absorbe sólo dos tercios de la cantidad absorbida por el ganado marrón (Bianca, (1965).

Bianca, (1963) agrega que la reflexión de la radiación para distintos colores de pelaje es, entre otros, 10% para animales rojos y 4% para colores oscuros.

La *convección* es calor transferido por una corriente de moléculas desde un objeto caliente a uno frío (Bianca, 1973).

El autor realiza una distinción entre convección natural y forzada, basado en que la natural se elevan pequeñas corrientes de aire de una superficie caliente. En cambio en la forzada una corriente de aire elimina el calor.

Para Johnson, (1987) la pérdida de calor por convección depende del área de superficie del cuerpo, de la diferencia entre la temperatura del cuerpo y la del aire y de la velocidad del aire fluyendo.

La *conducción* es calor fluyendo de una molécula a otra a través de gases, líquidos y sólidos por contacto directo (Johnson, 1987)

Según sea la naturaleza de la sustancia, la velocidad de conducción del calor difiere mucho: es decir que, la velocidad depende de la conducción térmica de la materia (Bianca, 1973).

La transferencia de calor por radiación y conducción pueden también operar en sentido contrario, es decir del medio al cuerpo, la transferencia de calor por evaporación sólo tiene lugar fuera del cuerpo (Yousef, 1985).

Por último y relacionado con este punto, Johnson, (1987) afirma que el pelaje reduce las pérdidas de calor del cuerpo, no sólo porque es pobre conductor, sino porque retiene aire entre sus entramados.

El rol termorregulatorio jugado por el pelaje en un ambiente caliente tiene dos sentidos: ofrece cierto grado de protección contra el calor radiante e interfiere con la disipación del calor desde la superficie del animal (Bianca, 1965)

El intercambio de calor con el gradiente externo se ve afectado: a) por la conducción a través del pelaje y la capa limitante del aire inmóvil; b) por convección desde la capa

limitante hasta el aire que se mueve libremente; c) por radiación, principalmente desde los puntos del pelo a través de la capa de pelo y la capa limitante y d) por evaporación a través de la capa de pelo y la capa limitante (Yousef, 1985).

Turner *et. al.*, (1962) cit. por Bianca, (1965) encontraron que la densidad folicular es mayor en terneros macho que en hembras y además menor en ganado de origen europeo.

2.3.2.2. Pérdidas de calor evaporativas.

El animal tiene un marcado control sobre este tipo de pérdidas. Se pierde calor por evaporación del agua de la piel y de los conductos respiratorios (Bianca, 1973).

Johnson, (1987) cita que la evaporación de agua es un efectivo canal de pérdida de calor, a 25° C por cada gramo de agua evaporada se requieren 0.582 cal. de calor.

Bianca, (1973) agrega que la evaporación disminuye al aumentar la humedad del aire, llegando a cero cuando la humedad relativa es de 100%.

De todos modos, en una atmósfera saturada puede haber evaporación, si la piel o las membranas de los conductos respiratorios tienen una temperatura más alta que el aire circundante y, por lo tanto, una mayor saturación de presión de vapor.

Para Johnson, (1987) la importancia relativa de la evaporación cutánea (sudoración) y respiratoria (jadeo) varía con la especie, y agrega, que son complementarios; es decir que una especie con baja capacidad de sudoración normalmente tiene alta capacidad de jadeo.

2.3.3. Defensa contra el calor.

Potencialmente, el calor es un problema comercial más importante que el frío porque afecta primero a los animales con elevadas tasas metabólicas, que son aquellos en más rápido crecimiento o que tienen alta producción (Bianca, (1965); Colditz y Kellaway , (1972); Thompson, (1973) cit. por Swan y col., 1993).

En un ambiente caliente, los mamíferos se pueden defender contra la hipertermia incrementando la pérdida de calor, bajando la producción de calor o por la combinación de ambos (Johnson, 1987).

2.3.3.1. Disminución del aislamiento.

Se logra cierta disminución del aislamiento del cuerpo aumentando la circulación sanguínea de la piel, por medio de vasodilatación y disminución del tono vasomotor (Bianca, 1973).

Las características estructurales de los vasos sanguíneos del ganado ayudan a la disipación del calor en un ambiente cálido, es posible que las arteriovenas se dilaten en la piel de las orejas, frente y carrillos (Goodall, 1955) así como también en los pezones (Nisbet, 1956), jugando un rol importante en la defensa contra el calor (Bianca, 1965).

Lo anterior confirmaría lo sugerido por Bianca, (1973) quien postula que por lo general, el aumento de sangre por vasodilatación es mayor en las partes del cuerpo que tienen una proporción grande de volumen/superficie, como orejas, patas y lengua. Además esas partes tienen menos pelo que el resto o carecen por completo del él.

Según Flamenbaum, (1994) uno de los mecanismos fisiológicos por el cual el animal combate el calor en verano es la vasodilatación periférica, a través de la cual el animal distribuye más sangre a la parte periférica del cuerpo para perder calor a través de mecanismos físicos como radiación, conducción y convección. El incremento en el flujo de sangre a los órganos periféricos viene a cuenta del flujo de sangre a los órganos internos incluyendo el útero y la glándula mamaria.

Beakley y Findlay, (1955) cit. por Bianca, (1965) encontraron en terneros, un aumento de la temperatura de la piel de las orejas de aproximadamente 18 °C al aumentar la temperatura ambiente de 15 a 20 °C, lo que indica un gran aumento circulatorio a una temperatura ambiente relativamente baja.

Por su parte, Thompson y col., (1953) encontraron grandes diferencias en las temperaturas de la piel de varias regiones del cuerpo.

Esto podría explicarse, en parte, por el hecho de que la vasodilatación debajo de un pelaje espeso proporciona al animal un beneficio limitado de enfriamiento (Bianca, 1973).

El mismo autor agrega que las orejas y extremidades altamente vascularizadas y con poco aislante peludo, facilitan la disipación del exceso de calor.

Whittour, (1962) cit. por Bianca, (1965) trabajando con terneros, encontró una gran variación en la temperatura de la piel de las extremidades cuando la temperatura ambiental estaba en el rango de 5 a 25 °C. Esta variación refleja los cambios en la circulación sanguínea.

A temperaturas del aire sobre 25 °C la temperatura de la piel de las extremidades y las del tronco fueron similares.

Esto según Bianca, (1973) podría significar que se llegó al límite de la zona cálida, y a partir de allí deberán ponerse en marcha otros mecanismos de defensa contra el calor.

También se logra cierta disminución de la temperatura corporal mediante la muda inducida por las estaciones. Los pelajes de verano son más lisos y brillantes y reflejan más la luz solar (Bianca, (1973); (1965)).

Una vez que la temperatura del ambiente se eleva sobre la del cuerpo cesa la vasodilatación y la pérdida de calor se lleva a cabo mediante mecanismos evaporativos (Johnson, 1987).

2.3.3.2. Aumento de evaporación desde la piel.

La piel pierde agua en dos vías: a) por difusión de vapor de agua a través de la epidermis de tejidos profundos y b) por secreción activa del sudor (Johnson , 1987).

En un medio termoneutro la piel evapora constantemente cierta cantidad de agua. Esta pérdida insensible de agua desde la piel se debe al proceso de difusión, y su velocidad la determina el grado de presión de vapor de aire (Bianca,1973).

El mismo autor aclara que el enfriamiento que se logra de ese modo, es bajo comparado con el que se logra por el sudor.

Mc Lean, (1963) cit. por Bianca, (1965) encontró que cuando la temperatura ambiente aumentaba hasta aproximadamente 20 °C la tasa de evaporación cutánea en terneros era uniforme en toda la superficie corporal. A altas temperaturas en cambio, surgen diferencias corporales.

El número de glándulas sudoríparas corresponde al número de folículos pilosos (Yamane y col., 1936; Findlay y col., 1950) y está determinado desde el nacimiento. Así, cuando aumenta el tamaño del animal, como resultado del crecimiento normal, el número de glándulas sudoríparas por unidad de superficie decrece (Findlay y col., (1950); Dowling, (1955) cit. por Bianca , 1965).

Sin embargo, durante el crecimiento no disminuye la producción de sudor por unidad de superficie de piel, debido a que se compensa e incluso se sobrepasa la disminución del número de glándulas sudoríparas ya que cada una de ellas aumenta el volumen y , probablemente también, el ritmo de descarga (Bianca, 1973).

La intensidad del sudor varía según la región del cuerpo. A pesar de la gran variedad de razas usadas en los estudios, existe un patrón general de distribución de la evaporación cutánea: las tasas de evaporación tienden a ser mayores en las superficies superiores y menores en las superficies inferiores del cuerpo (Bianca, 1965)

A su vez Bianca, (1973) agrega que es mayor en el cuello y cuartos delanteros y menor en la parte posterior.

La evaporación cutánea es muy afectada por la humedad del aire. Al aumentar se reduce el gradiente de vapor de agua entre la piel y el aire y, por lo tanto, disminuye la evaporación (Bianca, 1973).

Si la tasa de evaporación cutánea se ve disminuida, aumenta el estrés calórico del animal, quien para compensarlo recurre a aumentar la sudoración

El efecto depresor que tiene la alta humedad del aire sobre la evaporación se hace más acentuada a medida que es más pronunciada la sudoración (Johnson, 1987).

2.3.3.3. Aumento de la evaporación por el tracto respiratorio.

Un incremento en la tasa de pérdida de calor por el tracto respiratorio puede ser realizado tanto por un aumento del volumen respiratorio por minuto, como por un incremento en el gradiente de presión del vapor de agua entre el aire que el animal inhala y la mucosa húmeda del tracto respiratorio (Whittow, (1971) cit. por Johnson, 1987).

La evaporación por el tracto respiratorio, depende del volumen del aire que circula por unidad de tiempo en las superficies húmedas del mismo (Bianca, 1973).

Durante la defensa contra el calor se produce un aumento de la ventilación por un aumento de la frecuencia acompañado de una disminución en la profundidad de la respiración. El ritmo de esta respiración rápida y superficial (jadeo) se emplea como indicador de la evaporación respiratoria (Bianca, 1973).

Los animales difieren en el patrón de jadeo; algunos jadean por la nariz mientras otros jadean con la boca abierta y sacando la lengua. La contribución de las pérdidas evaporativas de calor, varía en las distintas especies (Johnson, 1987).

Bajo un marcado estrés calórico, muchas especies cambian el tipo de respiración.

La respiración rápida y superficial cede el paso a una más lenta y profunda, lo que permite aumentar más la ventilación (Findlay, (1957); Bianca y col. (1962) cit. por Bianca, (1973).

Esta "segunda fase respiratoria", según Johnson, (1987) comienza cuando la temperatura corporal alcanza los 40,5 °C.

Bianca, (1973) postula algunos efectos secundarios de esta fase respiratoria.

Uno de ellos es que la eliminación de grandes cantidades de anhídrido carbónico de los pulmones, lleva a una alcalosis respiratoria, llevando el pH sanguíneo a valores de 7-8.

Además esta respiración acelera el ritmo cardíaco (Bianca, 1958), eleva la concentración de ácido láctico en la sangre y, al agregar más calor, disminuye la eficacia de la pérdida de calor por la evaporación respiratoria.

También Hafez, (1973) señala como otro efecto, el aumento del gasto de energía por la disipación de calor, particularmente por el aumento del ritmo respiratorio.

Ledesma, (1995) agrega que cuando los animales son sometidos a condiciones de altas temperaturas se incrementa la proporción de energía consumida destinada a sus funciones de mantenimiento. Además afirma que se puede realizar una generalización, de acuerdo a sus observaciones, diciendo que: para una respiración ligeramente agitada se incrementa la energía de mantenimiento en un 7 %, mientras que si se trata de un pronunciado jadeo el incremento podría ser de un 11 a un 25 %.

2.3.3.4. Relación entre la evaporación cutánea y respiratoria.

Según Bianca, (1973) de las dos necesidades básicas para el enfriamiento por evaporación (agua y desplazamiento de aire), los animales que sudan controlan la cantidad de agua y los que jadean controlan la cantidad de aire en movimiento.

El sudor y el jadeo son complementarios, en el sentido que animales con poca capacidad para sudar tienen normalmente gran capacidad para el jadeo (Bianca, (1973); Johnson, 1987).

El enlace para esta relación inversa entre el sudor y el jadeo lo proporciona la temperatura de la piel (Bianca, 1973).

Animales que sudan con una piel relativamente fría, se asocian con una baja frecuencia respiratoria, pero especies que sudan poco, con piel caliente, tienen una actividad respiratoria elevada (Bianca, (1968) cit. por Johnson , 1987).

Esto, según Bianca, (1973) indica que el jadeo actúa como una segunda línea de defensa, complementando el ciclo de una sudoración inadecuada.

2.3.3.5. Disminución de la producción de calor.

Exposiciones cortas al calor, resultan en un aumento de la producción de calor (Johnson, 1987).

El ganado vacuno expuesto durante varios días o semanas a calor moderado, disminuye el ritmo de producción de calor (Bianca, 1973).

En general, la producción de calor primero aumenta, a continuación retorna a su normalidad y por último desciende. El tiempo requerido para cada una de las fases difiere entre especies (Johnson, 1987).

Sin importar la especie, los animales jóvenes tienen un tiempo diferente para el curso de los cambios en pérdidas de calor, que los animales viejos (Yousef, 1985).

La disminución de la producción de calor se debe en parte a la disminución en la ingestión de alimentos y a la disminución de la actividad tiroidea (Yousef y Johnson, 1966).

2.3.3.6. Integración de los distintos mecanismos de defensa contra el calor.

Bianca, (1973) realiza un resumen que logra integrar todos los mecanismos que se ponen en juego al elevarse la temperatura del ambiente.

El autor afirma que durante una temperatura ambiente moderada, ocurre en primer lugar la vasodilatación y disipación principalmente por radiación.

A medida que el ambiente se vuelve más cálido, se intensifica la evaporación de la piel y a su vez hay un aumento de la evaporación respiratoria.

Si esto no llega a establecer un equilibrio térmico, comenzará a elevarse la temperatura corporal, que a su vez dará como resultado una disminución en la producción de calor seguida de la pérdida de apetito y reducción de la actividad tiroidea.

Esto sugiere una elevación también en el costo de energía, en orden; la vasodilatación requiere poca energía, el sudor necesita más y la actividad respiratoria es la que más exige.

Por último, Bianca, (1973) afirma que la temperatura del medio, a la cual los animales comienzan a movilizar sus mecanismos de defensa, depende en gran parte de la magnitud de su producción normal de calor.

Así, las vaquillonas tienen umbrales más altos para la temperatura ambiente que las vacas de gran rendimiento, y por lo general el ganado de carne lo tiene más alto que el lechero.

2.3.4. Límites de la termorregulación.

Según Bianca, (1973) y Swan y col., (1993) los límites de la termorregulación se alcanzan más rápidamente en un medio caliente que en un medio frío.

La tolerancia al calor, en períodos largos, depende de su capacidad para la pérdida de calor por evaporación, tanto en animales pequeños como grandes (Bianca, 1973).

En períodos cortos los animales grandes se calientan más lentamente que los chicos debido a la mayor capacidad para absorber calor (Bianca, (1965) cit. por Johnson, 1987).

Por otro lado Bianca, (1965) postula que las especies animales que sudan toleran más altas temperaturas del ambiente que los que jadean.

Si la carga de calor es moderada, se establecen nuevos equilibrios en la temperatura del cuerpo, y esta se regula a este nivel.

Si la carga de calor es intensa, ya no puede mantenerse por más tiempo el régimen térmico permanente y la temperatura corporal se eleva continuamente, lo que indica una verdadera hipertermia (Starr, 1994).

Según Bianca, (1956) esto en la mayoría de los animales sucede a temperaturas ambientales entre 30 a 50 °C y además existe cierto número de factores internos y externos que modifican los umbrales de la temperatura del medio en lo que se refiere al inicio de la hipertermia del ganado vacuno.

A medida que la hipertermia avanza, disminuye la actividad respiratoria y el sudor, lo que finalmente provocará un desajuste en la termorregulación.

2.4. EFECTOS DEL ESTRÉS CALÓRICO EN TERNEROS.

Cuando se estudian los efectos del clima en la producción animal, es difícil de disociar efectos climáticos directos de los indirectos e incluso de los no conectados con el clima.

Por ejemplo, la ganancia de peso está afectada por la calidad del forraje, por la alimentación y el manejo y también por la heterosis (Bianca, 1965).

El efecto directo del clima en la productividad animal puede operar siguiendo varios caminos: a) receptores cutáneos en conjunción con el sistema nervioso central; b) cambios en la temperatura del cuerpo que alteran la actividad metabólica del animal; c) cambios en la temperatura del cuerpo que resultan en alteración de la temperatura de la sangre (Hafez, 1973).

2.4.1. Efectos en el Crecimiento Corporal.

El crecimiento es un conjunto complejo de acontecimientos metabólicos controlados genéticamente y por el medio (Hafez, 1973).

La complejidad del crecimiento y la producción de carne, puede ser alterada por el complejo ambiental. Las temperaturas críticas para crecimiento dependen de las especies de ganado, edad y nivel de nutrición, adaptación anterior etc. (Johnson, 1987).

El complejo ambiental que impone limitaciones al crecimiento, está compuesto por clima, nutrición, enfermedades y manejo; y es imposible de separar a campo (Yousef, 1985).

Los aspectos térmicos del clima, pueden alterar la temperatura del cuerpo del animal, el balance de calor, las entradas de energía, y el balance hormonal y de agua, con efectos en el crecimiento, reproducción y producción de leche (Johnson, 1987).

La reducción de la performance bajo estrés por calor o frío, debe asociarse a efectos de regulación térmica, balance de energía, balance de agua y cambios endocrinos, entre otros factores (Johnson, 1987).

El mismo autor sugiere que los grados de variación en los efectos impuestos por el clima, en las funciones fisiológicas y performance, dependen de la raza o de las características fisiológicas individuales del animal.

Cuando las altas temperaturas y la radiación reducen la habilidad del animal de irradiar calor; el consumo de alimento, el metabolismo, el peso corporal y la producción bajan para ayudar a aliviar el desequilibrio de calor (Johnson, (1981) cit. por Johnson, 1987).

Aún cuando algunos substratos de los tejidos son movilizados; la energía metabólica, el crecimiento y la lactación declinan (Johnson, 1987).

Un animal creciendo es influenciado por el ambiente vía su sistema neuroendócrino, el cual puede alterar el balance energético, térmico y mineral (Johnson *et. al.*, 1976). Se cree que la desviación de alguno de estos sistemas o funciones, más allá de cierto umbral o nivel de temperatura crítica del ambiente puede modificar en forma negativa, los procesos de crecimiento (Johnson, 1987).

Las condiciones climáticas también afectan: la cantidad de ingestión de agua y alimentos, la cantidad de energía potencial del forraje ingerido, el sistema termorregulador del animal, la energía neta disponible para la producción y para el ajuste del cuerpo de los animales en crecimiento (Hafez, 1973).

El mismo autor agrega que la reducción y el cese de crecimiento del cuerpo a altas temperaturas se deben aparentemente, a: a) disminución de la ingestión voluntaria de alimento; b) aumentos del gasto de energía para la disipación del calor, particularmente por aumento del ritmo respiratorio; c) disminución de la cantidad de nitrógeno, grasa o agua almacenados; y d) cambios diferenciales en el crecimiento de los órganos corporales.

El propósito fundamental del ganado en crecimiento es para convertirlo en alimento para el consumo humano. El rango de eficiencia de esta conversión afectada por el ambiente es económicamente importante para productores y consumidores (Ames, (1980) cit. por Johnson, 1987).

La eficiencia de crecimiento puede ser definida como los valores calóricos de los tejidos o productos, sintetizados a partir de los requerimientos normales de energía metabolizable para su síntesis. Las diferencias con estos valores aparecen con el calor. Este es el factor de balance calórico que íntimamente envuelve a la termorregulación con las tasas de crecimiento (Robertshaw y col., (1976) cit. por Johnson, 1987).

Según Stull, (1997) el estrés por calor puede afectar a los animales jóvenes o enfermos mucho más severamente que como pueda afectar a los animales maduros y sanos.

Además, Hafez, (1973) agrega que la temperatura tiene efectos también en los líquidos del cuerpo y en los electrolitos: glucosa sanguínea, nitrógeno plasmático total, sodio urinario y plasmático, potasio y relación sodio/ potasio, compuestos nitrogenados digeribles, excreción de nitrógeno urinario, retención de nitrógeno, consumo de agua, volumen de orina excretada y glucógeno del hígado.

Las fases de crecimiento pueden ser arbitrariamente divididas en: prenatal, pre-destete y post-destete.

2.4.1.1. Crecimiento prenatal.

La temperatura del medio ambiente es quizás el factor climático más importante que afecta el crecimiento fetal (Hafez, 1973).

El ambiente térmico prenatal puede influir el crecimiento y desarrollo del feto. Vacas preñadas expuestas al verano de Florida (USA), sin sombra, produjeron terneros con peso corporal significativamente más pequeño, al parto. El peso de los terneros fue de 39.7 kg. versus 36.6 kg para el tratamiento sin sombra (Collier et. all., (1982), cit.por Johnson, 1987).

Según Hafez, (1973) es frecuente que razas inadaptadas de ganado europeo, con gestación en el verano tropical, paran terneros miniatura. En zonas templadas, las variaciones en el peso al nacer se deben, en parte, a la exposición de la hembra al calor durante la preñez.

2.4.1.2. Crecimiento pre-destete.

El crecimiento de las crías lactantes dependerá tanto del medio circundante como de los factores del ambiente impuestos por la madre y su cantidad de leche (Hafez, 1973).

Datos obtenidos a nivel de laboratorio por Regsdale et. al., (1957), cit. por Johnson, (1987) comparan los efectos de temperaturas por encima de la máxima temperatura crítica, para seis razas vacunas y observaron las diferencias de razas así como los efectos de la temperatura en la ganancia de peso.

Los animales Shortorn tuvieron menos ganancias a 27 °C que Brahaman o Santa Gertrudis. Similarmente, los efectos del calor fueron mayores en Holstein que en Brown Swiss o Jersey.

2.4.1.3. Crecimiento post-destete.

Las condiciones de temperatura en los predios pueden crear disturbios que pueden afectar la eficiencia en la utilización del alimento en los terneros en crecimiento (National Research Council, 1981).

Las altas temperaturas del medio pueden impedir el crecimiento de los animales después del destete; el grado difiere según la raza, la edad, la gordura, el plano de nutrición y la humedad relativa (Hafez, 1973).

Según Ledesma *et. al.*, (1995) en lo que respecta al metabolismo del animal, el estrés por calor produce un aumento en el catabolismo (degradación) de las proteínas, que perjudican la deposición de músculo necesaria para la producción de carne.

Webster, (1993) agrega a lo postulado anteriormente, que la exposición al calor debe producir el incremento del contenido energético del aumento de peso vivo. Para lograrlo, debe de haber aumentado la relación entre la grasa y la proteína. El mismo autor afirma que si se controla el consumo de alimento en los animales que están en estado hipertérmico, se observa que aumenta la proporción de urea y creatinina en la orina, sugiriendo de esta manera que ocurre un incremento del catabolismo de las proteínas musculares.

Datos de Mendel *et.al.*, (1971), cit. por Johnson, (1987) sobre el calor y su efecto en el crecimiento post- destete, fueron obtenidos a partir de ensayos con animales cruce Hereford-Angus, durante 85 días de tratamiento, midiendo la ganancia diaria con 0.7 kg de disminución por cada 2.04 °C de aumento promedio de la temperatura.

La eficiencia de la ganancia decrecía del mismo modo; es decir, que se requería más alimento por unidad ganada en peso corporal.

Otro ensayo que confirma las diferencias en eficiencia de conversión que existe entre animales con y sin sombra, es el que llevó a cabo Coleman *et. al.*, (1996) que durante dos años consecutivos estudió los efectos de proporcionar sombra a terneros durante los meses estivales. En el ensayo se utilizaron terneros de razas lecheras y la sombra era producida por un techo de plástico. Durante el segundo año, los animales del tratamiento con sombra, recibieron menos suplemento por día que el testigo (0.30 vs.0.45 kg/día) pero eso no se vio reflejado significativamente en las ganancias de peso diarias. Esto muestra que los animales con sombra fueron más eficientes en la conversión del alimento que el tratamiento testigo. Estos datos, según el autor, coinciden con los publicados por otros autores.

Las ganancias de peso del ganado disminuyen a temperaturas por encima de la zona termoneutral. En el Anexo 5 se resumen dos experimentos de crecimiento con terneros de carne (Johnson *et. al.*, 1958) y de leche (Johnson *et. al.*, 1960).

La habilidad de ganar peso en un clima pesado, comparado con una temperatura termoneutral (10 °C) está en el siguiente orden de habilidad: Brahaman, Jersey, Brown Swiss, Holstein, Santa Gertrudis y Shorton.

En esta situación con disponibilidad de comida ad libitum, los crecimientos más pequeños a 27 °C se deben a la depresión del apetito por las altas temperaturas (Johnson et. al., (1958); (1961), cit. por Johnson (1987).

En el Anexo 6, se muestra el resumen de un ensayo de similares características, realizado por Bianca, (1973) con las razas Shorton y Cebú. Los resultados confirman lo anteriormente expuesto.

Resultados similares, fueron mostrados para cruzamientos Hereford x Angus en condiciones calientes (Mendel et. al., (1971), cit. por Johnson, 1987).

Siguiendo la misma línea de investigación, O'Bannon, (1955) cit. por Bianca, (1965) encontró que terneros expuestos a 10 °C crecían a mayores tasas que aquellos expuestos a 27 °C. La depresión en la tasa de crecimiento sufrida por los animales a altas temperaturas, fue paralelo a la reducción en el consumo de alimento, actividad de la tiroides y producción de calor. Comparaciones realizadas con animales de las razas Brahaman y Santa Gertrudis, muestran que a los 16 meses de edad estos animales pesaban 90 kg menos que los animales de otras razas.

Datos obtenidos por Schneeberger, (1980) publicados por el National Research Council,(1981) recabados en un área tropical, muestran que terneros Holstein, con alta alimentación pero expuestos a una temperatura mayor o igual a 27 °C, eran 50 kg más livianos a los veinticuatro meses que sus medio hermanos paternos que recibían igual alimentación pero con temperaturas ambientales más reducidas.

También se observó que los terneros sometidos al calor tenían más grasa corporal, lo que posiblemente signifique un desbalance en la utilización de la comida ofrecida, el cual pudo afectar su tasa de desarrollo.

Esto concuerda con lo postulado por Hafez, (1973), quién afirma que la temperatura del medio influye en la composición química del animal. Temperaturas y humedad relativa óptimas y constantes, mejoran la calidad de la canal.

Otro ensayo que demuestra el efecto negativo de las altas temperaturas sobre el crecimiento, fue realizado por Hancock, (1955) cit. por Bianca, (1965) en el cual separaron ocho pares de mellizos en Nueva Zelanda y Fiji, dándoles similares condiciones de alimentación y manejo. Los terneros de Fiji, al final del ensayo resultaron 9.6 % más livianos que el otro grupo. El crecimiento menor de los terneros fue razonablemente uniforme y todas las mediciones corporales reflejaban el efecto de las altas temperaturas, salvo el diámetro del vientre, que era mayor en los animales de Fiji ya que bebían el doble de agua que los otros.

Mc Dowell, (1968) cit. por Swan y col., (1993) efectuó una experiencia en la que se llevaron animales jóvenes Shorthorn desde un ambiente templado a uno con 32 °C, permaneciendo allí unos 200 días. El efecto del calor sobre los aumentos diarios de peso se comprueba ya que estos decayeron de 0.8 kg/día a casi 0.2 kg/día. Presumiblemente la producción de calor de los animales no fue elevada salvo en los comienzos del ensayo, por lo que estos resultados implican que la exposición al calor debe producir el incremento del contenido energético del aumento de peso vivo. Para lograrlo, debe de haber aumentado la relación entre la grasa y el aumento de proteína o disminuido la relación agua corporal y proteína.

Existen también experiencias que demuestran el efecto beneficioso del uso de sombras ya sean naturales como artificiales. Bianca, (1965) cita dos ejemplos realizados con animales de carne. El primero fue realizado en Kansas, por Boren *et. al.*, (1961) con terneros con sombra, comparados con otros mantenidos al sol. Los primeros ganaban significativamente más peso, 2.2 comparado con 1.99 lb/día y requerían menos comida por unidad de ganancia.

El segundo ensayo llevado a cabo por Mc Daniel y Roark, (1956) cita que animales Hereford y Aberdeen Angus tuvieron una mayor ganancia de peso en una pastura con sombra natural que en una pastura sin sombra.

Una variación de los efectos físicos del calor térmico en crecimiento, fue bien ilustrado por Baccari *et. al.*, (1983) cit. por Johnson, (1987); durante cinco semanas de exposición, se observaron aumentos en la temperatura corporal, una disminución en las tasas de crecimiento y de la hormona triiodotironina (T3) en los terneros.

En los mismos animales se encontró hormona del crecimiento (GH) en cantidades como para igualar la T3.

Se encontró una correlación positiva entre la hormona T3 plasmática, la hormona del crecimiento y las tasas de ganancia de peso, y una correlación negativa con la temperatura rectal (Baccari, (1983), cit. por Johnson, (1987).

2.4.1.3.1. Compensación.

La performance compensatoria, es un medio de trabajo de la capacidad del animal de adaptación; es un medio de aumentar el control que es inducido por las condiciones térmicas (Starr, 1988).

Los animales tienen una considerable elasticidad para mantener las funciones normales, principalmente crecimiento a través de la adaptación y la capacidad compensatoria (Hahn, 1982).

En el largo tiempo, los procesos adaptativos del animal y mecanismos compensatorios, tienden a mantener procesos biológicos como crecimiento luego de factores adversos de corto tiempo (Hahn, 1994).

Según Yousef, (1985) estos mecanismos empañan los cambios agudos notados en el corto tiempo, por lo que tanto las pérdidas de crecimiento como de eficiencia de conversión del alimento son minimizados dentro de un determinado rango de temperaturas.

Strachan y Marnson, (1963) y Yazman, (1980) cuyos ensayos fueron publicados por el National Research Council,(1981) no encontraron ninguna correlación significativa entre la temperatura ambiente y la tasa de crecimiento, en períodos largos mayores de doce meses.

Los cambios compensatorios post-calor, son muy caros, ya que en general, la tasa de crecimiento post-calor exceden el crecimiento dado en el período de calor. Lo mismo ocurre con la hormona T3 plasmática y la hormona de crecimiento (Johnson, 1987).

Yazman, (1980) citado por el National Research Council,(1981) encontró que durante un período de siete días, por encima del promedio de la temperatura ambiente, el promedio de ganancia diaria de peso bajó un 50 %. Inmediatamente que se retomó el promedio de temperatura ambiente las ganancias fueron de 50 a 70 % mayores que las obtenidas en el período de altas temperaturas.

Johnson *et. al.*, (1961) logró resultados similares, observando en cuartos de ambiente controlado que cuando dos terneros pasaban de 18 a 29 °C, las ganancias diarias durante los primeros veinte días bajaban, pero se recuperaban durante los segundos veinte días.

Von Bartalanffy, (1968) y Hahn, (1982) cit. por Starr, (1988) describen varias series de experimentos en crecimiento del ganado, mostrando que el stock, alimentado ad libitum tiene una considerable habilidad de recobrase del crecimiento deprimido, durante un estrés calórico moderado, a través de ganancias compensatorias en períodos no estresantes.

Ensayos de largo plazo efectuados por Johnson y Ragsdale, (1959) citados por el National Research Council,(1981) realizados en laboratorio, mostraron crecimiento compensatorio. Las influencias (media a alta) de las altas temperaturas ambiente, que significaban una disminución en la tasa de crecimiento, se superaban cuando se retomaban las temperaturas moderadas.

La capacidad compensatoria (elasticidad) del ganado significa que en estrés de corto tiempo puede causar una menor significancia en términos de mantenimiento de las funciones productivas (Hahn, 1982).

Por último, Glauber, (1998) informa sobre la existencia de diferencias metabólicas entre una vaca en lactancia y una vaquillona de 15 meses; esta sufre menos el estrés

calórico que la vaca adulta y también dispone de los mecanismos fisiológicos para compensar esa situación.

2.4.1.3.2. Diferencias raciales.

En los trópicos, Zemmeling et. al., (1973) cit. por Johnson, (1987), con un clima caliente y húmedo, encontró que las ganancias de peso en animales cruce Holstein x Fulani Bulls, fueron 1.29 veces mayores que las ganancias de Fulani como raza pura.

En Sudáfrica, donde la temperatura puede influir la habilidad de pastoreo estacionalmente, Joubert, (1954) cit. por Johnson, (1987) comparó la raza Afrikaner, tolerante al calor y animales Shorthorn durante los calores del verano. A pesar que las pasturas eran abundantes la superior habilidad de los Shorthorn para crecer se redujo, mientras que los Afrikaner tuvieron buenas ganancias.

Otro ejemplo de diferencias raciales, es citado por Hafez, (1973) donde el ganado Shorthorn, criado a 27 °C, a los 15 meses pesará aproximadamente 12% menos que el criado a 10 °C .

Los resultados obtenidos de un estudio comparativo, llevado a cabo con terneros de tres razas lecheras, mostraron que a temperaturas de 27 °C, comparada con una de 10 °C, se deprimía la tasa de crecimiento de los terneros Holstein y Jersey pero no los Brown Swiss (Bianca, 1965).

Las diferencias genéticas con respecto al calor están reconocidas. Turner, (1984) citó la tolerancia al calor como una de las adaptaciones que contribuyen a la performance de las razas del trópico y sus cruces, en ambientes cálidos.

En otros sitios, hay evidencia de la gran heredabilidad de las temperaturas rectales en climas calientes y correlaciones genéticas con el crecimiento (da Silva, (1973) cit. por Johnson, 1987).

Las diferencias genéticas que afectan la tolerancia al calor, tiene un lugar entre otros atributos termorregulatorios que afectan la temperatura corporal. Es posible que dos tipos de animales puedan alcanzar el mismo control de la temperatura corporal por diferentes funciones reguladoras, que pueden acarrear problemas en la producción (Johnson, 1987).

Frisch, (1981) cit. por Yousef, (1985) concluyó que el ganado seleccionado por una mayor tasa de crecimiento en un ambiente estresante no tiene las mayores tasas de crecimiento en condiciones no estresantes.

Los componentes asociados con el incremento potencial no fueron aumentados por selección por resistencia al estrés.

2.4.2. Comportamiento alimenticio.

Los procesos metabólicos que se desarrollan en los animales generan determinadas cantidades de energía bajo forma de calor.

Cuando los animales son sometidos a altas temperaturas se incrementa la proporción de energía consumida destinada a funciones de mantenimiento.

2.4.2.1 Ingestión voluntaria de alimentos.

En general los contrastes de altas producciones en ambientes calientes, dependen de la habilidad adaptativa del ganado para mantener el balance térmico de modo que una adecuada alimentación logrará mantener adecuados niveles de crecimiento (Johnson, 1987).

Según el National Research Council,(1981) la respuesta inmediata de los animales a un estrés por calor es reducir el consumo de alimento, para evitar una mayor producción de calor metabólico.

El mismo autor agrega que las condiciones del ambiente no sólo afectan el nivel de consumo de alimento voluntario sino también la utilización de la energía metabólica ingerida.

Por debajo de la temperatura crítica inferior, el consumo aumenta linealmente, dependiendo de las especies, hasta que llegan a un punto letal. Por encima de la temperatura superior la alimentación voluntaria decrece hasta que la temperatura ambiental y la de la superficie animal, tienen similares valores. A estas altas temperaturas, la energía metabolizable que proviene de la alimentación voluntaria, se deprime tan seriamente que no es suficiente para el mantenimiento y los costos extra de energía para los mecanismos de disipación del calor (Johnson, 1987).

La energía requerida para mantenimiento varía, lo cual altera la eficiencia de conversión de alimento en carne a altas temperaturas (Baccari et. al., (1983) cit. por Johnson, 1987).

El incremento de calor se considera como una pérdida de energía que no es utilizada. Este concepto cambia cuando se alimentan animales en ambientes calientes, ya que esto adiciona calorías al incremento calórico que debe ser disipado (NRC, (1981), cit. por Yousef, 1985).

Por lo tanto según Johnson, (1987) si un bioclima caliente coacciona con el mantenimiento de la temperatura del cuerpo, una reducción del consumo de alimento confiere un obvio beneficio a un animal estresado por calor, mediante una reducción de la producción de calor endógeno.

Bianca, (1973) agrega que la disminución de la producción de calor se debe en parte a lo mencionado anteriormente, pero también se debe a la disminución de la actividad tiroidea.

Un ensayo llevado a cabo por Warren *et.al.*, (1874) cit. por Yousef, (1985) con animales Holando alimentados con una pastura de alfalfa y festuca, a 32 °C consumieron menos alimento y más agua que aquellos alimentados a 18 °C. Este incremento de temperatura también afectó la calidad de la pastura, ya que se comprobó una menor digestibilidad de la materia seca con respecto a los resultados obtenidos en condiciones de menor temperatura ambiental. Además en las condiciones de mayor temperatura se detectó un aumento del tiempo medio de retención del alimento.

Otros ensayos que demuestran el efecto sobre el consumo que tienen las altas temperaturas son citados por Swan y col. (1993), en el que se observaron que animales jóvenes Shorthorn comían cerca de un 25 % menos cuando soportaban 27 °C que cuando estaban a 10 °C. En animales Holstein se vio que consumían casi un 25 % menos cuando estaban a 3 °C que a 18 °C.

La reducción del consumo de alimento, así como el aumento de la demanda termorregulatoria y alteraciones en los niveles hormonales, reducen la habilidad del ganado de alcanzar su potencial genético para crecimiento (Johnson, 1987).

Para la NRC, (1981) los niveles normales de consumo voluntario de alimento y agua para el ganado de carne, se esperan entre los 15 y 25 °C.

El consumo voluntario de alimento baja con los incrementos de la temperatura y ocurre lo inverso con los descensos de la misma.

Además, agrega que las reducciones del consumo cuando las temperaturas son mayores a 25 °C, son más acentuadas en animales con mucho alimento ingerido. Ver Anexo 7.

Lo expresado anteriormente, es confirmado por Hutjens, (1998) quien también postula que la ingestión de materia seca se reduce a medida que empeora el estrés calórico. El autor agrega que la ingestión de alimento puede declinar de 10 a 30 % debido al incremento calórico.

Yousef, (1985) confirma lo anteriormente citado y agrega que los requerimientos de energía y agua son los dos nutrientes más afectados por la temperatura fuera de la zona de termoneutralidad .

Según Hahn, (1994) la magnitud de la disminución del consumo está positivamente correlacionada con la temperatura y la humedad ambiental.

Ledesma y col., (1995) ejemplifican esto agregando que cuando se produce una combinación de alta temperatura y alta humedad el consumo de alimento puede llegar a deprimirse más allá del 30 %.

2.4.2.2 Composición de la dieta.

Según Armstrong, (1957) cit. por Yousef, (1987) la grasa provoca el menor incremento calórico, seguido por los carbohidratos y luego las proteínas. Sin embargo los carbohidratos como la celulosa provocan mayores incrementos que los azúcares solubles.

No hay que olvidar que estos incrementos calóricos están influenciados por los mecanismos de fermentación ruminal.

Yousef, (1985) agrega que la energía de los alimentos que tienen menor contenido de fibra, aumentan la digestibilidad y provocan menor incremento calórico; estimulando la energía que se tomará voluntariamente y ayudando a bajar el estrés por calor en condiciones ambientales calurosas.

Hahn, (1994) se refiere a una interacción térmico nutricional para factores tales como grasa y fibra de la dieta. Sostiene que dietas con alta digestibilidad, ayudan a mantener la alimentación voluntaria aún en temperaturas elevadas.

Por su parte Curtis, (1983), cit. por Hahn, (1994) agrega que la fibra de la dieta aumenta el estrés provocado por el ambiente, ya que se asocia al aumento de calor durante la digestión.

2.4.2.3. Diferencias raciales.

Se observa generalmente, que los genotipos tropicales más adaptados, podrían reducir menos el consumo de alimento, por tener mayores temperaturas críticas y menor producción de calor (Seif *et. al.*, (1979) cit. por Johnson, 1987).

Colditz, (1972) cit. por Swan, (1993) encontró que los animales Brahman y cruza con razas europeas pueden mantener su apetito aún a temperaturas muy altas. Esto se debe, en parte, a su extrema habilidad para disipar calor, en parte quizás a una incrementada tolerancia.

Según Hafez, (1973) en ambientes cálidos el consumo de materia seca por unidad de peso del cuerpo, el cociente de digestibilidad y la absorción de metabolitos en el intestino, son mayores en el ganado Brahman que en el europeo. Debido a que el ganado Brahman emplea eficazmente los alimentos ingeridos y tiene un metabolismo más bajo en los trópicos, los promedios de ganancia de peso son mayores.

Sin embargo, según la National Research Council, (1981), a pesar de que muchos laboratorios indican que el estrés por calor resulta en menores cambios de consumo de

alimento en terneros *Bos indicus* que en *Bos taurus*; en porcentaje en ambos tipos es aproximadamente similar.

2.4.2.4. Requerimientos minerales.

Según Yousef, (1985) los efectos del ambiente en los requerimientos de minerales, ocurren en una cantidad menor. La magnitud del efecto depende de un número de interrelaciones que involucran a la dieta y al ambiente

Las altas temperaturas y la radiación solar directa causan una evaporación masiva de líquidos de la piel. La transpiración contiene una concentración relativamente alta de potasio y sodio (Flamenbaum, 1994).

Es por esta razón que Glauber, (1998) afirma que en climas cálidos, los requerimientos de K y Na aumentan. También el Mg es otro micromineral de importancia en la alimentación de animales en climas cálidos.

En cuanto a los rangos de suplementación recomendados, tanto Glauber, (1998) como Hutjens, (1998) coinciden a la hora de señalar que se debe mantener una proporción de tres partes de K con una parte de Na, por ejemplo: 1.2 a 1.5 % de K y 0.4 a 0.5 % de Na.

También debe aumentarse el Mg de 0.25 a 0.35 % de la materia seca de la ración con mayores niveles de K.

Por su parte Flamenbaum, (1994) afirma que las recomendaciones nutricionales en el sur de EEUU e Israel son de incrementar en 50 % la concentración de K y Na en las dietas de verano.

2.4.2.5. Hábitos de Pastoreo.

Durante los meses de verano los rumiantes pastoreando, a menudo muestran signos de estrés por sólo pequeños períodos de pastoreo que van desde media mañana a la tardecita (National Research Council, 1981).

El ganado elude parcialmente el pastoreo diurno a causa de los aumentos de los requerimientos de energía por caminar (Lampkin y col., (1962) cit. por Johnson, 1987).

A nivel nacional en la tesis realizada por Azanza y Machado, (1997) se puede destacar de las pruebas de comportamiento realizadas durante la investigación, que los animales al sol extienden durante más tiempo el pastoreo en la mañana. Por otro lado es importante resaltar que los animales con acceso voluntario a sombra reanudaban antes el pastoreo en la tarde.

Otra posible explicación a este punto la brinda la National Research Council, (1981) quien postula que el pastoreo restringido se atribuye generalmente a efectos directos de la temperatura y la radiación sobre el animal, pero no se cuenta en la interacción clima – forraje que también contribuye al estrés del animal.

Observaciones realizadas en Queensland citadas por Bianca, (1965) muestran que a altas temperaturas se reduce el tiempo de pastoreo diario y los animales pasan largos períodos en la sombra.

Se realizaron correlaciones y se encontró que el tiempo de pastoreo se correlacionaba con la presión de vapor del aire, pero no con la humedad relativa.

Yousef, (1985) sugiere que la reducción del tiempo de pastoreo durante el día, debe ser corregido en parte por pastoreos nocturnos.

2.4.2.6. Interacción forraje – temperatura.

Según Ledesma y col. (1995) la reducción del consumo resultante por el calor producirá por sí mismo una disminución en la performance del animal, pero además la situación se agrava ya que las condiciones del clima influyen marcadamente en la calidad de los forrajes y en su cantidad.

Yousef, (1985) afirma que en los análisis de los factores que durante el verano producen alteraciones en la digestibilidad de las pasturas, se debe mencionar: contenido de pared celular, grado de lignificación y los cambios morfológicos que se producen en la estación. Ver Anexos 8 y 9.

Las altas temperaturas ambientales dan una rápida tasa de maduración en forrajes y aumentos en el contenido de la pared celular. Esto ocurre en tallos y hojas de pastos templados y tropicales; pero más en los últimos (National Research Council, 1981).

Mientras el forraje madura hay un aumento en el contenido de la pared celular y baja la digestibilidad de la misma. Si la temperatura ambiente aumenta, la digestibilidad de la materia seca del forraje baja debido al aumento del contenido de la pared y al descenso en la digestibilidad de la misma (Minson y col., (1970) cit. por la National Research Council, (1981)).

Un ensayo citado por Ledesma y col. (1995) muestra que independientemente de la clase de forraje, se produce una caída del 1 % de digestibilidad de la materia seca por cada grado de temperatura ambiente que se incrementa. El mayor impacto se ejerció sobre la digestibilidad de la pared celular potencialmente digestible.

Además de los efectos anteriores Deinum, (1966) agrega que las altas temperaturas bajan los carbohidratos solubles y que con altas intensidades de luz el contenido de la pared celular aumenta.

A su vez, Flamenbaum, (1994) cita que los pastos en verano tienen un contenido más bajo en proteína y un más alto porcentaje de proteína indigerible relacionada a la fibra.

En resumen, la temperatura y la luz (intensidad) contribuyen a aumentar el contenido de la pared celular, que resulta en una menor digestibilidad de la materia seca y en un menor pastoreo de los rumiantes.

Flamenbaum, (1994) postula que existe correlación positiva alta entre la temperatura ambiental y horas de luz durante el día con el contenido de pared celular de los pastos.

Es así que, según Ledesma y col. (1995) gran parte de la depresión del consumo será debida a la menor tasa de pasaje, resultante de una menor tasa de fermentación (aunque más tiempo dentro del rumen) originada en la baja digestibilidad de los pastos.

2.4.3. Efectos en el consumo de agua.

En párrafos anteriores se pudo ver como con incrementos de la temperatura ambiente se producía un incremento en el agua de bebida de los animales. Las demandas serán máximas en condiciones de elevada temperatura y clima seco.

Sin lugar a dudas, en un animal estresado por calor el nutriente más importante es el agua. La ingestión de altos volúmenes de agua en el verano contribuiría a producir un efecto de confort al disminuir las temperaturas del retículo rumen (Valtorta y Gallardo, 1996).

Por otra parte es el nutriente más económico de proveer, siempre y cuando sea suministrada en la cantidad requerida, a la temperatura adecuada y en buenas condiciones de limpieza. (Herrero y col., 1998)

Yousef, (1985) agrega que entre los factores que afectan las necesidades de agua se encuentran el nivel de consumo de materia seca, la forma física de la dieta, el estado fisiológico y la cantidad y calidad del agua de bebida.

La calidad del agua de bebida es citada por muchos autores como una de las causas que limitan su ingestión. Según Valtorta y Gallardo, (1996) el contenido de sólidos totales disueltos es quizás el factor más limitante.

Por agua de calidad se entiende aquella que presenta entre 2500 y 15000 mg por litro de sólidos totales, no contiene contaminantes o microorganismos patógenos (Plan Agropecuario, 1998).

Con respecto a la temperatura del agua, se han realizado numerosos ensayos cuyos resultados coinciden en destacar que éste no es un factor de importancia, mientras su suministro sea continuo.

Sin embargo otros autores citan que la temperatura del agua no debería ser elevada, Bianca, (1965) sugiere que debe estar a aproximadamente 18 °C, lo que permite aumentar el confort animal.

2.4.4. Efectos en la salud animal.

Kelley, (1980) cit. por Johnson, (1994) concluyó que el estrés por calor que comunmente ocurre en el ganado, altera el sistema inmunitario de los animales, aumentando su susceptibilidad a enfermedades infecciosas y a la influencia de enfermedades económicamente importantes.

La alta humedad representa un problema sanitario porque determina la generación de un ambiente adecuado para la proliferación de gérmenes patógenos y el mantenimiento de condiciones apropiadas para el crecimiento en la piel de bacterias, hongos y ectoparásitos (Valtorta y Gallardo, 1996).

Es por esto que Ledesma, (1995) recomienda realizar aspersiones con repelentes en forma de Pour-on, caravanas, etcétera.

Otra de las enfermedades comunes en los meses cálidos es la queratoconjuntivitis. Según Blood, (1992) entre las causas predisponentes a esta enfermedad se enumeran el trabajar con animales en bretes o corrales pequeños, el polvo, insectos, semillas de pastos, cansancio y todo tipo de estrés que pueda sufrir el animal.

Las épocas en que se dan los picos de infecciones son en verano y fines de la primavera ya que debido a las altas temperaturas se disemina rápidamente. Además agrega que es típico ver a los animales afectados buscando la sombra o inclinando la cabeza hacia el ojo enfermo para proporcionársela ellos mismos. Es así que una de las recomendaciones tanto preventivas como curativas es la de proveer a los animales de buena sombra en los meses estivales.

Bianca, (1965) sostiene que la tolerancia al calor a veces puede ser deprimido por un bajo estado sanitario. El desorden causado por el jadeo crónico tiene como secuela enfermedades de boca y pies que a su vez interfieren con la regulación de la temperatura probablemente por un efecto en el funcionamiento de las glándulas endócrinas.

Para Stull, (1997) el efecto del estrés calórico en la susceptibilidad de los terneros depende de muchos factores incluyendo sus niveles inmunitarios, cantidad de patógenos y programas de salud y prevención.

En un ensayo llevado a cabo por Coleman *et. al.*, (1996), para determinar los efectos de proveer de sombra a terneros de razas lecheras durante meses estivales, entre otras variables se realizó un conteo del número total de coliformes fecales que se encontraban tanto en el tratamiento con sombra como en el testigo. Se encontró una cantidad tres

veces mayor de coliformes en el tratamiento con sombra con respecto al tratamiento sin ésta. Sin embargo no existió diferencia en la incidencia de desordenes sanitarios entre tratamientos.

Los investigadores encontraron que las áreas sombreadas proveían un mejor ambiente para el crecimiento bacterias así como para su multiplicación, pero que no afectó la salud de los terneros en forma adversa.

Es posible que el efecto negativo en el tratamiento con sombra, se viera ampliado en años muy lluviosos.

2.5. METODOS DE CONTROL DEL ESTRÉS.

Según Stull, (1997), el primer paso para disminuir el estrés, es ser capaz de identificar signos y síntomas del estrés en el animal individual y en el rodeo. Esto incluye observaciones de comportamiento, indicadores de enfermedades y ganancias de peso y del crecimiento.

El mismo autor más adelante, agrega que luego de identificados los efectos del estrés, un manejo apropiado del ternero que incluye refugio, sanidad, programas preventivos de salud, y nutrición, son esenciales para minimizar el estrés.

2.5.1. Manejo.

El manejo para mejorar la producción del ganado requiere muchos recursos y estrategias. Se debe tener en cuenta cuál es el impacto del clima en la producción, tanto en los animales directamente como en la disponibilidad de alimento. Otro punto a considerar es si los efectos adversos pueden ser contrarrestados para lograr producciones óptimas, o que se trate de otros factores que están siendo limitantes como el mal manejo, malas pasturas o parásitos (Starr, 1988).

Johnson, (1982) agrega que si el clima es el factor limitante, sus efectos se pueden trasladar a términos económicos. Para ello hay que considerar en primer lugar cuánto y cuán a menudo el clima deprime la productividad. Otro punto a tener en cuenta es la relación costo – beneficio de aminorar los efectos del clima (tanto por ajustes de manejo como por construcciones).

2.5.2. Sombra.

La sombra ha demostrado ser muy importante para reducir los efectos de la temperatura ya que disminuye la radiación solar directa (Ledesma, 1995). Ver Anexo 10. Johnson, (1987) ejemplifica esto afirmando que una sombra adecuada puede reducir la muerte de animales en un 33 %, así como tiene efectos positivos en la producción.

En cualquier macroclima el individuo puede seleccionar para sí el microclima que satisfaga su máximo confort térmico o mínima falta de confort. Esto se puede lograr si los animales tienen suficiente espacio para yacer fuera del sol (Swan, 1993)

Las sombras pueden ser clasificadas en naturales y artificiales. A su vez las artificiales comprenden las sombras provocadas por las mallas de sombra y la que proveen los techos completos o tinglados.

2.5.2.1. Sombras artificiales.

2.5.2.1.1. Techos completos o compactos.

Teniendo en cuenta sólo el confort térmico, no se justifica un alojamiento más elaborado que el que pueda proporcionar un tinglado rudimentario (Swan y col., 1993).

Correctamente diseñados, según Bianca, (1965) los techos reducen la carga de calor radiante por sobre el 50 %. El mejor material es el aluminio y es mejor aún, cuando se lo pinta en la superficie exterior de blanco y en la interior de negro.

Los techos deben construirse con materiales que posean alta reflectividad, baja conductividad, baja emisividad hacia el interior. También deben presentar una correcta caída y una máxima altura. Se puede construir un sobretecho para realizar el efecto chimenea, que mejora la circulación de aire (Valtorta y Gallardo, 1996). Según los mismos autores, otro punto a considerar es la orientación. El eje longitudinal de la estructura debería orientarse en sentido este-oeste, para que los animales y las instalaciones estén siempre sombrados.

Sin embargo Swan y col., (1993) indican que el techado completo quizás causa más daño que bienestar ya que restringe el libre movimiento del aire. La humedad puede ser excesiva, conduciendo a su condensación ya que el ganado está caliente y pierde una copiosa cantidad de calor por evaporación, siendo la temperatura del aire tal que su capacidad de transporte de agua es muy baja.

En cambio, en un trabajo llevado a cabo por Kelly, (1957) cit. por Bianca, (1965) la temperatura y movimiento del aire era semejantes al sol que bajo el techo realizado en un material corrugado y galvanizado, pero la temperatura radiante era mucho menor bajo el techado que bajo el sol.

Otro problema que puede ocurrir es que se formen bolos de pelos en el abomaso ya que los terneros se lamen unos a otros (Stull, 1997).

Para Valtorta y Gallardo, (1996) las sombras de materiales compactos, tales como las láminas de zinc, son adecuadas para zonas donde el estrés es constante a lo largo del año, y se requieren estructuras de mayor durabilidad.

Spain, (1996) evaluó las relaciones que se establecían entre el ambiente externo, el microclima de la zona con sombra y el estatus térmico de los animales. El estudio se realizó durante el verano, y se contó con un tratamiento con 9 terneros al sol y otro grupo similar con sombra proporcionada por techos de plástico. Luego del análisis de los resultados, se llegó a la conclusión de que aunque los terneros no fueron expuestos a temperaturas ambiente extremadamente elevadas, la sombra efectivamente redujo el estrés por calor. La carga de energía radiante recibida por los animales se redujo, lo que disminuyó el aumento de temperatura del aire bajo el techo. La prueba fisiológica de que se disminuyó la carga de calor, fue una disminución en las temperaturas corporales y tasas respiratorias de los animales alojados bajo el techo.

2.5.2.1.2. Redes.

Las estructuras basadas en la utilización de redes plásticas son más adecuadas para zonas donde hay una estación cálida definida (Valtorta y Gallardo, 1996).

Se utilizan redes que producen diferentes porcentajes de sombra (Valtorta y Gallardo, 1996). Existe una amplia gama de porcentajes de sombreado, la de 80 % es la más recomendada. Las de 90 % son demasiado cerradas y dificultan la ventilación y las de 60 % dejan pasar demasiada radiación.

Pueden montarse sobre diversos materiales, hasta incluso postes de árboles. Es conveniente que tengan una inclinación para evitar la acumulación de agua de lluvia sobre la red. Esta acumulación no daña la red, pero produce un excesivo humedecimiento del suelo ya que el agua se filtra (Valtorta y Gallardo, 1996).

2.5.2.2. Sombras naturales.

Las sombras de los árboles es una de las más efectivas, ya que no sólo disminuye la incidencia de la radiación, sino que también produce una disminución de la temperatura del aire por la evaporación desde las hojas (Valtorta y Gallardo, 1996).

Para prevenir el estrés por calor se requiere un lugar bien ventilado, pero al reparo del sol, por lo que un monte puede ser tan o más beneficioso que una construcción (Swan y col., 1993).

Bianca, (1965) coincide con lo expresado anteriormente y agrega que la sombra que proveen los árboles fue un poco superior a la que proveen los techos de paja para proteger terneros del estrés calórico.

Del mismo modo Collir *et.al.*, (1981) cit. por Johnson, (1987) reconoce que las sombras naturales son beneficiosas y se recomienda su uso en épocas de temperaturas ambientales elevadas.

No existen dudas acerca de las ventajas de una buena forestación. Sin embargo, si los árboles se utilizan sólo como sombreadero, es necesario destacar algunas desventajas: el desarrollo de un monte es un proceso lento y costoso, y los árboles se ven adversamente afectados por exceso de heces y orina acumulados en el suelo (Valtorta y Gallardo, 1996).

2.5.3. Alimentación.

Según Starr, (1988), los efectos del clima en la pastura pueden imponer efectos importantes en la producción animal, por lo que se debe apuntar a la planificación del manejo de la pastura. Una producción económicamente rentable, requiere de una disponibilidad adecuada de forraje.

Para el buen manejo de la pastura se debería tener en cuenta las distintas categorías del stock y sus requerimientos, rotación de pasturas, conservación de forraje, utilización de suplementos, etc., para algunos períodos del año.

Según Flamenbaum, (1994) las mermas en calidad de las pasturas no deben ser un factor limitante, si se sabe manejarlas bien. El uso de pastoreo en praderas con más alta frecuencia de rotación de potreros permitirá el consumo de pasturas menos maduras y con alta digestibilidad. El uso de alambrados eléctricos con tales fines son muy recomendados.

Otro punto a manejar, es el mencionado por Ledesma y col., (1995) que postulan que debido a que los alimentos groseros como los forrajes producen un incremento calórico mucho mayor que los concentrados o granos, es fácil de comprender que la disminución del consumo será mucho más abrupta en condiciones de pastoreo que en dietas con mayor proporción de granos.

Con respecto a los granos se puede citar según Ledesma y col., (1995) que en el caso del maíz al poseer una alta concentración de energía y tener poca fermentación ruminal, con una alta absorción a nivel intestinal, se presenta como el más deseable y en cambio la avena y el afrechillo, por ser más fibrosos y producir mayor fermentación a nivel ruminal, son generadores de mayores cantidades de calor endógeno.

De esta manera, según Yousef, (1985) si lo que se espera es una alta ganancia de peso la elección de la dieta deberá estar orientada a forrajes con alta concentración de energía por kilo de materia seca.

Gayo, (1998) agrega a lo anterior que la dieta ideal para condiciones de calor debería ser rica en energía: con fibras de alta digestibilidad y proteínas de baja degradación ruminal. Dentro de los suplementos, el afrechillo por ejemplo tiene más fibra y menos energía que el maíz, lo cual trae más fermentación ruminal y produce mayor cantidad de calor.

Si bien la fibra es un constituyente fundamental, principalmente para un buen funcionamiento ruminal, cuando en la dieta se superan determinados rangos (más del 35 % como fibra detergente neutro), afectará el consumo voluntario por llenado ruminal (Valtorta y Gallardo, 1996).

El elevado incremento calórico de las dietas de baja calidad (alta proporción de fibra) puede atribuirse principalmente, a la elevada proporción de ácido acético, con respecto al propiónico, producido durante la fermentación de esos alimentos en el rumen (Blaxter, (1967), cit. por Swan y col., 1993) ya que las diferencias del incremento calórico parecen ser pequeñas.

Es de esperar que los animales reduzcan en menor proporción el consumo de alimentos si se les ofrecen dietas de alta calidad, que si se les da dietas ricas en fibras (Stull, 1997).

Otro punto a tener en cuenta es que se deben dar los alimentos más groseros en los horarios de menor temperatura e inversamente con los alimentos más concentrados (Ledesma y col., 1995).

Hutjens, (1998) agrega que deben mantenerse constantes los tiempos de suministro de alimento, y que además se debe evitar una fermentación secundaria en el comedero proporcionándole sombra sobre el mismo. También recomienda evitar la selectividad tratando de mezclar los alimentos (por ejemplo ensilado y grano).

En cuanto a la proteína no sólo tiene importancia la cantidad en la dieta, sino también su calidad en términos de degradabilidad ruminal.

Además, si en las dietas se suministran proteínas de alta degradabilidad ruminal se debe dar una fuente de carbohidratos fácilmente fermentecible (Valtorta y Gallardo, 1996).

Pensando en los complementos de la dieta, Ledesma y col., (1995) recomiendan la provisión de nutrientes críticos en el verano, como por ejemplo potasio, sodio, azufre y fuentes energéticas que ayuden a maximizar la eficiencia del forraje consumido (grasas). En el caso específico de utilizar sorgo forrajero, es muy importante el contenido de azufre en la formulación, debido al bajo contenido que en general presentan los sorgos.

Si se pretende organizar una suplementación habrá que tener en cuenta los recursos energéticos (granos y grasas) y en la incorporación de proteínas de rápida degradación ruminal (urea), sobre todo si el sorgo y el maíz forman parte importante de la dieta (Ledesma, 1995).

Valtorta y Gallardo, (1996) introducen el concepto de dieta fría, y la definen como aquella que genera una alta proporción de nutrientes netos para la síntesis y disminuye el incremento calórico originado durante la fermentación y el metabolismo. Las características más importantes son: un mayor contenido energético por unidad de volumen, fibra de alta fermentación, menor degradabilidad de proteínas en rumen y un alto contenido de nutrientes que ``puentean`` el rumen (by-pass), por ejemplo proteínas y lípidos. Ver Anexo 11.

La utilización de grasa en la dieta genera menor calor que algunos carbohidratos o proteínas y por lo tanto reduce las pérdidas de calor (Starr, 1988).

En un ensayo realizado por Bunting *et. al.*, (1996) que tenía por objetivos evaluar los efectos de suplementar con grasa, en el crecimiento y metabolismo de terneros Holstein, se encontró que un aumento en el porcentaje de grasa en la dieta mejora el crecimiento de los terneros con estrés calórico, pero que tiene un efecto mínimo en el crecimiento en condiciones de crecimiento dentro de la zona termoneutra.

Según Glauber, (1998) se recomienda no incluir grasa en cantidades mayores de 5 a 7 % con respecto al aporte de grasa de la dieta.

La proteína consumida debe ser cuidadosamente controlada, porque una subalimentación disminuye el crecimiento y la producción, mientras una sobrealimentación aumenta la producción de calor y estrés (Starr, 1988). Glauber, (1998) expresa que la calidad de la proteína es muy importante, principalmente el contenido de lisina.

2.5.4. Suministro de agua.

Dentro de las consideraciones generales también se debe tener presente que la provisión de agua sin limitaciones es la mejor forma de que el animal reduzca su temperatura ruminal, para ello es interesante diseñar bebederos de fácil y rápido llenado (Ledesma y col.,1995).

El impacto principal de una restricción en la ingesta de agua se verá reflejado en un menor consumo de alimento y en consecuencia en un menor crecimiento (Herrero y col. 1998).

Esto según Glauber, (1998) puede traer como resultado una mayor excreción de urea en la orina.

Los requerimientos netos de agua de un animal están dados por la suma de las pérdidas de agua en heces, orina, pérdidas evaporativas para disipación del calor, más el agua retenida en el cuerpo en tejidos para crecimiento (Plan Agropecuario, 1998).

Para el consumo de agua de los animales se deben evaluar características organolépticas, físico-químicas y exceso de determinadas sustancias normales o tóxicas y las características microbiológicas (Herrera y col., 1998) Ver Anexo 12.

Según una publicación del Plan Agropecuario, (1998) una de las categorías de mayor demanda diaria de agua son los animales en crecimiento y los animales lactando (ver Anexo 13). Si se considera que para animales en crecimiento activo el agua llega a representar hasta un 70 % del aumento de peso, los requerimientos de agua deberían ser aumentados.

Una forma de aproximación muy general a las necesidades diarias de agua es calcular un consumo de 10,5 litros cada 100 kg de peso vivo para categorías en crecimiento (Jones, 1994).

Otro punto a tener en cuenta y en el que concuerdan todos los autores citados, es la colocación de las aguadas a la sombra, además de proveer un lugar placentero a los animales no permite que se eleve la temperatura del agua.

Además según Glauber, (1998) la utilización de tanques de agua ubicados a distancia corta y bajo sombra, evita que los animales tengan que elegir entre sombra y agua.

2.5.5. Selección.

Para manejar las tasas de crecimiento en un ambiente estresante, el stock debe ser seleccionado bajo condiciones ambientales específicas, en el cual la progenie del stock va a ser criado (Frisch, (1981) cit. por, Johnson, (1987)).

Según Yousef, (1985) se debe seleccionar por adaptabilidad y crecimiento. Esto fue confirmado por Turner, (1972) y Venter, (1980). Según estos autores en un ambiente tropical las diferencias en producción, pueden ser mostradas por la diferente adaptabilidad de las razas. A menudo se puede obtener mayor progreso en la performance seleccionando por adaptabilidad comparado con una selección directa por performance.

Esto según Johnson, (1987) ocurre por las compensaciones fisiológicas del ganado que se selecciona por el mayor crecimiento bajo condiciones no estresantes. Se deben seleccionar entonces, animales en un óptimo ambiente no estresante para el crecimiento pero también por la tolerancia al calor, basado en test de pequeños períodos de crecimiento y tolerancia al calor.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACION Y DURACION.

El presente ensayo se realizó en la Facultad de Agronomía, en la Estación Experimental San Antonio en el Departamento de Salto, ubicada en Ruta 31 km 21,5.

Se inició el 23 de Diciembre de 1998, con animales Holando y posteriormente, el 31 de Enero de 1999 se incluyeron los animales Hereford. El ensayo finalizó el día 23 de Marzo de 1999.

Cabe aclarar que el período mencionado, corresponde a la fase experimental propiamente dicha, la fase de acostumbramiento fue previa al inicio del ensayo.

3.2. SELECCIÓN DE ANIMALES.

Se utilizaron 20 terneras Holando, pertenecientes a la recría del tambo de la Estación Experimental, y 21 terneras Hereford pertenecientes al rodeo de cría de la misma Estación.

Se utilizaron sólo hembras ya que inicialmente se pretendía evaluar el efecto del ambiente sobre el crecimiento de las recrías de tambo. Posteriormente, al incluirse la raza Hereford, para no introducir al ensayo la variable sexo, también se utilizaron hembras.

Las terneras Holando pertenecen a las pariciones comprendidas entre el mes de Febrero y Octubre de 1998, por su parte las terneras Hereford fueron seleccionadas al azar del total de hembras nacidas en la primavera del '98 .

Cabe aclarar que las terneras Hereford son animales de destete precoz.

Para conformar los lotes de sol y sombra para las dos razas, se tomaron de las terneras ya seleccionadas dos animales con peso similar y al azar un animal se destinó a uno u otro tratamiento indistintamente. Ver Anexo 14.

3.3. TRATAMIENTOS.

Los tratamientos surgen de la combinación de dos factores: raza (Holando y Hereford) y disponibilidad de sombra natural (con acceso a sombra y sin acceso a sombra). De esta manera se obtienen cuatro tratamientos distintos:

- Holando sombra con diez animales
- Hereford sombra con diez animales
- Holando sol con diez animales
- Hereford sol con once animales.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental utilizado, es un diseño de bloques, donde los tratamientos son la combinación factorial (2 x 2) de los factores raza y acceso a sombra.

El análisis de las variables medidas se realizó a través del procedimiento GLM (General Linear Model Procedure), del sistema SAS.

Se aplicaron dos modelos lineales al análisis de los resultados de producción animal. Debido a la diferencia en alimentación entre las razas y las diferencias de edad no se puede realizar un análisis comparativo entre éstas, por lo que los modelos son aplicados a cada raza por separado ya que se los considerará como dos experimentos distintos.

Modelo 1

$$Y_i = u + B_i + E_i$$

Donde:

Y_i = observación asociada al acceso a sombra i .

u = media poblacional.

B_i = efecto del acceso a sombra i .

E_{ij} = error aleatorio.

Modelo 2

$$Y_{ik} = u + T_i + F_k + T_i \times F_k + E_{ik}$$

Donde:

Y_{ik} = observación asociada al tratamiento i , y hora k .

u = media poblacional

T_i = efecto del tratamiento i .

F_k = efecto de la hora k .

$T_i \times F_k$ = interacción entre los tratamientos i , con las horas k .

E_{ik} = error aleatorio asociado a la observación ik .

El modelo estadístico 1, muestra lo sucedido a lo largo de todo el ensayo, por lo que fue utilizado para analizar la variable peso, y de ese modo se pudo determinar cuál fue el mejor tratamiento. Tiene la desventaja que no muestra lo que ocurre durante el experimento.

Para evaluar los efectos durante el experimento se utilizó el modelo 2, en el cual se analizaron las variables fisiológicas (ritmo respiratorio, temperatura rectal).

También se lo utilizó para evaluar los resultados de temperatura de la esfera negra.

3.5. ALIMENTOS.

Durante el experimento la dieta base para todas las terneras consistió en el pastoreo (ad libitum) de una pradera de primer año (sembrada el 15 de junio de 1998) de Trébol Blanco (cultivar Zapicán, 3 kg/há), Lotus (cultivar San Gabriel, 8 kg/há), Dactilis (cultivar Oberón, 12 kg/há) y Trébol Rojo (6 kg/há).

A la siembra se fertilizó con 200 kg de 20-40.

En un primer momento se pensó en administrar suplemento a las dos razas, pero debido a que no todas las terneras Hereford lo consumían, (tanto por no estar del todo acostumbradas como por el efecto dominante de la raza Holando), se decidió quitárselo a todos los animales de la raza Hereford.

El suplemento utilizado fue un silaje de grano húmedo molido de sorgo, a razón de 1 kg/animal/día, ofrecido en horas de la mañana.

Aunque no se realizaron análisis de composición del silo, a simple vista se lo podía caracterizar como de mediana calidad.

3.6. MANEJO.

El ensayo se realizó en un potrero de 9 hectáreas, dividido al medio por un alambrado eléctrico. En una de estas mitades existía un monte natural de Eucalyptus; proporcionando así a los animales del lote de sombra tanto Holando como Hereford, la posibilidad de acceder voluntariamente a la misma.

En la otra mitad, no existía sombreado en ningún momento del día, por lo que los animales estaban continuamente expuestos a la radiación solar.

Ambos potreros contaban con un mismo bebedero con agua ad libitum, el cual estaba dividido al medio por el alambrado que dividía el potrero, es decir que los animales compartían el bebedero.

Todos los días en horas de la mañana se pesaba el suplemento y se les suministraba 1 kg/animal/día a las terneras Holando.

En cuanto a la sanidad, al ingresar al ensayo los animales recibieron una toma contra parásitos gastrointestinales y un saguaypicida. También recibieron un baño contra parásitos externos (garrapatas y mosca del cuerno). Estas medidas sanitarias se realizaron únicamente al inicio del ensayo y no se volvieron a repetir mientras duró este. A principio de marzo se constataron algunos animales con problemas de Queratoconjuntivitis, por lo que se trató a los animales con problemas visibles y a los que comenzaban a presentar síntomas.

La realización de las determinaciones sobre el animal, debieron hacerse en los bretes por lo que los animales debían recorrer una distancia de 1000 metros (ida y vuelta), algunas veces este trayecto se realizaba en dos oportunidades diarias. Por lo tanto al llegar a los bretes se dejaba que los animales descansaran al sol o a la sombra, según el tratamiento al que pertenecieran para que la caminata no influyera en las determinaciones a realizar.

3.7. DETERMINACIONES.

3.7.1. En el ambiente.

3.7.1.1 Temperatura, Humedad Relativa y Precipitaciones.

Las mediciones de estos parámetros se realizaron en la estación meteorológica emplazada en la Estación Exp. de San Antonio. El instrumento que se utilizó para esto fue Weather monitor II, marca Davis, ubicado 1,5 metros de altura en el abrigo meteorológico.

3.7.1.2. Temperatura de la esfera negra.

Se utilizaron 3 esferas ubicadas: una bajo la sombra de un Paraíso, otra bajo la sombra de un monte de Eucalyptus y la última expuesta directamente a la radiación solar.

Los globos negros se construyeron con boyas utilizadas para bebederos, de aproximadamente 20 cm de diámetro. Los mismos eran de metal y pintado de color negro mate. En el interior se les introducía un termómetro que registraba la temperatura interna del cuerpo.

La temperatura dentro de las esferas se medía dos veces por semana en tres horas distintas del día: 9, 12 y 16 horas.

3.7.2. En los animales.

3.7.2.1. Peso corporal.

Se realizaron pesadas una vez por semana a día y hora fija, para disminuir los errores que pudiera acarrear principalmente el llenado ruminal.

Al inicio y a la finalización del ensayo se realizaron dos pesadas en días consecutivos para disminuir errores no solo de llenado ruminal sino también aquellos causados por deyecciones y toma de agua.

3.7.2.2. Temperatura rectal.

Para esta medición se seleccionaron tres animales al azar de cada raza dentro del tratamiento sol y sombra. Es decir que en total eran 12 animales. Estas mediciones se realizaron durante todo el experimento, sobre los mismos animales, dos veces por semana y a dos horas contrastantes 9 y 16 horas.

Los días elegidos para esto fueron los mismos que para la lectura de la temperatura de las esferas negras.

Para medir la temperatura rectal se utilizó un termómetro de uso veterinario.

3.7.2.3. Ritmo respiratorio.

Se determinó esta variable fisiológica sobre los mismos animales, días y horas en que se determinaba la temperatura rectal.

Para esta medición se contó el número de respiraciones por minuto en forma visual.

3.7.2.4. Prueba de comportamiento.

Ésta se realizó los días 26/2/99 y 6/3/99, en el período de tiempo que va de 7:30 a 19:30. Las observaciones del hábito de pastoreo se realizaban en intervalos de 30 minutos, contabilizando así los animales que se encontraban comiendo, rumiando o quietos.

3.7.3. En la pastura.

3.7.3.1. Disponibilidad.

Los cálculos de disponibilidad se realizaron con el fin de comprobar que la asignación de forraje por animal no era limitante, y así poder restarle importancia a la alimentación como un factor que pudiera estar afectando las ganancias de peso de los animales.

Se realizaron cortes de la pastura los días 14/1/99, 10/2/99, 2/3/99 y 15/3/99; con el fin de determinar la composición botánica de la pastura y su disponibilidad de materia seca por hectárea.

Para esto se realizaron diez cortes al ras de la pastura utilizando cuadros de 30 cm de lado. Esto se realizó tanto para el potrero del sol como de la sombra para comprobar que las condiciones eran iguales para los dos tratamientos.

Las muestras se pesaban, se separaban en sus distintos componentes y nuevamente eran pesados. Luego se llevaban a secar a una estufa para así poder determinar su contenido de materia seca.

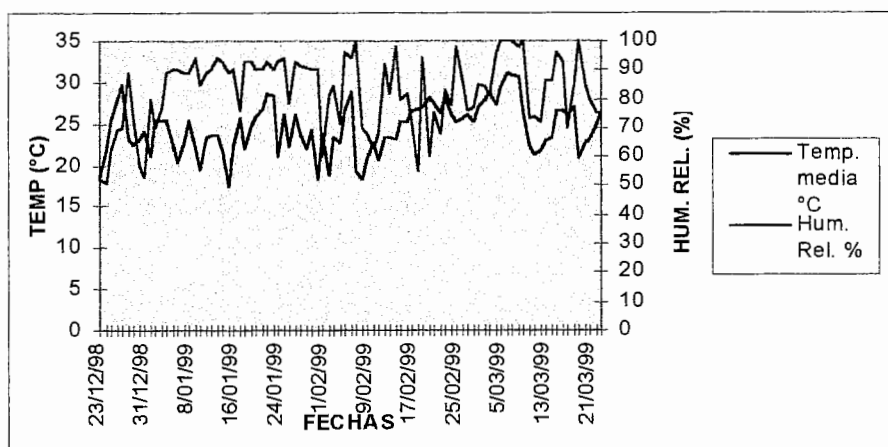
4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES AMBIENTALES

4.1.1. Temperatura y Humedad relativa.

En el figura que se presenta a continuación se pueden observar las temperaturas y humedades relativas medias registradas para el período comprendido entre el 23/12/98 y 23/3/99 en la estación meteorológica de la EEFAS.

Figura 1. Temperatura y Humedad Relativa media para las fechas comprendidas entre 23/12/98 al 23/3/99.



Fuente : Cátedra de Agrometeorología .
Estación Experimental Salto.

Comparando estos datos con los obtenidos de una serie de datos correspondiente a 30 años, se puede observar que para el mes de Diciembre se registró una temperatura media mensual menor que la registrada en el promedio de la serie de 30 años en el departamento de Salto.

Para el mes de Enero, los datos de temperatura media registrados durante el ensayo fueron también menores a los que se obtuvieron en el promedio de los 30 años.

Sin embargo para el mes de Febrero, se observó una temperatura media mensual mayor a la registrada en el promedio histórico, aunque la magnitud de la diferencia es muy pequeña. En Marzo se da la misma tendencia, pero en este caso la diferencia es ampliamente mayor que en el caso anterior.

En el cuadro resumen que se presenta a continuación se pueden comparar los datos climáticos para el período 23/12/98 al 23/3/99 con los datos obtenidos en la serie de años 61-90.

Cuadro 3 . Temp. Media mensual, temp. máxima media , temp. mínima media , temp. máxima absoluta, temp. mínima absoluta y humedad relativa para el período 23/12/98 al 23/3/99 y para los años 61 al 90.

	Dic.	Dic.	En.	En.	Feb.	Feb.	Mar.	Mar.
Período:	98-99	61-90	98-99	61-90	98-99	61-90	98-99	61-90
temp. media	22.4	23.5	23.4	25	24.4	23.9	24.7	21.6
temp. máx. med.	28.8	30.2	29.9	30.2	31.2	30.3	30.7	27.8
temp. mín. med	16.0	17.1	16.9	18.7	17.6	17.9	18.6	16.0
temp. máx abs.	36.3	41.0	35.2	42.2	34.8	41.6	38.4	39.9
temp. mín abs	10	5.4	9	8.4	9.9	7	11.2	4.7
humedad rel.	69	64	89	63	79	68	84	72

En el caso de la temperatura máxima media, ocurre lo mismo que con la temperatura media mensual, es decir que en los meses de Diciembre y Enero se registran valores menores al promedio histórico, mientras que en los meses restantes se observan temperaturas superiores.

Sin embargo, para el caso de la temperatura máxima absoluta, durante todos los meses analizados en el ensayo, se registraron temperaturas inferiores que durante la serie de datos.

Para el factor humedad relativa se observaron valores superiores en el período 98-99, para los 4 meses estudiados.

Bianca, (1973) determinó mediante estudios, distintos rangos de temperaturas que determinan diferentes grados de severidad en el estrés sufrido por los animales expuestos a estas condiciones. Dichos rangos se presentan a continuación.

Cuadro 4 _ Valores de temperatura que determinan distintos tipos de estrés.

Temperaturas (°C)	Tipo de estrés
menores de 25°C	sin estrés
25°C – 29°C	estrés leve
29°C – 32°C	estrés severo, cese de crecimiento

Fuente: Bianca, (1973)

Para realizar un análisis más a fondo del tiempo que los animales son sometidos a los diferentes niveles de estrés, se debió estudiar hora por hora las temperaturas medias registradas durante el período que duró el experimento, en la Estación Agroclimática de

la Regional Norte de la Facultad de Agronomía. Éstos se presentan a continuación en el cuadro 5 y en forma más detallada en los Anexos 15 y 16.

Cuadro 5 _ Sumatoria de las horas y porcentaje de tiempo en que son sometidos los animales a los distintos tipos de estrés durante todo el ensayo.

Temperatura (°C)	Tipo de estrés	Sumatoria horas	Porcentaje horas (%)
menores 25 °C	sin estrés	1334	65
25 °C- 29 °C	estrés leve	429	21
29 °C- 32 °C	estrés severo	277	14

Analizando la temperatura durante el ensayo se puede observar, que durante el 35 % del tiempo que duró el mismo, los animales sin acceso a sombra fueron sometidos a algún tipo de estrés. Es de destacar que durante un 14 % del tiempo que implicó el ensayo, las temperaturas registradas indican un estrés severo; según Bianca, (1973) este grado máximo de estrés determina el cese de crecimiento de los animales.

Es importante indicar que estos datos fueron obtenidos hora a hora desde el día 23/12/98 al 17/3/99 y que se observaron las mayores temperaturas durante el día y las menores durante la noche. Esto implicaría que durante las horas de la noche las terneras pudieron recuperarse del estrés experimentado durante el día.

En promedio se calculó que los animales permanecían entre 8.5 a 10 horas diarias, bajo condiciones de algún tipo de estrés.

Cabe aclarar que los datos de temperatura provienen de dos fuentes distintas: del 23 de diciembre 1998 hasta el 31 de diciembre 1998 corresponden a la Estación automática Davis y del 1 de enero 1999 hasta el 17 de marzo 1999 corresponden al termohigrógrafo Casella. La aclaración fue realizada ya que los termómetros de mercurio son más sensibles que los termómetros de alcohol (comunicación personal Ing. Agron. Celmira Saravia).

4.1.2. Índice de Temperatura y Humedad.

En el cuadro 6 se pueden observar los datos de ITH en los meses donde se realizó el experimento comparándolos con el ITH de la serie histórica del 61-90.

Cuadro 6 _ Valores de ITH para Diciembre-Marzo para los años 61-90, 95-96, 96-97 y 98-99, para el Departamento de Salto.

	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Prom.
1998-1999	70 (72)	73	74	75 (77)	73 (74)
1996-1997 (1)	74	75	72	S/d	74
1995-1996 (2)	72	73	71	S/d	72
1961-1990	71	73	72	69	71.25

(X) valores que corresponden a los promedios calculados únicamente con los días en que en ese mes ocurrió el ensayo.

(1) Tesis Invernizzi- Marziotte, (1998)

(2) Tesis Azanza- Machado, (1997)

Observando los promedios se puede decir que para los meses donde se realizó el ensayo, el ITH calculado promedio fue superior al calculado en la serie histórica.

Analizando ahora mes a mes se puede ver que sólo en diciembre el ITH del período en estudio fue levemente inferior al dato histórico, mientras que en enero no se registraron diferencias entre los dos períodos que se comparan. Sin embargo, se puede observar una diferencia importante entre estos dos meses en el período 98-99.

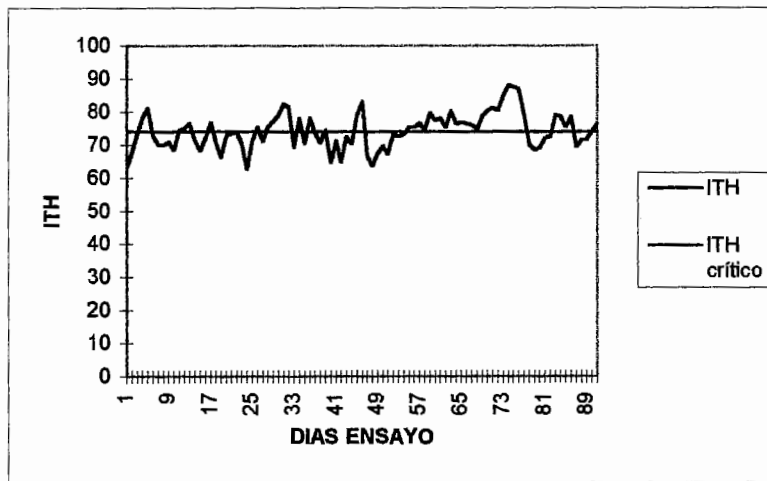
En el caso de febrero y marzo es notorio el aumento con respecto a la serie histórica.

El valor promedio de ITH del experimento (74), es igual al valor límite de ITH calculado para las terneras. Analizando día a día el ITH promedio se puede decir que del total de 91 días que comprendió el experimento, 44 días se estuvo por encima del límite máximo de ITH, mientras que 5 días el ITH fue igual al límite y el resto de los días por debajo.

En la figura 2 se observa la evolución del ITH medio durante los días que duró el experimento, comparándolos con el ITH crítico del animal.

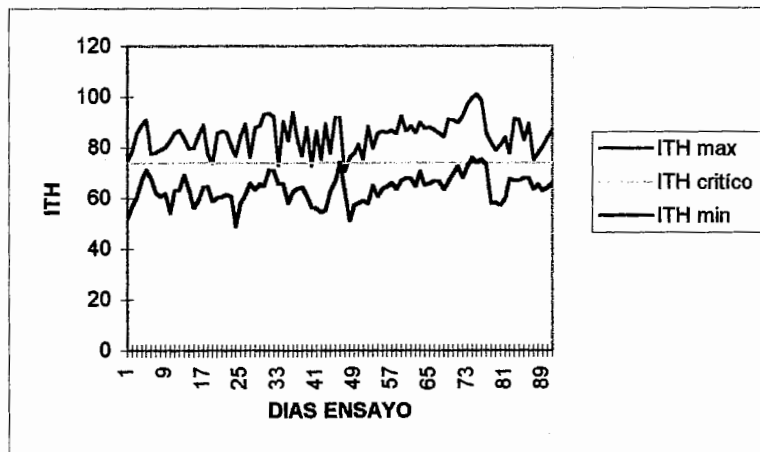
Si bien se observan fluctuaciones del ITH calculado con respecto al crítico, se podrían diferenciar dos períodos: el primero que abarcaría hasta aproximadamente el día 55 del experimento donde el ITH medio se sitúa en más ocasiones por debajo del crítico, permitiéndole al animal experimentar momentos de recuperación. Y un segundo período en el que el ITH crítico se ubicaría la mayoría del tiempo por sobre el crítico, permitiendo menos momentos de recuperación.

Figura 2. Evolución del ITH medio para el período Dic. 98-Mar. 99.



Además de la variabilidad del ITH que existe entre días, hay variación dentro de cada día dado por la variación de temperatura y humedad a lo largo del mismo, que determina momentos en que el ITH se sitúa por sobre el crítico o por debajo del mismo durante un mismo día. Lo anterior se puede ver en la figura 3.

Figura 3. Evolución de ITH máximo y mínimo durante los días del ensayo.



4.1.3. Temperatura de la esfera negra.

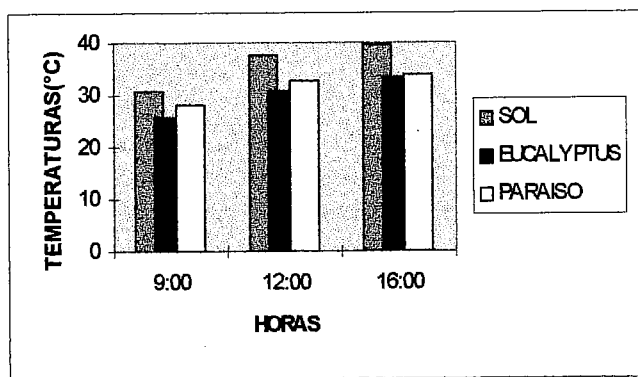
Para las tres horas en que se realizaron las lecturas de temperatura de la esfera, se puede ver en el promedio de las observaciones, que siempre la mayor temperatura se registra en la esfera que se encuentra al sol.

También en todos los casos se puede observar que a la temperatura del sol le siguen, en orden decreciente, la temperatura de la esfera a la sombra del paraíso y por último, con los menores registros de temperatura para todos los datos se encuentra la esfera a la sombra del eucalyptus.

Estas diferencias entre los tratamientos analizadas estadísticamente resultaron significativas ($P < 0.05$). En el Anexo 17 se presenta el resumen del análisis de SAS.

Lo anterior se puede observar en la figura 4, y los datos numéricos en el Anexo 18.

Figura 4. Temperatura media de las esferas negras para tres horas del día; 9, 12 y 16 para el período Diciembre '98, Marzo '99.



Si se calculan las diferencias entre las lecturas de las 3 esferas dentro de cada hora de medición, se puede observar que las mayores diferencias en temperatura se encuentran entre la esfera del sol y la esfera ubicada en el eucalyptus en los 3 horarios, y que además ésta diferencia es mayor en los horarios de mediodía y de tarde, siendo máxima a las 12:00.

La diferencia en temperatura entre sol y paraíso también comienza a hacerse mayor hacia la tarde aunque alcanza su valor máximo a las 16:00.

Por otro lado, la diferencia en temperatura entre las esferas a la sombra es menor que en los casos anteriores y a la inversa de las otras relaciones, la diferencia comienza a caer desde el mediodía, casi no existiendo diferencia a las 16:00. (Ver Cuadro 7)

Cuadro 7 _ Diferencias de temperaturas de las esferas negras, entre tratamientos a 3 horas distintas.

	9:00	12:00	16:00
Sol- Eucalyptus	4.8	6.9	6
Sol- Paraíso	2.7	5.2	5.7
Paraíso- Eucalyptus	2.1	1.7	0.3

Ahora, observando dentro de cada tratamiento (sol, sombra eucalyptus y sombra paraíso), podemos ver que la mayor amplitud térmica para los mismos, en todos los casos se da entre las 9:00 y las 16:00, siendo mayor en la esfera al sol (8.8 °C) que en las otras 2 ubicadas a la sombra.

A su vez, entre estas 2 últimas se observa una mayor amplitud térmica a la sombra del eucalyptus (7.6 °C).

Es importante destacar en este punto, que la amplitud observada entre las 9:00 y 16:00, se debe principalmente al incremento de temperatura importante que ocurre entre las 9:00 y 12:00.

La menor diferencia se encuentra en los 3 casos entre las 12:00 y las 16:00 horas, aunque en este caso, la mayor amplitud térmica corresponde a la sombra del eucalyptus. (Ver Cuadro 8).

Si bien las menores amplitudes térmicas durante las distintas horas se encontraron bajo la sombra del paraíso, lo que aparentemente podría indicar una mayor estabilidad de la temperatura bajo este tratamiento, no se debe olvidar que las menores temperaturas se registraron en todos los casos bajo la sombra del eucalyptus.

Cuadro 8 _ Diferencias de temperaturas de las esferas negras entre horas dentro de cada tratamiento.

	Sol	Paraíso	Eucalyptus
9:00-12:00	7.1	4.6	5
12:00-16:00	1.7	1.2	2.6
9:00-16:00	8.8	5.8	7.6

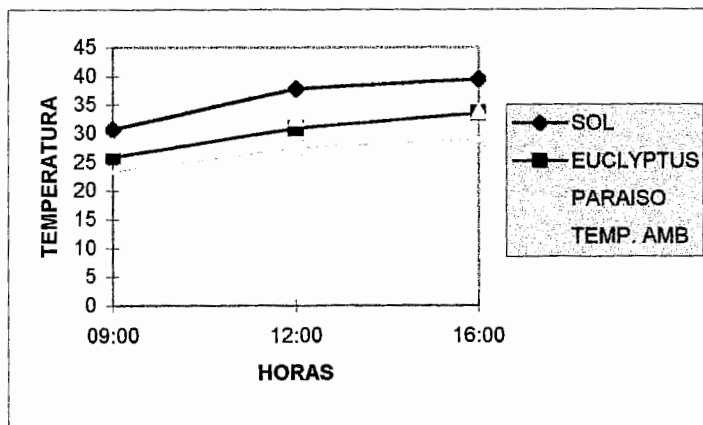
Analizando estadísticamente las diferencias entre horas de las temperaturas de una misma esfera (tratamiento), se puede concluir que las diferencias encontradas son significativas ($P < 0.05$). Sin embargo cuando se estudió analíticamente la interacción tratamiento-hora, resultó que esta no era significativa ($P > 0.05$).

Como se puede observar en la figura 5, se le ha anexado a las temperaturas registradas en las esferas al sol, eucalyptus y paraíso la temperatura ambiental, y se puede ver que esta última, como era de esperar, sigue las tendencias observadas en las

esferas. Donde la máxima temperatura se registra a las 16:00 horas (28.93 °C), seguida por la de las 12:00 horas (27.52 °C) y por último las registradas a las 9:00 horas (23.35 °C).

Cabe aclarar que para el cálculo de las temperaturas promedio ambiental se utilizaron los registros en los mismos días de medición de las esferas.

Figura 5 _ Comparación de la temperatura ambiental con la temperatura de las esferas negras.



Por todo lo expuesto anteriormente se puede concluir que el hecho de disponer de sombra le permite al animal experimentar una menor sensación térmica. No se puede inferir que la sombra de eucalyptus es más efectiva que la de paraíso, ya que no es correcta esta comparación debido a que cuando se habla de eucalyptus se trata de un pequeño monte y del paraíso se trata de un único árbol.

4.2. RESULTADOS EN LA PASTURA.

4.2.1. Disponibilidad.

Como se mencionó anteriormente los muestreos de la pastura se realizaron en cuatro momentos distintos del ensayo. En el cuadro 9 se presentan los cálculos de disponibilidad, carga, presión de pastoreo y asignación de forraje para cada medición. En el anexo19 se presenta como contribuye cada componente botánico de la pastura en la disponibilidad de materia seca.

Cuadro 9 _ Disponibilidad (kg/MS/há), carga (anim/há), presión de pastoreo (kgMS/anim/día) y asignación de forraje (% PV).

POTRERO SOL

FECHA	DISP.	CARGA	P.P.	ASIG.
14/1/99	3638.9	2.2	61.26	48
10/2/99	1498.9	4.6	16.29	12
2/3/99	2877.7	4.6	48.12	31
15/3/99	1321.1	4.6	31.9	21

POTRERO SOMBRA

FECHA	DISP.	CARGA	P.P.	ASIG.
14/1/99	3378.9	2.2	56.88	45
10/2/99	2187.8	4.4	24.86	17
2/3/99	1700	4.4	29.7	18
15/3/99	1574.4	4.4	39.76	25

De la observación de los cuadros se desprende que la dieta base, en este caso una pradera de Dactilis, Trébol rojo, Trébol blanco y Lotus, no limitó en ningún momento las ganancias de peso de las terneras; ya que analizando las asignaciones de forraje, la menor de ellas (12 %) cubre los requerimientos para lograr el mantenimiento y altos aumentos de peso.

Cabe destacar que las terneras Holando además de la dieta base contaban con 1 kg de suplemento por día.

De este modo se estaría eliminando al alimento como una variable que podría estar influyendo en las ganancias de peso.

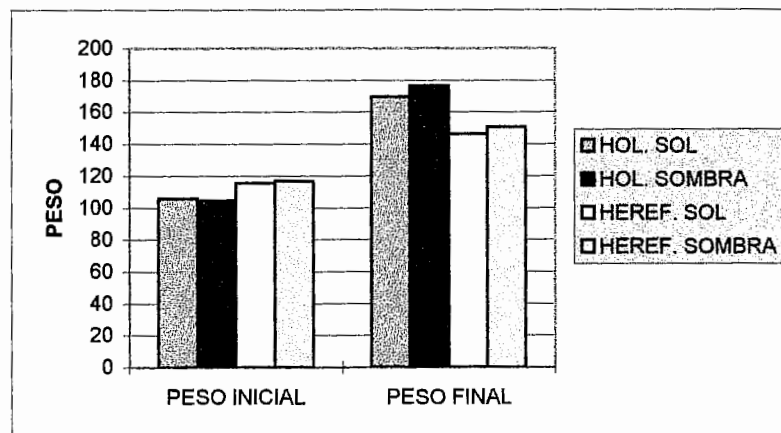
4.3. RESULTADO EN LOS ANIMALES.

4.3.1. Peso vivo.

El peso promedio inicial de los animales dentro de cada raza fue similar para cada tratamiento (sol-sombra), pero no ocurrió lo mismo con el peso promedio final encontrándose diferencias entre los tratamientos sol-sombra en ambas razas.

Las diferencias entre las razas se deben a efectos genéticos, tiempo dentro del ensayo, edad y alimentación principalmente. Esto se ve reflejado en la figura 6, mientras que los valores en kg de los pesos se ven en el anexo 20.

Figura 6 _ Peso inicial y final (kg) por raza y tratamiento.



Al comienzo del ensayo, las terneras Holando que pertenecían al tratamiento con acceso a sombra, en promedio pesaban 104,4 kg. En el caso de las terneras Holando, pero del tratamiento sin sombra, pesaron al inicio 105,8 kg en promedio.

Al final del ensayo los animales del tratamiento con acceso a sombra pesaron 176,4 kg mientras los animales del otro tratamiento pesaron en promedio 169,4 kg.

Es de destacar en este caso; que en promedio los animales Holando del tratamiento con sombra, pesaban al inicio menos que los del tratamiento sin sombra, sin embargo durante el transcurso del estudio no sólo los alcanzaron sino que pesaron más que estos últimos.

Para el caso de la raza Hereford se dio la misma tendencia; al inicio los animales del tratamiento con sombra pesaban 116.9 kg mientras que los del sol pesaban en promedio 115.7 kg.

Cuando finalizó el ensayo las terneras del primer caso pesaban 150.9 kg y las del segundo caso en promedio tenían un peso de 146,4 kg.

En la tesis realizada por Azanza y Machado, (1997), en vacas lecheras se constató una tendencia a un mayor peso final para los tratamientos con acceso a sombra, si bien estos no fueron significativas ($P > 0.1$), aunque el peso vivo no fue una variable a tener en cuenta para el bloqueo y el promedio de peso inicial para los tratamientos fue diferente.

Otro ejemplo es un ensayo realizado por Bianca, (1962) en el que utilizó terneros de 9 meses de edad, expuestos simultáneamente en una sala climática con diferentes ambientes calientes, que diferían en el porcentaje de humedad y de temperatura. La exposición a los distintos ambientes se repitió tres veces y duraban aproximadamente 5

horas. El análisis de los resultados permitió observar cómo los mayores pesos finales correspondieron a los animales expuestos a ambientes menos estresantes. El autor afirma que durante una exposición al calor los animales pueden llegar a perder más de 9 kg. de peso. Por supuesto que la magnitud de esta pérdida aumentaría con los aumentos de la carga calórica ambiental.

En las figuras que se presentan a continuación se puede ver como evolucionó el peso durante el ensayo para cada una de las razas estudiadas.

Figura 7 _ Evolución de peso de la raza Hereford en el período de estudio.

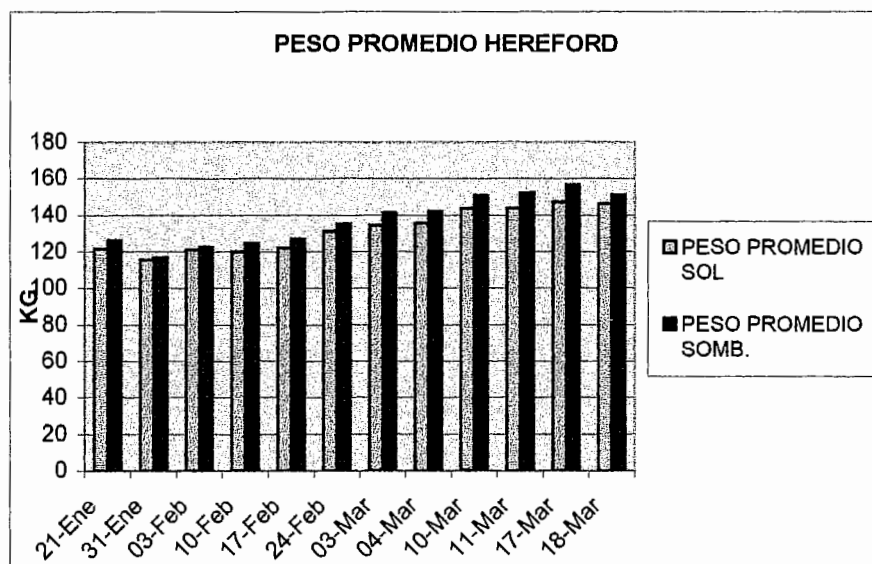
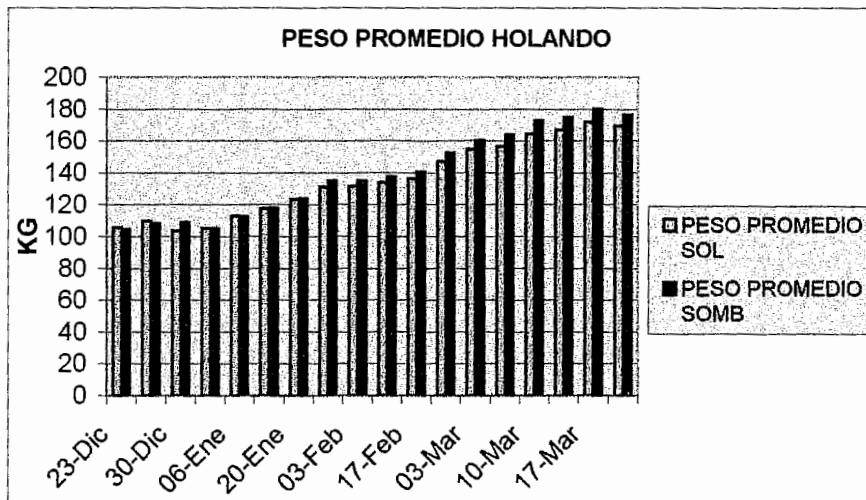


Figura 8 _ Evolución de peso de la raza Holando en el período de estudio.



En cuanto a las ganancias diarias en ambientes con potencial estresante, Johnson, (1987) utilizando animales pequeños con alimentación ad libitum, encontró menores crecimientos a 27 °C y lo explicó por la disminución del apetito a altas temperaturas. Similares resultados fueron encontrados por O'Bannon cit. por Bianca, (1965), y por Mendel, (1971) cit. por Johnson, (1987) utilizando este último animales Hereford x Angus.

Schneeberger, (1980) cit. por Jones (1981), realizó un ensayo con terneros Holstein con alta alimentación observó que con temperaturas mayores o iguales a 27 °C pesaron 50 kg menos a los 24 meses de edad, que sus medios hermanos con igual alimentación pero a menores temperaturas.

Un ensayo similar al anterior fue realizado por Hancock, (1955) cit. por Bianca, (1965), en el que se separaron pares de mellizos, uno de ellos era llevado a Nueva Zelandia y el otro a Fiji (dónde el clima es más estresante), en ambos lugares se procuró la misma alimentación y manejo. En los resultados se observó que los animales en Fiji eran 9.6 % más livianos.

En el presente ensayo, los cálculos de las ganancias de peso promedio diarias se realizaron a partir del procedimiento de regresión lineal aplicado a cada raza y tratamiento por separado. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 10. Los valores individuales de ganancia diaria se presentan en el anexo 21.

Cuadro 10 _ Ganancia promedio diaria (kg/día) por raza y por tratamiento.

Tratamiento	Ganancia
Heref. Sol	0.68
Heref. Sombra	0.82
Hol. Sol	0.79
Hol. Sombra	0.91

Del cuadro anterior se desprende una diferencia significativa ($P < 0.05$), entre las ganancias promedio calculadas para cada tratamiento dentro de las dos razas. La magnitud de la diferencia entre tratamientos para la raza Hereford es de 0.14 kg/día, mientras que para la raza Holando la diferencia es de 0.12 kg/día. Cabe repetir que estas diferencias en ganancia diaria a favor del tratamiento de la sombra, resultaron estadísticamente significativas ($P < 0.05$). Ver Anexo 22.

De lo anteriormente expuesto, se puede destacar en primer lugar, que al igual que en los resultados obtenidos por diversos autores, los animales expuestos en forma directa a ambientes estresantes ven resentido su crecimiento así como sus ganancias diarias. En segundo lugar, en el ensayo realizado por Bianca, (1965) con animales de carne, separados en lotes con y sin sombra, se observaron diferencias significativas en las ganancias diarias entre los dos tratamientos de 0.093 kg/día a favor de los animales con sombra. Estos resultados, presentan tendencias similares a las obtenidas en el presente ensayo; al carecer de más datos sobre el ensayo realizado por Bianca (alimentación, edad de los animales, manejo, temperaturas ambientales, raza, etc.) es imposible comparar los valores obtenidos en uno y otro ensayo.

En la tesis realizada por Invernizzi y Marziotte, (1998), con vacas Holando en producción, al igual que en el presente ensayo, se nota claramente la mayor ganancia diaria de los animales con sombra frente al grupo de los animales con sol. Los datos obtenidos fueron: 0.41 kg/día para los animales con confort (mojado y ventilación en corral de espera, además de sombra), 0.27 kg/día para los animales con sombra natural y por último el grupo de los animales del sol permanecieron sin obtener ganancias en los 42 días de ensayo.

La ganancia de peso obtenida por estos animales de lactancia media avanzada, demuestran el efecto de la sombra y mojado-ventilado sobre la recuperación del peso corporal, ya que el estrés calórico no solo limita el crecimiento de animales jóvenes sino que también limita la formación de reservas corporales en animales de lactancia tardía o en período seco (Flamenbaum, 1994).

El menor aumento de peso de los animales al sol, puede ser explicado por la partición de energía, la cuál se destina mayormente para eliminar el exceso de calor corporal, mediante aumentos en la tasa respiratoria (jadeo). Este jadeo que constituye uno de los

mecanismos más efectivos para disipar el calor, contribuye a aumentar los requerimientos de mantenimiento (Gallardo, 1995 cit. por Invernizzi y Marziotte, 1998). Por su parte, Ledesma *et al.*, 1995, menciona que para una respiración ligeramente agitada se incrementa la energía de mantenimiento en un 7 %, mientras que en un pronunciado jadeo dicho incremento es de un 11 a un 25 %.

No solo se encontraron diferencias entre tratamientos sino que también se comprobaron diferencias entre razas. En primer lugar es de destacar que existió una relación forraje/ concentrado diferente entre las razas, donde los Holando tuvieron una relación menor que los Hereford. Esto haría suponer que los animales Holando logran las mayores ganancias, lo que fue comprobado en los resultados del ensayo. Sin embargo cuando se observan las diferencias en ganancias entre los dos tratamientos para ambas razas, Hereford obtuvo la mayor diferencia (0.14 kg/día) con respecto a Holando (0.12 kg/día).

Lo anterior puede ser explicado en parte, por la alimentación, ya que los animales Holando recibieron las llamadas “dietas frías”, que genera una alta proporción de nutrientes netos para la síntesis y disminuye el incremento calórico originado durante la fermentación y el metabolismo (Gallardo y Valtorta, 1996). Es por esto que los animales Holando al sol, con este tipo de alimentación, se diferenciaron menos de sus pares a la sombra que los de la raza Hereford, ya que obtuvieron mayor energía neta y una alta eficiencia de transformación de la energía que los últimos.

A lo anterior se le suma el efecto edad; los animales Hereford en promedio eran más jóvenes que los Holando. Esta característica pudo tener efecto en las altas ganancias de los animales Hereford, ya que los animales más jóvenes poseen mayor eficiencia de conversión de alimento a carne (Ing. Agr. Alvaro Simeone, comunicación personal).

De lo anteriormente expuesto se desprende que la presencia o ausencia de sombra afecta en forma significativa la ganancia de peso diaria de los animales.

4.3.2. Temperatura rectal.

Según Nardone *et al.*, (1997) terneros expuestos a altas temperaturas del aire tienen rangos más altos de temperaturas rectales ($P < 0.01$), estos están comprendidos para animales en confort térmico en 39.2 °C y animales expuestos a altas temperaturas del aire en 39.8 °C.

También Bianca (1965), al igual que Stull (1997) encontraron que animales expuestos al sol presentaban mayores temperaturas rectales que animales que estaban a la sombra.

En cuanto a datos nacionales, en la tesis realizada por Azanza y Machado, (1997), se constató que los animales que permanecieron con acceso a sombra tuvieron siempre menor temperatura rectal a las 14:30 horas, con respecto a los que no tuvieron acceso a sombra, siendo esta diferencia significativa ($P < 0.05$). En cuanto a la temperatura rectal nocturna (1:00 horas), también existieron diferencias significativas en temperatura rectal entre sol y sombra ($P < 0.1$).

Sin embargo en la tesis de Invernizzi y Marziotte, (1998) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos sol y sombra a las 7:00 horas ($P > 0.01$), encontrándose sí, diferencias para la tarde (17:00 horas) con una $P < 0.01$. O sea, los animales sin acceso a sombra, en la tarde aumentaron significativamente su temperatura corporal.

Cabe aclarar que ambas tesis fueron realizadas en el departamento de Salto, pero que se trabajó con vacas lecheras.

En este experimento no se confirmó que los animales expuestos al sol presentaran mayores temperaturas rectales que los animales con acceso voluntario a la sombra, los valores promedio son los presentados en el cuadro 11. Estas diferencias no son significativas ($P > 0.05$). Ver Anexos 23 y 24.

Cuadro 11 _ Temperaturas rectales de Hereford y Holando expuestas a los distintos tratamientos para el período Diciembre '98 a Marzo '99.

Raza	Tratamiento	Temperatura (°C)
Hereford	Sol	39.86
Hereford	Sombra	39.91
Holando	Sol	39.52
Holando	Sombra	39.43

Del mismo modo ocurrió en un ensayo realizado por Coleman *et. al.*, (1996). El mismo fue realizado durante dos años consecutivos con el objetivo de determinar los efectos de proveer de sombra a terneros de razas lecheras. Se trabajó con grupos de 9 animales en cada tratamiento (tratamiento con sombra y testigo) en los dos años y la sombra estaba producida por un techo de plástico. En la evaluación de los resultados se encontró que durante el primer año los terneros con sombra tenían una mayor temperatura rectal que el tratamiento testigo, aunque la diferencia era muy pequeña (39.7 vs. 40 °C) fue significativa ($P < 0.05$). Pero durante el segundo año las diferencias en temperatura rectal entre tratamientos no fueron significativas, y no superó los 39.7 °C a pesar de que las temperaturas bajo la sombra eran elevadas.

Considerando únicamente los tratamientos (promediando los resultados de las dos razas), al sol la media fue de 39.69 °C mientras que a la sombra fue de 39.67 °C y como fue dicho anteriormente, las diferencias no son significativas ($P > 0.05$)

Cuando se comparan razas y horas por separado se encuentran diferencias significativas ($P < 0.05$). No ocurre esto cuando se comparan los tratamientos.

Las tendencias marcan mayores temperaturas rectales en Hereford; la temperatura promedio de la raza fue $39.88\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que en Holando el promedio de la raza fue $39.47\text{ }^{\circ}\text{C}$ (significativo con $P < 0.05$).

Una de las posibles causas de que los animales Hereford hayan experimentado mayor grado de estrés (evidenciado por una mayor temperatura rectal), sería la alimentación recibida por estos, ya que la dieta consistía únicamente en pastura mientras que las terneras Holando recibían una dieta con una menor relación pastura/suplemento (consumían 1 kg suplemento/animal/día, lo que significa un 25 % de la dieta).

En cuanto a las distintas horas en que se realizaron las mediciones, (tomando nuevamente el promedio de razas) las mayores temperaturas se dieron a las 16 horas, alcanzando una media de $39.89\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que a las 9 horas la media fue de $39.47\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estas diferencias resultaron significativas, como era esperable ya que los animales estuvieron expuestos por más tiempo a posibles condiciones de estrés.

Estos datos son concordantes con los obtenidos a nivel nacional, así como con la bibliografía consultada, que permiten afirmar que el tiempo de recuperación térmica nocturno es suficiente para disminuir a los valores normales de temperatura corporal. Flamenbaum, (1986) cit. por Invernizzi y Marziotte, (1998), en un Informe de Consultoría, señala que al existir temperaturas mínimas que no superan el índice crítico, indica que los animales tienen varias horas de recuperación térmica durante la noche, lo que funciona a favor del estado térmico de los animales y no permite efectos severos del calor en ellos e inician el día en estado normotérmico.

Al analizar las interacciones tanto de razas como de tratamientos con las distintas horas, se obtuvo, que cualquiera sea la raza como el tratamiento siempre se experimentaba mayores temperaturas rectales a las 16 horas que a las 9 horas.

Estos datos son concordantes con la bibliografía, ya que los animales expuestos durante más tiempo a estrés tienden a experimentar mayores temperaturas rectales.

A continuación se presentan los cuadros que muestran estos resultados.

Cuadro12 _ Temperaturas rectales de Hereford y Holando a distintas horas del día.

Raza	Hora	Temp. rectal (°C)
Hereford	16	40.09
Hereford	9	39.68
Holando	16	39.69
Holando	9	39.26

Cuadro 13 _ Temperaturas rectales de los distintos tratamientos a las distintas horas.

Tratamiento	Hora	Temp. rectal (°C)
Sol	16	39.93
Sol	9	39.44
Sombra	16	39.84
Sombra	9	39.49

Si bien en el último cuadro no se observan diferencias significativas ($P > 0.05$), entre los tratamientos (y sí entre horas), se logra visualizar que las diferencias entre las temperaturas rectales entre tratamientos a una misma hora tienden a aumentar hacia la tarde. De algún modo se podría estar reafirmando que los animales a la mañana comienzan en estado de normotermia. El hecho de que los animales del tratamiento con sombra en horas de la mañana experimenten $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ más que el tratamiento con sol, confirma lo anteriormente postulado y lo sugerido por Azanza y Machado, (1997), que afirman, que las vacas sometidas a más alto estrés logran, en las horas de recuperación térmica, bajar más la temperatura corporal que los animales que sufrieron un nivel más bajo de estrés.

Si bien existe una tendencia a menores temperaturas a las 9:00, estas son mayores a las temperaturas rectales normales en animales en homeotermia ($38,5\text{-} 39\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la mayoría de los autores).

Una de las explicaciones a esto es que los animales a las 9:00 ya experimentarían algún grado de estrés térmico, con el consiguiente aumento de la temperatura rectal.

Una segunda explicación, y probablemente la más importante, es que los animales recorrían 500 m. desde el potrero hasta el lugar donde se realizaban las mediciones. Esto concuerda con lo expuesto por Bianca, (1973) quien afirma que el ejercicio físico, entre otras causas, eleva la temperatura corporal.

Cuando se analiza la interacción raza, tratamiento y hora los resultados no muestran una diferencia significativa, de todos modos los promedios reflejan mayores temperaturas rectales en la raza Hereford y más aún a las 16 horas.

Hay que destacar que existe diferencia genética y racial entre animales evidenciado por la variabilidad en la temperatura rectal observada bajo las mismas condiciones de estrés. Por ejemplo para el día 9/2 a las 16:00 horas se observó un animal Holando con una temperatura rectal de 39.5 °C mientras que otro experimentó 40.2 °C. Ambos eran animales del tratamiento con sol, y durante ese día se registró una temperatura ambiental media de 20.9 °C mientras la máxima fue de 27.9 °C. Para la raza Hereford a las 9:00 se registró la misma diferencia en animales del tratamiento sin sombra el día 4/3, pero en este caso la temperatura media fue 27.2 °C y la máxima registrada fue de 34.1 °C.

4.3.3. Ritmo respiratorio.

Al igual que la temperatura rectal, Nardone *et al.*, (1997) encontró que terneros expuestos a altas temperaturas tendrán respiraciones mayores ($P < 0.01$), siendo los valores encontrados por éste de 41.4 resp./minuto en ambientes de confort térmico y 83.6 resp./minuto en ambientes de alta temperatura del aire.

A su vez Bianca, (1965) y Stull, (1997) también hallaron que animales sometidos a estrés por calor aumentaban su ritmo respiratorio pudiendo llegar, según Bianca a un máximo de 250 resp./minuto en terneros a una temperatura de 40 °C.

En las tesis realizadas por Azanza y Machado, (1997) e Invernizzi y Marziotte, (1998), se comprueba que cambios en el ambiente, como lo es disponibilidad de sombra modifican la respuesta fisiológica de los animales.

En el primer caso el ritmo respiratorio (medido 14:30 horas) siempre fue mayor en los animales sin sombra (95.5 resp./min. vs 68.87 resp./min.), con una $P < 0.01$. En el segundo caso ocurre la misma situación, en el promedio de las mediciones los animales al sol tienen un mayor ritmo que los de la sombra, y esto a su vez son mayores que los animales con confort (66.5, 55 y 40 resp./min. respectivamente), con una $P < 0.01$.

En este ensayo se confirman las tendencias obtenidas por los distintos autores. Se puede observar como los animales, de ambas razas, expuestos al sol ininterrumpidamente experimentaban mayores ritmos respiratorios, alcanzando un promedio de 85.1 resp./min. Los animales con acceso voluntario a sombra tuvieron un promedio menor de su ritmo respiratorio, el cual fue 74.2 resp./min. Estas diferencias fueron significativas ($P < 0.05$), y se explican debido a que animales que sufren estrés térmico aumentan su tasa de pérdida de calor por el tracto respiratorio realizando un aumento del volumen respirado por minuto (Johnson, 1987). Ver Anexo 23 y 25.

Comparando los resultados obtenidos en el presente ensayo con los presentados por Invernizzi y Marziotte, (1998) con vacas adultas y con mediciones realizadas a horas similares, se confirma lo expresado por Bianca, (1973) quien afirma que existe en los

animales que jadean una tendencia a que el ritmo respiratorio esté en relación inversa con el tamaño del cuerpo.

Cuando se estudiaron las razas y su interacción con los distintos tratamientos, si bien existen diferencias estas no son significativas ($P>0.05$), es decir que no se registró el efecto raza en los resultados. En el siguiente cuadro se resumen los datos obtenidos.

Cuadro 14 _ Ritmos respiratorios de Hereford y Holando expuestos a los distintos tratamientos.

Raza	Tratamiento	Ritmo resp. (resp./min)
Hereford	Sol	89.1
Hereford	Sombra	75.5
Holando	Sol	81.1
Holando	Sombra	72.8

También en el análisis de los resultados, se observaron diferencias en las horas donde se tomaron los datos. Siendo mayores los experimentados por los animales a las 16 horas (87.4 resp./min), con respecto a las 9 horas (71.9 resp./min) en ambas razas. Cabe aclarar que estas diferencias son significativas ($P<0.05$).

Estos datos concuerdan con los obtenidos por Invernizzi y Marziotte, (1998), en vacas lecheras, donde los animales presentaron mayores ritmos respiratorios en la tarde (17:00 horas) en los tres tratamientos.

Cuando se comparan las razas con las horas en estudio, si bien se observan diferencias, estas no son significativas ($P>0.05$). Los datos se resumen en el cuadro siguiente.

Cuadro 15 _ Ritmos respiratorios de Hereford y Holando a las 16 y 9 horas.

Raza	Hora	Ritmo resp. (resp./min)
Hereford	16	89.5
Hereford	9	75.1
Holando	16	85.3
Holando	9	68.6

A su vez cuando se analiza la interacción de los tratamientos con respecto a las horas en estudio, también se observan diferencias pero no significativas ($P>0.05$). Se encontraron mayores diferencias en las tasas respiratorias entre las horas (9 y 16) que entre los tratamientos (sol y sombra).

Con esto se estaría infiriendo que los animales a las 16 horas presentan un mayor grado de estrés, y este se vera mas aumentado si es al sol que a la sombra.

Los resultados son presentados en el siguiente cuadro.

Cuadro 16 _ Ritmos respiratorios en la interacción tratamiento- hora.

Tratamiento	Hora	Ritmo resp. (resp./min)
Sol	16	94.7
Sol	9	75.5
Sombra	16	80.2
Sombra	9	68.2

En el cuadro se puede observar, al igual que para temperatura rectal, que si bien hay menores tasas respiratorias a las 9:00, estas son mayores a los valores citados por los distintos autores para un animal en homeotermia (menos de 60 resp/min).

La principal explicación a este hecho surge, al igual que para temperatura rectal, debido a las caminatas de 500 m. hasta el lugar de mediciones. El ejercicio muscular no sólo causó un aumento de la temperatura rectal sino que también incrementó la tasa respiratoria de los animales. Otra posible explicación puede ser que a la hora de la medición los animales ya estuvieran experimentando algún grado de estrés.

Para concluir, las mayores tasas respiratorias se registraron cuando el tiempo de exposición a altas temperaturas y radiaciones fueron mayores en ambas razas (a las 16 horas y al sol respectivamente), esto se debe a que el animal pone en marcha mecanismos evaporativos (jadeo) para tratar de mantener su homeotermia. En las figuras 9 y 10 se puede observar lo expuesto anteriormente.

Figura 9 _ Ritmo respiratorio para la raza Hereford en los distintos tratamientos y en las distintas horas.

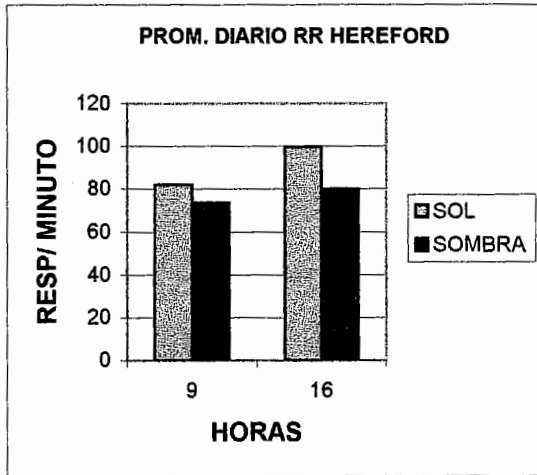
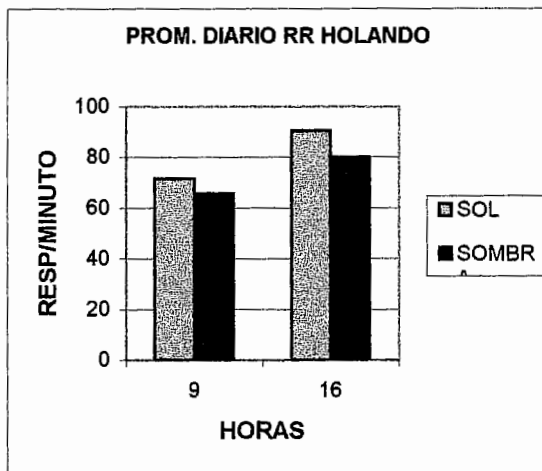


Figura 10 _ Ritmo respiratorio para la raza Holando en los distintos tratamientos a las distintas horas.



Al igual que lo que ocurre con la temperatura rectal, en este caso también se encontraron variaciones individuales. Un ejemplo de esto es el día 2/3 en que dos animales Hereford del sol presentaron 66 vs 108 resp./min. a una misma hora. Ese día la temperatura media fue 28 °C mientras que la máxima fue de 34.5 °C. Otro ejemplo se puede observar en animales Holando del tratamiento del sol, los cuales experimentaron 60 y 120 resp./min.; la máxima ese día fueron 33.5 °C, mientras la media fue 27 °C.

4.3.4. Aplicación del Test de Rhoad's de tolerancia a la exposición al calor.

En este test, desarrollado por Rhoad en 1944, se realiza una medición de cuanto la temperatura rectal de un animal expuesto al calor, excede los 101 °F.

El resultado se expresa como un porcentaje de la máxima eficiencia (100%) en mantener la temperatura rectal a 101 °F.

Es decir, que un animal con un coeficiente de 94%, por ejemplo, si bien no mantiene su temperatura rectal en 101 ° F se aparta poco de este valor considerado óptimo.

No ocurrirá lo mismo con un animal con menor coeficiente de tolerancia al calor; cuanto más se aparte de la máxima eficiencia significa una menor tolerancia al calor y un mayor aumento de la temperatura rectal por sobre los 101 °F.

La fórmula desarrollada para calcular éste coeficiente es la siguiente:

$$\text{Coeficiente de tolerancia al calor} = 100 - (10 (Tr - 101))$$

Tr = Temperatura rectal

Para ajustar la fórmula para datos expresados en °C, debe convertirse en:

$$\text{Coeficiente de tolerancia al calor} = 100 - (18 (Tr - 38.3))$$

Para calcular el coeficiente de tolerancia al calor, se utilizarán las temperaturas promedio de cada animal tomada a las 16:00, ya que a esa hora todos los animales cuentan con varias horas de exposición al calor.

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 17 y en el Anexo 26 en forma más detallada.

Cuadro 17_ Cálculo del Coeficiente de tolerancia al calor (Test de Rhoad' s).

Tratamiento	Coef. de Rhoad (%)
Heref. Sol	68.2
Heref. Sombra	68.8
Hol. Sol	74.2
Hol. Sombra	77.2

Del análisis del cuadro se desprende que los animales con acceso voluntario a sombra, presentan un mayor coeficiente de tolerancia al calor que los animales del tratamiento al sol. Esto quiere decir que los animales con acceso a sombra logran apartarse, en promedio, en una menor magnitud de la temperatura rectal tomada como normal por el autor (38.3 °C), si bien a esa hora (16:00) estuvieron expuestos a una temperatura promedio de 26.25 °C.

Cabe aclarar que el coeficiente de tolerancia al calor se calcula en base a la temperatura rectal, y que cuando se analizaron las mediciones de esta variable no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos, aunque sí se puede hablar de que existieron tendencias a una mayor temperatura rectal en los animales al sol. Es por esto que, sobre todo para los resultados de la raza Hereford, no se encuentran grandes diferencias entre los tratamientos en cuanto al coeficiente de tolerancia al calor.

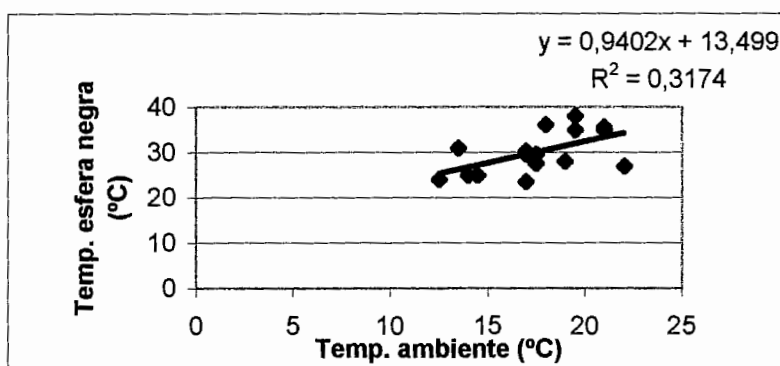
Bianca, (1963) realiza una crítica al test desarrollado por Rhoad, basándose en que se da a todos los animales el mismo punto de partida para temperatura rectal (38.3 °C) y que de ese modo no se toma en cuenta la variación individual en la temperatura normal del cuerpo que existe entre los animales. Es decir que el test juzga la tolerancia al calor en base a la temperatura rectal final del animal.

El mismo autor propone que si el test fuera modificado y se sustituyera la temperatura rectal inicial (38.3 °C) por la temperatura normal de cada animal (sin ser expuesto a altas temperaturas), se lograría juzgar la tolerancia al calor en función del aumento de la temperatura rectal.

4.3.5. Respuesta fisiológica y temperatura del globo negro.

A continuación se relacionarán las variables animales de respuesta fisiológicas (temperatura rectal y tasa respiratoria) para la tarde, con la temperatura a las 9:00 de la mañana del globo negro ubicado al sol, como una forma de cuantificar en forma predictiva la incidencia de la radiación solar (medida a través de la temperatura del globo negro) sobre las respuestas animales en tratamiento.

Figura 11 _ Temperatura ambiente y temperatura de la esfera negra al sol a las 9:00.



Es de destacar que se utilizaron los registros de temperatura de la esfera negra a las 9:00 en los días en que se realizaron las mediciones de respuesta fisiológicas. No se tomaron en cuenta para éste análisis las mediciones realizadas los días nublados o lluviosos. Cabe aclarar también, que en la raza Hereford se realizó un menor número de observaciones ya que entraron más tarde al ensayo.

En primer lugar se analizó el grado de correlación entre la temperatura ambiente y el globo de Vernon. Esta correlación solo pretende relacionar cuanto de la temperatura del globo negro está explicada por la temperatura ambiente. Para ello se relacionó en forma gráfica la temperatura ambiental a las 9:00 y la temperatura del globo negro al sol a la misma hora. De la nube de puntos resultante del gráfico, se trazó una línea de tendencia para la cual se calcularon el coeficiente de regresión y la ecuación de regresión (figura 11). Este procedimiento se repetirá para analizar la correlación entre la temperatura de la esfera negra y las variables fisiológicas.

El coeficiente de regresión obtenido fue bajo, así como correlación entre las dos variables ($r = 0.56$). Esto lleva a pensar que en cuanto al uso generalizado de la temperatura del globo negro como estimador de la sensación térmica de los animales, hay que tener en cuenta que este instrumento registra principalmente las variaciones de radiación solar y del viento. También está influenciado indirectamente por la temperatura ambiente no tomando en cuenta la humedad relativa que si bien no afecta la sensación térmica percibida por los animales en verano, si actúa sobre la capacidad de enfriamiento por el sistema evaporativo. A pesar de esta limitación en la eficiencia como estimador del estrés alcanzado por los animales, hay que destacar que esta práctica es de fácil adopción a nivel de los productores.

En las figuras 12 y 13 se relaciona en forma gráfica la temperatura de la esfera negra a las 9:00 horas, con las temperaturas rectales promedio a las 16:00 horas para cada raza.

También en este caso se obtuvieron bajos coeficientes de regresión y por consiguiente una baja correlación entre las variables analizadas ($r = 0.54$ para Holando y $r = 0.41$ para Hereford).

En la tesis de Invernizzi y Marziotte, (1998) se obtuvo un coeficiente de regresión de 0.63, pero para ese ensayo se utilizó la temperatura del globo negro al sol promedio de tres momentos distintos del día y la temperatura rectal a las 17:00 horas.

Figura 12 _ Temperatura de la esfera negra del sol (9:00) y temperatura rectal Holando (16:00).

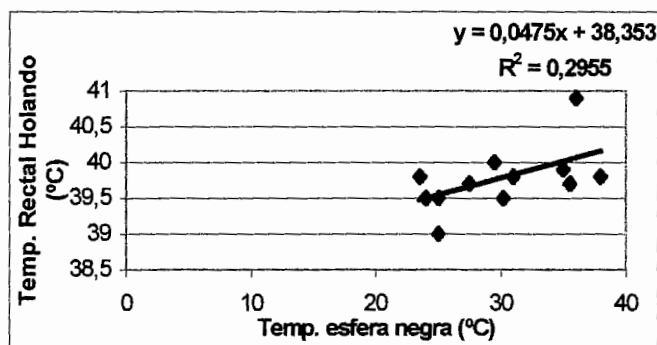
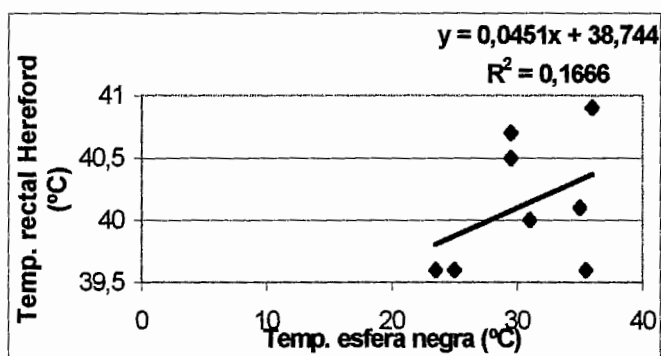


Figura 13 _ Temperatura de la esfera negra del sol (9:00) y temperatura rectal Hereford (16:00).



Por último se relacionó la temperatura de la esfera negra a las 9:00 horas con la tasa respiratoria a las 16:00 horas.

En este caso la correlación entre las variables resultó algo mayor que en el caso anterior ($r = 0.55$ para la raza Holando y $r = 0.63$ para la raza Hereford), pero de todos modos los valores obtenidos no permiten afirmar que se pueda utilizar la temperatura del globo negro a la mañana como indicador de condiciones estresantes para los animales a la tarde.

Figura 14 _ Temperatura de la esfera negra al sol (9:00) y tasa respiratoria de la raza Holando a las (16:00).

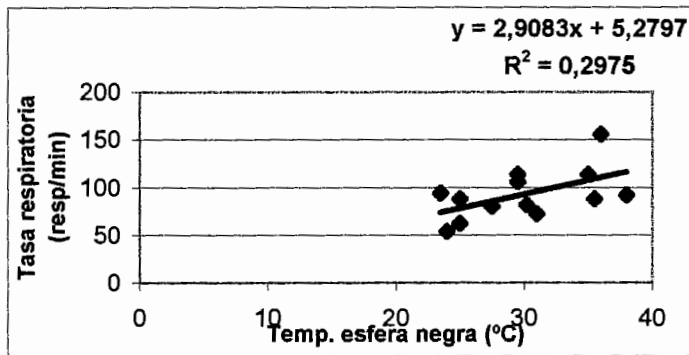
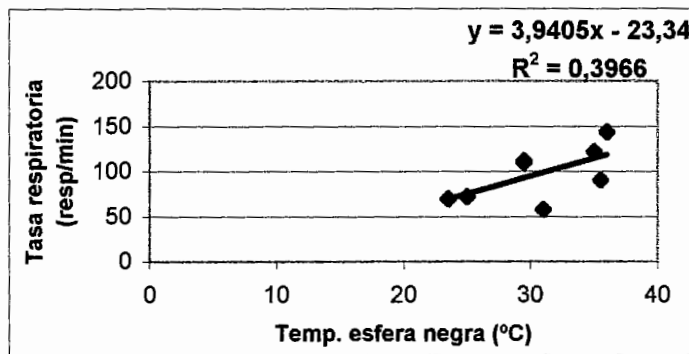


Figura 15 _ Temperatura de la esfera negra al sol (9:00) y tasa respiratoria de la raza Hereford a las (16:00).



Invernizzi y Marziotte, (1998) concluyeron que determinar la temperatura del globo negro por la mañana (10-11 hs.) a nivel de predios comerciales posibilitaría tomar la decisión de aplicar alguna medida de enfriado sobre los animales como forma de evitar el estrés calórico y la consecuente merma en la performance productiva de los animales. Sin embargo, en el presente ensayo no se puede arribar a una conclusión similar, debido a que si bien existe correlación, ésta no es lo suficientemente alta como para respaldar la afirmación anterior.

Los valores de correlación obtenidos indican que las variables fisiológicas estarían afectados por otros factores además de los analizados anteriormente. En otras palabras, es posible que otros elementos, no sólo de tipo ambiental, estén teniendo efecto sobre la variación de la temperatura rectal y ritmo respiratorio (Ing. Agr. Wilfredo Ibañez, comunicación personal).

Además de analizar las correlaciones entre temperatura de la esfera de Vernon (9:00) con las variables fisiológicas (a las 16:00) se estudió la correlación existente entre temperatura ambiente (a las 9:00 y 16:00), ITH (calculado a las 9:00 y 16:00) y temperatura globo negro (a las 16:00), con la temperatura rectal y ritmo respiratorio ambos a las 16:00 horas, los resultados obtenidos se presentan en los cuadros siguientes.

Cuadro 18 _ Coeficientes de Correlación (r) entre Temperatura Ambiente a las 9 y 16 horas vs. Variables Fisiológicas 16 horas.

Trat. y Var. Fisiológicas	Temp. ambiente 9:00	Temp. ambiente 16:00
Hol. TR 16:00	0.40	0.58
Her. TR 16:00	0.062	0.52
Hol. RR 16:00	0.54	0.61
Her. RR 16:00	0.57	0.60

TR: Temperatura Rectal RR: Ritmo Respiratorio

Cuadro 19 _ Coeficientes de Correlación (r) entre ITH a las 9 y 16 horas vs. Variables Fisiológicas 16 horas.

Trat. y Var. Fisiológicas	ITH 9:00	ITH 16:00
Hol. TR 16:00	0.41	0.61
Her. TR 16:00	0.07	0.47
Hol. RR 16:00	0.55	0.59
Her. RR 16:00	0.58	0.52

Cuadro 20 _ Coeficientes de Correlación (r) entre Temperatura Globo Negro a las 9 y 16 horas vs. Variables Fisiológicas a la 16 horas.

Trat. y Var. Fisiológicas	Temp. globo negro 9:00	Temp. globo negro 16:00
Hol. TR 16:00	0.54	0.57
Her. TR 16:00	0.41	0.59
Hol. RR 16:00	0.55	0.63
Her. RR 16:00	0.63	0.72

En primer lugar se debe resaltar que las correlaciones observadas confirman que los factores ambientales no son los únicos que actúan sobre las variables fisiológicas estudiadas.

En los cuadros (18, 19 y 20) se observa también, que los mayores valores de coeficiente de correlación se obtuvieron cuando las variables tanto ambiental como fisiológicas fueron tomadas a las 16:00 y no a las 9:00. Pero utilizando las variables de medición ambiental a las 16:00, no se lo está manejando como predictor de la respuesta ambiental debido a que en ese momento los animales ya están sufriendo, generalmente, algún grado de estrés.

Comparando los coeficientes de correlación obtenidos del análisis de las variables fisiológicas con las temperaturas del globo negro, temperatura ambiental e ITH a las 9:00 y 16:00, se observó en ambos casos, que el globo negro fue el que presentó las mayores correlaciones con temperatura rectal y tasa respiratoria. Por lo tanto, aunque las correlaciones son bajas, la esfera negra sería el elemento que admitiría un mejor uso predictivo de la respuesta animal.

4.3.6. Prueba de Comportamiento.

Como ya fue mencionado las pruebas de comportamiento fueron realizadas en dos días distintos, la primera el 26/2 y la segunda 6/3. El análisis de estas pruebas se harán por separado ya que las temperaturas máximas registradas en cada día son distintas, y así el grado de estrés. La temperatura máxima el día 26/2 se ubicó en los 29 °C, por un tiempo aproximado de 4 horas, ahora el día 6/3 la máxima fue de 35 °C y permanecieron en estrés severo aproximadamente durante 10 horas seguidas.

Como primer medida es de destacar que el comportamiento de las razas es similar, esto se comprobó en los distintos días y se dio en los dos tratamientos. Es por esta razón que se presentaran las gráficas para una raza (Holando), mientras que el resto de la información se muestra en el Anexo 27.

4.3.6.1. Tratamiento Sol.

El mayor período del día los animales permanecieron quietos y este comportamiento aumenta cuanto mayores son las temperaturas registradas. Es decir que el día que sufrieron mayor estrés permanecieron por más tiempo quietos. Es de destacar que los animales permanecen echados en el bebedero.

Shultz, (1992), señala que a medida que el clima se torna más caliente, las vacas beben más agua, particularmente los animales sin sombra. También afirma que aumenta el

número de animales que se congregan alrededor del agua, y en ese momento yacen en la zona húmeda.

Este tipo de comportamiento fue observado repetidas veces durante el presente ensayo.

En cuanto al pastoreo, el mismo se extiende en la mañana hasta las 10:30 horas a diferencia del tratamiento sombra donde dejan de pastorear a las 9:30 horas aproximadamente, en los dos días, para dirigirse hacia el monte. Comienzan nuevamente a las 17 horas en el tratamiento sol y a las 16:30 horas en el promedio de los dos días, del tratamiento con acceso a sombra. Con estos datos se reafirman los obtenidos por Azanza y Machado, (1997), donde observaron que los animales al sol extienden durante más tiempo el pastoreo en la mañana y los animales con acceso voluntario a sombra lo reanudan antes en la tarde.

También se pudo observar que el día 6/3, el tiempo de pastoreo total fue menor y esto concuerda con lo hallado por Arnold, (1981) cit. por Gallardo *et. al.*, (1994), que señala, que en climas cálidos y húmedos, el tiempo dedicado al pastoreo con temperaturas superiores a los 26 grados, descendería a una tasa de 20 minutos por cada grado de aumento.

La rumia es constante a lo largo del día, lo que varía son los animales que lo van realizando. El menor tiempo registrado de esta actividad es en el día 6/3, y podría estar explicado por el aumento del calor metabólico que produce esta actividad.

Figura 16 _ Prueba de Comportamiento para la raza Holando (tratamiento sol) realizada el día 26/2/99.

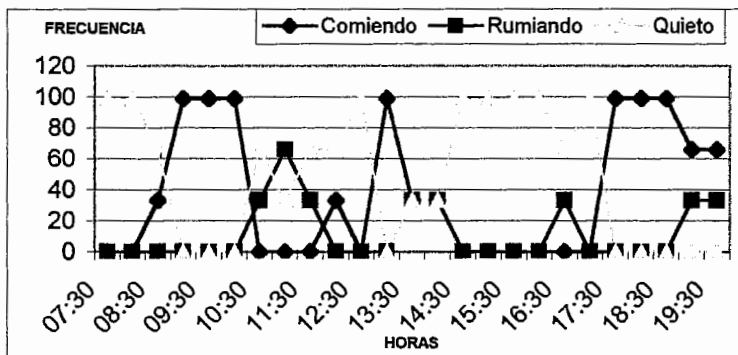
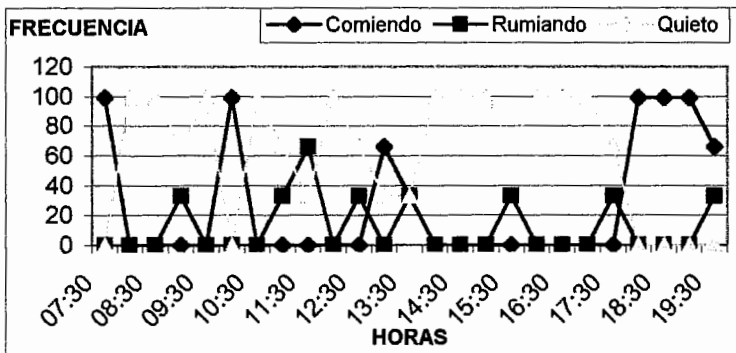


Figura 17 _ Prueba de Comportamiento para la raza Holando (tratamiento sol) realizada el día 6/3/99.



4.3.6.2. Tratamiento Sombra.

Lo primero a destacar, nuevamente es que los animales el 6/3, permanecieron mayor parte del tiempo quietos pero, en este caso, a la sombra. Esto es debido a que, como ya se mencionó, sufren un mayor grado de estrés que el 26/2.

En los dos días permanecen un menor tiempo quietos que los animales del tratamiento sin acceso a sombra.

En cuanto al tiempo de pastoreo, se observa como los animales el día de menor estrés alargan su pastoreo en la mañana y a su vez comienzan mas temprano en la tarde. Comparando con los animales del otro tratamiento (sol), tienen estos últimos un menor período total de pastoreo durante el día.

En el proceso de rumia, si bien se observa un comportamiento constante durante el día, este es mayor que el registrado en el tratamiento sol. Es decir que se comprobó un mayor tiempo total de rumia en los animales con acceso a sombra.

Esto se explica ya que los animales en la sombra, experimentarían menores temperaturas corporales, y no les afectaría tanto el aumento en la producción de calor que provoca esta actividad, como sí afectaría a los animales que permanecen todo el día al sol.

Como primera conclusión entre los dos tratamientos, se puede observar como los animales con acceso a sombra tienen un mayor tiempo de pastoreo total, esto se asemeja con los expresado por Shultz, (1992), que señala a medida que la temperatura ambiental aumenta los animales disminuyen su consumo.

Por otro lado los animales del tratamiento sombra durante el día, realizan pastoreos bajo la sombra, además comienzan antes en la tarde debido a que el monte sombrea la pastura y los animales pastorean en esa zona.

En segundo término los animales al sol durante todo el día, permanecen mas tiempo quietos ya que debido al estrés que sufren, necesitan bajar su actividad metabólica al mínimo, esto también explicaría el menor tiempo de rumia total.

Figura 18 _ Prueba de Comportamiento para la raza Holando (tratamiento sombra) realizada el día 26/2/99.

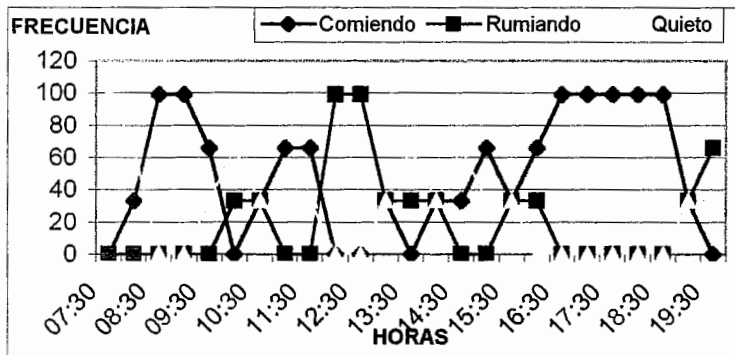
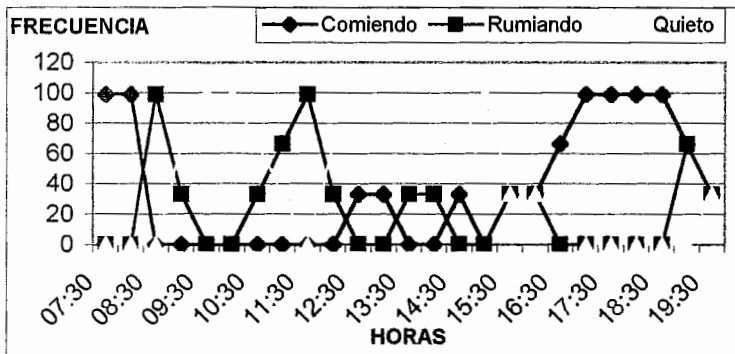


Figura 19 _ Prueba de Comportamiento para la raza Holando (tratamiento sombra) realizada el día 6/3/99.



5. CONCLUSIONES

De los datos meteorológicos obtenidos de una serie histórica comprendida entre los años 1961-1990, se puede concluir que en el norte del país se dan condiciones para que exista estrés calórico, de tipo moderado, tanto para animales en producción como en crecimiento.

Las temperaturas medias obtenidas durante el ensayo se mantuvieron acorde a los datos históricos, si bien en algunos meses existieron diferencias. Sin embargo se encontraron diferencias importantes en la humedad relativa, siendo estas mayores durante el período en estudio lo que potenciaría aún más el efecto del estrés por calor.

Tomando como temperatura óptima para terneros las menores a 25°C, se obtuvo que el 35% del tiempo total que duró el ensayo, los animales sufrieron algún tipo de estrés. La variabilidad climática hace que existan momentos de estrés calórico moderado seguidos de momentos de estrés calórico severo y otros en los que no existió efecto de las temperaturas.

Lo anterior hace posible que el animal tenga posibilidades de recuperar su homeotermia. En promedio existieron entre 8.5 a 10 horas diarias con condiciones de estrés calórico.

Debido a que para la categoría en estudio no existe un valor de ITH crítico, se lo calculó basado en datos tomados como límite superior de temperatura y humedad por distintos autores (25 °C y 70 %), por lo tanto carece de validez científica. En función de esto se llegó a obtener que el ITH promedio para el ensayo fue igual que el ITH límite calculado para las terneras.

La sombra natural proporciona un ambiente de mayor confort térmico, lográndose temperatura en el cuerpo negro inferiores con respecto a áreas sin sombreado, independientemente de la hora del día que se evalúe.

Con respecto a la variable peso se destaca el efecto positivo de la sombra. Si bien los tratamientos tuvieron un peso promedio inicial similar, al final del ensayo los animales con acceso a sombra lograron un mayor peso final promedio.

En cuanto a las ganancias de peso experimentadas por los animales, se logró una diferencia promedio entre las dos razas evaluadas, de 0.13 kg diarios a favor de los animales con acceso a sombra.

Esto confirmaría en primer término que la utilización de sombras causa un efecto real en la mejora del ambiente térmico. En segundo término se confirmaría también que las

condiciones climáticas fuera de los rangos óptimos afectan en forma negativa las funciones productivas de los animales, entre ellas el crecimiento.

Como consecuencia de la exposición de las terneras a alta temperaturas y radiación, sería dable esperar mayores temperaturas rectales en los animales sin acceso a sombra así como en las horas de la tarde. Sin embargo, no se obtuvieron resultados significativos cuando se compararon los tratamientos, pero sí cuando se analizaron las temperaturas rectales de las 9 y las 16 horas, que se encontró que existía mayores temperaturas en la tarde independientemente del tratamiento. También se hallaron diferencias significativas en cuanto a las razas, experimentando mayores temperaturas rectales en Hereford en todos los casos.

En condiciones de estrés térmico se activan mecanismos de disipación del calor a través de un aumento del ritmo respiratorio, encontrándose diferencias significativas en comparación con los animales de la sombra los cuales alcanzaron tasas respiratorias menores. De todos modos se encontraron mayores diferencias entre las tasas respiratorias de la mañana y la tarde, siendo las últimas mayores debido al aumento de exposición a condiciones estresantes.

Las dos variables fisiológicas analizadas en los párrafos anteriores pudieron ser alterados por efectos del traslado que sufrían los animales para estas mediciones, ya que la mayoría de los autores concuerdan que la actividad muscular puede afectar tanto la temperatura rectal y corporal como las tasas respiratorias.

En cuanto al comportamiento animal se comprobó que los animales con acceso a sombra pastorean durante más horas y en consecuencia permanecen por menos tiempo quietos durante las horas de luz, que los animales al sol que experimentan un comportamiento inverso. En cuanto al proceso de rumia se observa que esta actividad mantiene un nivel constante durante el día para los dos tratamientos, pero la actividad fue menor en los animales al sol ya que uno de los mecanismos para disminuir los efectos adversos del ambiente es llevar al mínimo tanto este proceso como el pastoreo para producir una menor cantidad de calor metabólico.

Frente a esta evidencia se puede afirmar que la utilización de sombras, en este caso las naturales, son beneficiosas tanto en las funciones fisiológicas como en los procesos de ganancia de peso de las categorías en crecimiento.

6. RESUMEN

Se realizó el ensayo en la Estación Experimental de Salto, entre los días 23/12/98 y 23/3/99, con el objetivo de analizar la incidencia de los efectos ambientales sobre los animales en el período estival, y como se vería afectado su comportamiento productivo. Otro de los objetivos fue evaluar si la sombra natural puede significar una solución al problema.

Comúnmente se usa el término estrés climático, para indicar una condición ambiental adversa para el animal. Distintos autores coinciden que los elementos ambientales con potencial estresante para el animal son: temperatura, humedad, radiación solar y viento. La determinación del estrés calórico en rumiantes, se lleva a cabo a través de la medición de algunas variables fisiológicas. Las más usadas son: temperatura rectal, tasa respiratoria y funcionamiento cardíaco.

Los rumiantes son homeotermos, es decir que mantienen la temperatura corporal constante, igualando la carga calórica a la pérdida de calor.

Para la categoría terneros el rango de confort térmico es entre 10-25 °C, con una humedad relativa entre 65-70 % y una velocidad del viento de 0.25 m/seg.

En estas condiciones se está en la zona termoneutral y los animales mantienen su homeotermia, pero si los factores ambientales se incrementan, se deben poner en funcionamiento mecanismos de disipación de calor.

Cuando estos mecanismos no son suficientes los animales sufren hipertermia, por lo que reducen su producción, se incrementa su temperatura rectal y tasa respiratoria, así como la energía destinada para mantenimiento.

Diversos autores han logrado cuantificar los efectos del estrés calórico en terneros en cuanto a la ganancia de peso. Todos coinciden en que existe un efecto adverso de las altas temperaturas en la ganancia de peso de esta categoría tanto en crecimiento pre como post destete.

Otras funciones como la ingestión voluntaria de alimento se ve afectada ya que es una forma de evitar una mayor producción de calor metabólico.

Como métodos de control de estrés se señalan el uso de sombras naturales y artificiales (techos y redes). Otra forma de control es a través de la alimentación, recomendándose el uso de “dietas frías” y un suministro de agua constante y de calidad.

Para realizar el ensayo se utilizaron 40 terneras (20 Holando y 20 Hereford) los cuales se dividieron en 2 tratamientos: con acceso voluntario a sombra y con acceso obligado a sol.

Cada tratamiento comprendía diez animales de cada raza.

Se realizaron mediciones semanales de peso vivo de los animales, así como dos mediciones semanales a las 9 y 16 horas del mismo día de temperatura rectal y ritmo respiratorio.

A lo largo del ensayo se realizaron dos observaciones de comportamiento de los animales, en especial comportamiento alimentario (pastoreo, rumia y quieto).

Los animales pastoreaban una pradera de primer año compuesta por Dactilis, Lotus, Trébol Rojo y Trébol Blanco, a la que se le hicieron cortes para evaluar que el alimento no fuera limitante.

Del análisis de las mediciones se encontró una diferencia de ganancia de peso a favor de los animales con acceso voluntario a sombra de 140 grs./día en la raza Holando y 120 grs./día en la raza Hereford.

Del análisis de las variables fisiológicas no se encontraron diferencias significativas en las temperaturas rectales entre los tratamientos pero sí existieron entre las 9 y 16 horas, siendo mayores en esta última. No ocurrió del mismo modo con las tasas respiratorias, donde se registraron mayores números de respiraciones por minuto en los animales al sol y más aún a las 16 horas, siendo estas significativas.

En cuanto al comportamiento, se contabilizó un mayor tiempo de pastoreo para los animales con acceso a sombra, a diferencia del tratamiento del sol donde pasaban más tiempo quietos.

De este modo se pudo comprobar que animales sometidos a estrés calórico deprimen sus procesos fisiológicos, viéndose reflejado en las menores ganancias de peso. El uso de sombras puede mejorar el ambiente y disminuir así el estrés.

7. SUMMARY

The experiment, which took place at the Salto Experimental Station between the days of Dec/23/98 and Mar/23/99, studied the environmental effects on the animals' reproductive behaviour during the Summer season. Another objective was to evaluate natural shade as a possible solution to the problem.

The term "climatic stress" is commonly used to indicate adverse environmental conditions for the animal. Different authors agree that potentially stressful environmental factors are: temperature, humidity, solar radiation, and the wind factor. Calorie related stress in ruminants is determined by the measuring of certain physiological variables. The most commonly used are: rectal temperature, breathing rate, and cardiac rate.

Ruminants are homeotherms. That is to say, their body temperature remains constant reaching an equilibrium between heat loss and calorie production.

For calves the comfort temperature range is between 10 °C and 25 °C with 65 to 70 % relative humidity and a wind velocity of 0.25 m/sec. In these thermoneutral conditions the animals remain homeothermic. However, if the environmental factors increase, heat dissipation measures must be taken. When these measures are not sufficient, the animals suffer hypothermia, and as a result their production declines, and their rectal temperature, breathing rate and energy consumption increase.

Many authors have managed to quantify the effects of calorie related stress in calves through weight gain. They all agree there is an adverse high temperature effect on calf weight gain in pre and post weaned growth. Other body functions such as voluntary ingestion of food is also affected since it is a way of avoiding increased metabolic heat production.

Natural and artificial (roofs and nets) shades are used as methods of stress control. Another form of control is through feeding (cold diets recommended) and constant quality water supply.

Forty calves (20 Holando and 20 Hereford) were used in this experiment. These were divided into two different groups: one with voluntary access to shade, and one constantly exposed to the sun. Each group was comprised of 10 animals of each breed.

The animals were weighed weekly. They also had their rectal temperature and breathing rate taken twice a week at 9 a.m. and 4 p.m. of the same day. Throughout the experiment, two types of behaviour were observed, the main one being feeding behaviour (grazing, rumination, and resting). The animals pastured in a first-year

grazing ground composed of Dactylis, Lotus, White Clover, and Red Clover. Samples were taken to verify that the nourishment did not limit the experiment.

Upon analysing the data, there was a favourable difference in weight gain for animals with voluntary access to shade, 140g/day in the Holando breed and 120 g/day in the Hereford breed.

There were no significant differences in rectal temperatures between the two groups. There was, however, a difference between the temperatures taken at 9 a.m. and 4 p.m., the latter being higher. Breathing rate, in contrast, was affected, having registered more breaths per minute in animals exposed to the sun and significantly higher at 4 p.m.. Regarding behaviour, higher grazing time was recorded for the group with access to shade as opposed to the second group which spent more time resting.

This experiment proved that animals suffering from calorie related stress reduce their physiological processes, being affected in lower weight gain. The use of shade can improve the environmental conditions, thereby reducing their stress.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ASHER, A.B. 1999. Manual de Cría de Becerros. Zaragoza (España), Editorial Acribia S.A.. pp 81-84.
2. AZANZA, J.; MACHADO, E. 1997. Efectos de la Disponibilidad de Sombra en Verano en Vacas Lecheras con Distintos Niveles de Producción. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 121p.
3. BERRETTA, E.J. 1998. Seminario de Actualización en Tecnología para Basalto. INIA Tacuarembó. Serie Técnica N° 102. pp 3-4.
4. BIANCA, W. 1963. Rectal Temperature and Respiratory Rate as Indicators of Heat Tolerance in Cattle. *Journal of Agriculture Science* 60: 113-120.
5. -----1965. Cattle in a Hot Enviroment. *Reviews of the Progress of Dairy Science*. 32: 291-338.
6. -----1973. Termorregulación. *In*. Adapatación de los Animales Domésticos. Hafez, E.S.E. Barcelona, Labor. pp 135-161.
7. BLOOD, D.C.; RADOSTITIS, O.M. 1992. *Medicina Veterinaria*. Volumen I. Séptima Edición. Méjico. Nueva Editorial Interamericana, S.A. pp534-535.
8. BRAY, D.R.; BEEDE, R.A.; BUCKLIN, G.L.; HAHN. 1992. Cooling Shade and Spinkling. *In*. Large Dairy Herd Management. Van Horn, H. American Dairy Science Association. pp 655-663.
9. BUCKLING, G.L.; HAHN, G.L.; BEEDE, D.K. 1992. Physical Facilities for Warm Climates. *In*. Large Dairy Herd Management. Van Horn, H. American Dairy Science Association. pp 609-618.

10. BUNTING, L. D.; FERNANDEZ, J.; FORNEA, R.; WHITE, T.; FROETSCHER, M.; STONE, J. 1996. Seasonal Effects of Supplemental Fat or Undegradable Protein on the Growth and Metabolism of Holstein Calves. *Journal of Dairy Science*. 79: 1611-1620.

11. COLEMAN, D.A.; MOSS, B.R.; Mc. CASKEY, T.A. 1996. Supplemental Shade for Dairy Calves Reared in Commercial Calf Hutches in a Southern Climate. *Journal of Dairy Science*. 79 (11): 2038-2043.

12. Congreso Latinoamericano de Buiatría, (VII, 1992, Paysandú, Uruguay) 1992. Crianza de Terneros. Paysandú. 32 p.

13. Estado de Israel. Ministerio de Agricultura, Servicio de Extensión, Departamento de Ganadería. 1984. Cría de Terneras Lecheras para Reemplazo. pp 29-31.

14. EEUU. National Research Council. Subcommittee on Environmental Stress. 1981. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. Washington, D.C. 152 p.

15. FLAMENBAUM, I. 1994. Factores que Afectan la Producción Lechera en la Zona Norte. Uruguay. Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. Informe de Consultoría.

16. GAYO, J. C. 1998. El Ambiente y la Producción Animal. *Revista Plan Agropecuario*. (Uruguay).78: 17-20 pp.

17. GLAUBER, C.E. 1998. Como Combatir el Calor. *Infortambo* .Nº 64. pp130-132.

18. GOMES DA SILVA, R. 1973. Improving Tropical Beef Cattle by Simultaneous Selection for Weith and Heat Tolerance. *Journal of Animal Science*. 37: 637-641.

19. GRAVES, R. E. 1992. Physical Facilities for Cold Climates. In. Large Dairy Herd Management. Van Horn, H. American Dairy Science Association. pp 597-608.

20. HAFEZ, E. 1973. Efectos del Medio en la Productividad Animal. In. Adaptación de los Animales Domésticos. Hafez, E.S.E. Barcelona, Labor. pp 107-132.

21. HAHN, G. 1994. Environmental Requirements of Farm Animales. In. Handbook of Agricultural Metereology. Griffiths, J. F. Nueva York, Oxford, Oxford University Press. pp 220-235.

22. HAMMOND, A.C.; OLSON, T.A.; CHASE, C.C.; BOXERS, E.J.; RANDEL, R.D.; MURPHY, C.N.; VOGT, D.W.; TEWOLDE, A. 1996. Heat Tolerance in Two Tropically Adapted Bos taurus Breeds, Senepol and Romosinuano, Compared with Brahman, Angus and Hereford Cattle in Florida. Journal of Animal Science. 74: 295-303.

23. HERRERO, M.A.; MALDONADO, V.; POL, M.1998. Nunca Digas de esta Agua no he de Beber. Infortambo. N° 60 . pp 88-90.

24. HERTIG, B. 1973. Medición del Medio Ambiente Físico. In. Adaptación de los Animales Domésticos. Hafez, E.S.E. Barcelona, Labor. pp 57-79.

25. HURTJENS, M.F. 1998. Usted Puede Alimentar para Ayudar a Contrarrestar el Estrés Calórico. Hoard's Dairyman en Español. 75: 372-373.

26. Instituto Plan Agropecuario. 1998. Manejo del Agua de Bebida en Sistemas Lecheros y Ganaderos. Proyecto de difusión y transferencia: "Fortalecimiento de la Unidad Experimental y Demostrativa de Young". Cartilla N° 12. 8 p.

27. INVENIZZI, 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.

28. JOHNSON, H.D. 1987. Bioclimate and Livestock. In. Bioclimatology and Adaptation of Livestock. Johnson, H.D. Columbia, USA, Elsevier. pp 3-16.

29. ----- 1987. Bioclimate Effects on Growth, Reproduction and Milk Production. In. Bioclimatology and Adaptation of Livestock. Johnson, H.D. Columbia, USA, Elsevier. pp 35-57.

30. ----- 1994. Animal Physiology. In. Handbook of Agricultural Metereology. Griffiths, J.F. Nueva York, Oxford, Oxford University Press. pp 44-58.

31. JONES, M. E. 1994. Livestock Management and Decision Making. In. Handbook of Agricultural Metereology. Griffiths, J.F. Nueva York, Oxford, Oxford University Press. pp 291-298.

32. LEDESMA, M.; VIDART, D.; CARRILLO, P. 1995. Producción Ganadera Durante los Meses Calurosos. s.n.t.

33. NARDONE, A.; LACETERA, N.; BERNABUCCI, U.; RONCHI, B. 1997. Composition of Colostrum from Dairy Heifers Exposed to High Air Temperatures During Late Pregnancy and the Early Postpartum Period. Journal of Dairy Science. 80 (5): 838-844.

34. SHULTZ, T.A.1992. Animal Behavior Related to Physical Facilities. In. Large Dairy Herd Management. Van Horn, H. American Dairy Science Association. pp 664-671.

35. SILVEIRA DA MOTA, F.1991. Radiación Solar y Plantas Cultivadas. Montevideo. Facultad de Agronomía. 21p.

36. SPAIN, J.N.; SPIERS, D.E. 1996. Effects of Supplemental Shade on Thermoregulatory Response of Calves to Heat Challenge in a Hutch Environment. Journal of Dairy Science. 79 (4): 639-646.

37. STARR, J.R. 1988. Weather, Climate and Animal Performance. Secretary of the World Metereological Organization. Technical Note N° 190. 111p.

38. STULL, C.L. 1997. Stress and Dairy Calves. <http://www.vetnet.uedavis.edu/vetext/INF-AN.html>.
39. TURNER, H.G. 1984. Variation in Rectal Temperature of Cattle in a Tropical Environment and its Relation to Growth Rate. *Journal of the British Society of Animal Production*. 38 (3).
40. VALTORTA, S.; GALLARDO, M. 1996. El Estrés por Calor en Producción Lechera. In. INTA Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Temas de Producción Lechera. Rafaela, INTA. (Publicación Micelánea N° 81): pp 173-185.
41. VERCOE, J.E.; FRISCH, J.E. 1987. Pre and Post-Weaning Growth of Different Breeds of Beef Cattle in the Tropics. *Journal of Animal Science*. 58: 58-80.
42. WEBSTER, A.J.F. 1993. Influencia del Clima Sobre el Metabolismo del Ganado. In. Principios para la Producción Ganadera. Swan, H.; Broster, W.H. Uruguay, Editorial Hemisferio Sur. pp 101-119.
43. WHITTOW, G.C. 1962. The Significance of the Extremities of the Ox (*Bos Taurus*) in Thermoregulation. *Journal of Agricultural Science*. 58: 109-120.
44. YOUSEF, M.K. 1985. Stress Physiology in Livestock: basic principles. Volumen I. Boca Ratón, Florida. CRC. Press.
45. ----- 1985. Stress Physiology in Livestock: ungulates. Volumen II. Boca Ratón, Florida. CRC. Press.
46. ----- 1987. Principles of Bioclimatology and Adaptation. In. Bioclimatology and Adaptation of Livestock. Johnson, H.D. Columbia, USA, Elseiver. pp 17-31.

9. ANEXOS

Anexo 1: Condiciones climáticas del verano (Uruguay zona norte)

Promedios: Cerro Largo, Tacuarembó, Salto.
Años 1946-1980.

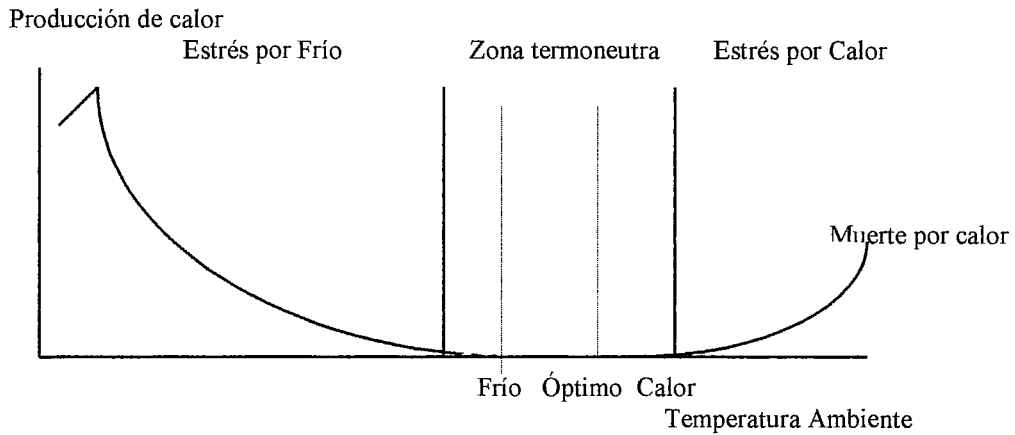
	Diciembre	Enero	Febrero
Temp. prom. °C	22,8	24	23,4
Temp. mín. °C	29	30,5	29,8
Temp. máx. °C	16,4	17,4	17,3
Humedad rel %	63	63	67

Fuente: Flamenbaum, (1994)

Anexo 2: Zona termoneutral de algunos animales expresados en términos de temperatura ambiente.

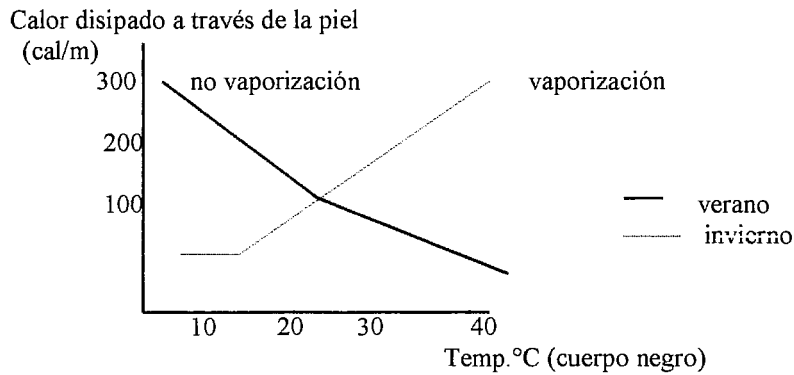
Ganado Vacuno	Zona termoneutral
terneros	13-25
vaca	0-16
Ovinos	
corderos	29-30
borregos	0-20
Cerdos	
lechón	32-33
cerda	0-15

Anexo 3: Diagrama representativo de la producción de calor como función de la temperatura ambiental, incluyendo la zona termoneutra.



Fuente: Yousef, (1985)

Anexo 4: Pérdida de calor en el ganado en varias estaciones.



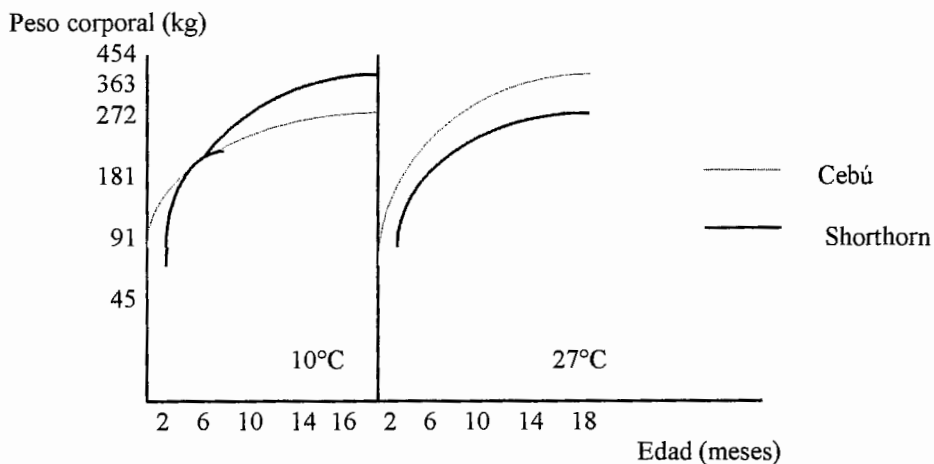
Fuente: Borman et. al. , (1973) cit. por Ledesma (1995)

Anexo 5: Comparación de ganancias de peso para 6 razas vacunas en 2 temp. ambientes.

Razas	Temp. Ambiente (°C)	Peso a los 4 meses (kg)	Peso a los 12 meses (kg)	Gan. total en período 8 meses (kg)
Sta. Gertrudis	10	126.1	342.9	216.8
	27	128.4	313.0	184.6
Brahman	10	112.9	285.0	172.1
	27	116.9	297.0	180.1
Shorthorn	10	93.0	298.5	201.9
	27	73.9	209.1	135.2
Holstein	10	103.5	333.3	229.8
	27	95.3	302.7	207.4
Brown Swiss	10	72.2	303.3	229.1
	27	89.0	310.2	221.2
Jersey	10	65.5	210.0	144.5
	27	56.7	197.3	140.6

Fuente: Johnson, (1987)

Anexo 6 : Influencia de la temperatura ambiental sobre el índice de crecimiento del ganado vacuno.



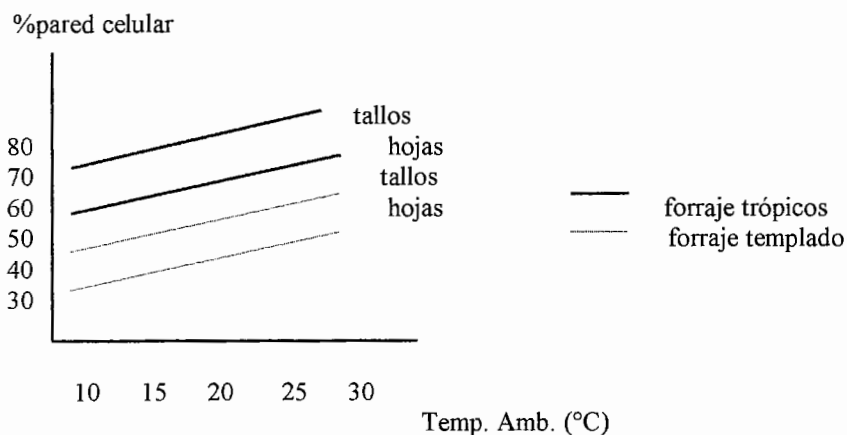
Fuente: Johnson et. al., (1957) cit. por Hafez, (1973)

Anexo 7: Influencia de distintas temperaturas ambientales sobre el consumo de agua y alimento.

Temperatura (°C)	Consumo alimento (%)	Consumo agua (por kg MS)
> 35 °C	reduce 10-35 % en todo alimento reduce 5- 20 % en dieta mantenimiento	8 a 15 kg
25 a 35 °C	reduce 3- 10 %	4 a 10 kg
15 a 25 °C	consumo normal según PV	3 a 5 kg
5 a 15 °C	incrementa 2 -5%	3 a 4 kg
-5 a 5 °C	incrementa 3- 8 %	2 a 4 kg
-15 a -5 °C	incrementa 5 -10 %	2 a 3 kg
< -15 °C	incrementa 8 - 25 %	2 a 3 kg

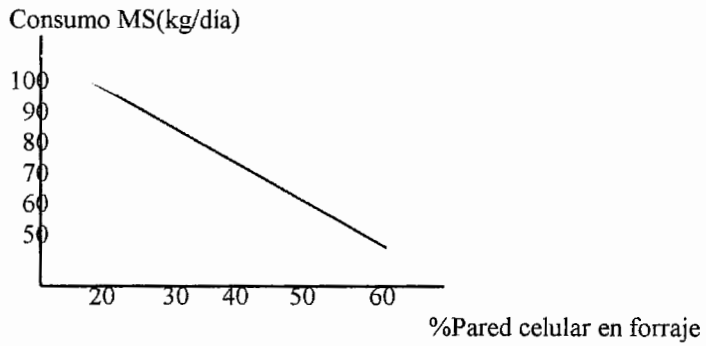
Fuente: Yousef, (1985)

Anexo 8 : Calidad del forraje en varias condiciones climáticas.



Fuente: Van Soest, (1981) cit. por Ledesma et. al., (1995)

Anexo 9 : Correlación entre pared celular en el forraje y en el consumo de MS en ganado lechero.



Fuente: Ledesma et. al., (1995)

Anexo 10: Efecto de la sombra en el ganado lechero.

Parámetro	Sombra	Radiación solar
T. cuerpo negro °C	28,4	36,7
Temp. rectal °C	38,8	40
Resp. R/ min.	77	114

Fuente: Roman Ponce et. al., (1977) cit. por Ledesma et. al., (1995)

Anexo 11: Características de las dietas.

	CALIENTES	FRIAS
Digestibilidad	Baja	Alta
Fibra	Alta	Baja
Proteínas	I Degradabilidad	I Degradabilidad
Minerales	Na y K II + I.C. II E.N	Na y K II - I.C. II E.N.
Ejemplos	Pasturas pasadas Henos y Silajes Fibrosos Concentrados con alto afrechillo	Pasturas tiernas Silajes con alto grano Concentrados ricos en aceite y grasa

Anexo 12: Principales aspectos a considerar cuando se evalúan calidades de agua para el ganado.

Químicos	Bacteriológicos	Físicos
ph	conteo bacterias	color
dureza	presencia o ausencia	olor
solidos	de	turbidez
totales	coliformes	
nitratos		
nitritos		
Ca, Mg		
sulfatos		
cloruros		
Fe, S		

Fuente: Harris y Van Horn (1991) cit. por Valtorta y Gallardo, (1996)

Anexo 13: Consumo diario de agua, según temperatura ambiente.

En razas lecheras

Categoría	Consumo MS (Kg)	Consumo agua (lts)		
		10°C	20°C	32°C
Tenera 90 kg	3	10	11	15
Vaq. 270 kg	8	26	37	45

Fuente: Harris y Van Horn (1991) cit. por Valtorta y Gallardo, (1996)

Consumo diario aproximado de agua (l / anim) en ganado de carne.

Temp. °C	Anim en crecimiento		Anim. en terminación	
	182 kg	273 kg	364 kg	454 kg
4,4	15,1	20,1	27,6	32,9
10	16,3	22	29,5	35,6
14,4	18,9	25	34,4	40,9
21,1	22	29,5	40,5	47,7
26,6	25,4	33,7	46,6	54,9
32,2	36	48,1	65,9	78

Fuente: Cartilla N° 12 Plan Agropecuario, (1998)

Anexo 14: Fecha de nacimiento, estructura de bloques y peso al inicio del ensayo.

Raza	Caravana	Tratamiento	Fecha nacimiento	Peso	Caravana	Tratamiento	Fecha nacimiento	Peso
Heref.	919	Sombra	14/09/08	122	969	sol	14/10/98	126
Heref.	132	Sombra	03/12/98	145	930	sol	14/09/08	150
Heref.	972	Sombra	14/10/98	112	94	sol	26/08/98	97
Heref.	106	Sombra	29/10/98	130	950	sol	01/10/98	136
Heref.	125	Sombra	29/10/98	100	924	sol	14/09/08	100
Heref.	96	Sombra	26/08/98	83	905	sol	04/09/98	80
Heref.	908	Sombra	14/09/98	138	915	sol	14/09/98	140
Heref.	906	Sombra	14/09/98	115	943	sol	01/10/98	115
Heref.	940	Sombra	14/09/08	129	911	sol	14/09/98	131
Heref.	953	Sombra	01/10/98	90	952	sol	01/10/98	95

Peso promedio inicial

116,4

117

Raza	Caravana	Tratamiento	Fecha nacimiento	Peso	Caravana	Tratamiento	Fecha nacimiento	Peso
Hol.	824	Sombra	26/09/98	75	5	sol	03/10/98	76
Hol.	830	Sombra	04/10/98	76	822	sol	14/09/98	70
Hol.	821	Sombra	26/07/98	90	823	sol	09/09/98	87
Hol.	816	Sombra	23/05/98	84	820	sol	07/07/98	103
Hol.	819	Sombra	18/06/98	111	818	sol	17/06/98	116
Hol.	815	Sombra	29/04/98	110	817	sol	24/05/98	113
Hol.	814	Sombra	26/04/98	120	813	sol	26/04/98	117
Hol.	807	Sombra	01/03/98	104	809	sol	09/03/98	103
Hol.	811	Sombra	27/03/98	126	806	sol	26/02/98	134
Hol.	808	Sombra	09/03/98	148	810	sol	18/03/98	139

Peso promedio inicial

104,4

105,8

Anexo 15: Sumatoria de horas según rangos de temperaturas para los meses del ensayo.

Mes	Cant. días	Rangos de temperaturas °C		
		< 25	25 - 29	29 - 32
Diciembre	9	117	52	47
Enero	31	504	155	85
Febrero	28	449	149	74
Marzo	17	264	73	73
Totales	85	1334	429	277
Porcentajes		65	21	14

Anexo 16: Promedio de horas diarias para cada mes, de los distintos rangos de temperatura.

Mes	Cant. días	Rangos de temperaturas °C		
		< 25	25 -29	29 - 32
Diciembre	9	13	5,8	5,2
Enero	31	16,25	5	2,75
Febrero	28	16	5,3	2,7
Marzo	17	15,5	4,25	4,25
Totales		15,1	5,1	3,8

Anexo 17: Resumen de los resultados de los analisis SAS para la variable Esfera de Vernon.

Variables	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr>F
Trat.	2	1052,39304	526,19652	22,93	0,0001
Hora	2	1688,79033	844,39517	36,79	0,0001
Trat. x Hora	4	50,50106	12,62526	0,55	0,6992

Variable Dependiente: Temperatura

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F. Value	Pr > F
Model	8	2786,87222	348,35903	15,18	0,0001
Error	159	3649,04111	22,94994		
Corrected Tot	167	6435,91333			

R. Square	C.V.	Roof MSE	Temp. Mean
0,433019	14,7479	4,79061	32,4833

Anexo 18: Datos promedio de la Esfera de Vernon.

Tratamiento	Hora	Temperatura
Eucalyptus	09:00	25,88
Eucalyptus	12:00	30,9
Eucalyptus	16:00	33,47
Paraíso	09:00	27,97
Paraíso	12:00	32,57
Paraíso	16:00	33,87
Sol	09:00	30,72
Sol	12:00	37,65
Sol	16:00	39,48

Anexo 19: Resumen de cortes de la pradera.

Corte 1 14/01/99 Sin Sombra

	P.T. Vivo	P.V. Trébol	P.V. Lotus	P.V. Malezas	P.V. Gramineas	
P.V.	636,7	331,3	155,4	13,2	34,2	Disponibilidad 3638.9 KgMS/há
P.S.	327,5	181,6	105,4	11,2	29,3	
% P.S.	100	55,45	32,18	3,42	8,95	

14/01/99 Con Sombra

	P.T. Vivo	P.V. Trébol	P.V. Lotus	P.V. Malezas	P.V. Gramineas	
P.V.	587,4	326,8	185,9	11,6	32,6	Disponibilidad 3378.9 KgMS/há
P.S.	304,1	191,5	84,2	7,9	20,5	
% P.S.	100	62,97	27,68	3,81	6,74	

Corte 2 10/02/99 Sin Sombra

	P.T. Vivo	P.V. Trébol	P.V. Lotus	P.V. Malezas	P.V. Gramineas	
P.V.	451,4	165,3	214	8,2	35,6	Disponibilidad 1498.9 KgMS/há
P.S.	134,9	60,8	57,2	4,6	12,3	
% P.S.	100	45,07	42,4	3,4	9,12	

10/02/99 Con Sombra

	P.T. Vivo	P.V. Trébol	P.V. Lotus	P.V. Malezas	P.V. Gramineas	
P.V.	647,9	227,9	275,9	30,2	73	Disponibilidad 2187.8 KgMS/há
P.S.	196,9	93,9	69,2	13	20,8	
% P.S.	100	47,7	35,14	6,6	10,6	

Resumen cortes de la pradera.

Corte 3 02/03/99 Sin Sombra

	P.T. Vivo	P.V. Trébol	P.V. Lotus	P.V. Malezas	P.V. Gramineas	
P.V.	703,8	252,8	298,8	46,2	57,2	Disponibilidad 2877.7 KgMS/há
P.S.	259	113	101	19	26	
% P.S.	100	43,63	39	7,34	10,04	

02/03/99 Con Sombra

	P.T. Vivo	P.V. Trébol	P.V. Lotus	P.V. Malezas	P.V. Gramineas	
P.V.	464,4	132,9	236,4	57,7	6,8	Disponibilidad 1700 KgMS/há
P.S.	153	55	72	21	5	
% P.S.	100	35,9	47,06	13,73	3,27	

Corte 4 15/03/99 Sin Sombra

	P.T. Vivo	P.V. Trébol	P.V. Lotus	P.V. Malezas	P.V. Gramineas	
P.V.	283,2	67,9	158,6	15,4	29,1	Disponibilidad 1321.1 KgMS/há
P.S.	118,9	35,8	62,9	9,5	10,7	
% P.S.	100	30,11	52,9	8	9	

15/03/99 Con Sombra

	P.T. Vivo	P.V. Trébol	P.V. Lotus	P.V. Malezas	P.V. Gramineas	
P.V.	330,3	80,9	176,6	0,5	53,2	Disponibilidad 1574 KgMS/há
P.S.	141,7	49,5	69,5	0,1	22,6	
% P.S.	100	34,93	49,05	0,07	15,95	

Anexo 20: Peso promedio inicial y final por raza y tratamiento.

Raza	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)
Hol. Sombra	104.4	176.4
Hol. Sol	105.8	169.4
Her. Sombra	116.9	150.9
Her. Sol	117	146.4

Anexo 21: Promedio de ganancia de peso.

Raza	Trat.	Caravana	Gan. Peso (Kg)
Hereford	Sol	94	0,94
Hereford	Sol	905	0,57
Hereford	Sol	911	0,73
Hereford	Sol	912	0,77
Hereford	Sol	915	0,77
Hereford	Sol	924	0,57
Hereford	Sol	930	0,66
Hereford	Sol	943	0,34
Hereford	Sol	950	0,79
Hereford	Sol	952	0,57
Hereford	Sol	969	0,81
Hereford	Sombra	96	0,83
Hereford	Sombra	106	0,78
Hereford	Sombra	125	0,87
Hereford	Sombra	132	0,91
Hereford	Sombra	906	0,7
Hereford	Sombra	908	0,9
Hereford	Sombra	919	0,67
Hereford	Sombra	940	1,2
Hereford	Sombra	953	0,6

Raza	Trat.	Caravana	Gan. Peso (Kg)
Holando	Sol	5	0,57
Holando	Sol	806	0,93
Holando	Sol	809	0,9
Holando	Sol	810	1,06
Holando	Sol	813	0,91
Holando	Sol	817	0,77
Holando	Sol	818	0,78
Holando	Sol	820	0,78
Holando	Sol	822	0,6
Holando	Sol	823	0,64
Holando	Sombra	807	0,94
Holando	Sombra	808	1,05
Holando	Sombra	811	1,1
Holando	Sombra	814	1
Holando	Sombra	815	1
Holando	Sombra	816	1,07
Holando	Sombra	819	0,9
Holando	Sombra	821	0,83
Holando	Sombra	824	0,61
Holando	Sombra	830	0,65

Anexo 22: Resumen de los resultados de los analisis SAS para la variable Ganancia de Peso.

Variables	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr>F
Raza	1	0,09396585	0,09396585	3,38	0,0741
Trat.	1	0,16896385	0,16896385	6,09	0,0185
Raza x Trat.	1	0,00161849	0,00161849	0,06	0,8106

Análisis de Varianza

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F. Value	P>F
Model	1	6356,25419	6356,25419	277,504	0,0001
Error	16	366,48192	22,90512		
C Total	17	6722,73611			

Root MSE	4,78593
Dep Mean	97,02778
C.V.	4,93254

R-square	0,9455
Adj R-sq	0,9421

Anexo 23: Datos promedio de Temperatura rectal y Ritmo respiratorio.

Raza	Tratamiento	Hora	Caravana	TR	RR
Hereford	sol	16	94	40,13	109,4
Hereford	sol	16	930	40,04	86,4
Hereford	sol	16	969	40,16	100,8
Hereford	sol	9	94	39,51	84,5
Hereford	sol	9	930	39,57	69,83
Hereford	sol	9	969	39,7	84
Hereford	sombra	16	132	39,88	72
Hereford	sombra	16	906	40,02	89,4
Hereford	sombra	16	953	40,31	79,2
Hereford	sombra	9	132	39,61	62
Hereford	sombra	9	906	39,69	84,66
Hereford	sombra	9	953	39,96	65,66
Holando	sol	16	810	39,82	97,2
Holando	sol	16	817	39,72	92,8
Holando	sol	16	823	39,75	81,6
Holando	sol	9	810	39,18	77,87
Holando	sol	9	817	39,41	73,87
Holando	sol	9	823	39,25	63
Holando	sombra	16	808	39,48	76,8
Holando	sombra	16	815	39,64	86,4
Holando	sombra	16	821	39,74	77,2
Holando	sombra	9	808	39,25	66,37
Holando	sombra	9	815	39,16	68,25
Holando	sombra	9	821	39,29	62,25

Anexo 24: Resumen de los resultados de los analisis SAS para la variable Temp. rectal.

Variables	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr>F
Raza	1	1,00041667	1,00041667	57,69	0,0001
Tratamiento	1	0,00270937	0,00270937	0,16	0,6979
Raza x Tratam.	1	0,03362512	0,03362512	1,94	0,1828
Hora	1	1,05420417	1,05420417	60,79	0,0001
Raza x Hora	1	0,00115741	0,00115741	0,07	0,7994
Trat. x Hora	1	0,02928345	0,02928345	1,69	0,2122
Raza x Trat. x Hora	1	0,00338438	0,00338438	0,2	0,6646

Variable dependiente: temperatura rectal

Source	DF	Sum of square	Mean square	F Value	Pr > F
Model	7	2,12478056	0,30354008	17,5	0,0001
Error	16	0,27744745	0,01734047		
Corrected total	23	2,40222801			

R- square	C.V.	Root MSE	TR. Mean
0,884504	0,331836	0,13168	39,6832

Anexo 25: Resumen de los resultados de los analisis SAS para la variable Ritmo resp.

Variables	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr>F
Raza	1	171,95799	171,95799	2,32	0,1468
Tratamiento	1	715,86065	715,86065	9,68	0,0067
Raza x Trat.	1	45,16898	45,16898	0,61	0,4459
Hora	1	1455,61354	1455,61354	19,68	0,0004
Raza x Hora	1	7,98299	7,98299	0,11	0,7468
Trat. x Hora	1	78,21065	78,21065	1,06	0,3191
Raza x Trat. x Hora	1	11,58565	11,58565	0,16	0,6975

Variable dependiente: ritmo respiratorio

Source	DF	Sum of square	Mean square	F Value	Pr > F
Model	7	2486,38046	355,19721	4,8	0,0045
Error	16	1183,47343	73,96709		
Corrected total	23	3669,85389			

R- square	C.V.	Root MSE	TR. Mean
0,677515	10,79837	8,60041	79,6455

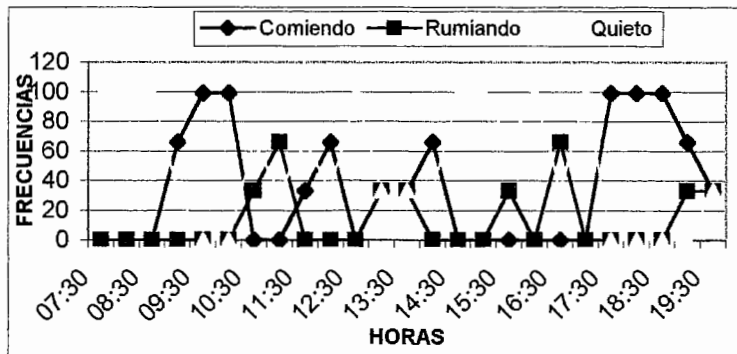
Anexo 26: Cálculo del Test de Rhoad utilizando datos de temperatura rectal a las 16:00.

Razas	Tratamiento	Caravana	Temp. Rect.	Coef. Rhoad
Hereford	sol	94	40,1	67,6
Hereford	sol	930	40	69,4
Hereford	sol	969	40,1	67,6
Hereford	sombra	132	39,8	73
Hereford	sombra	906	40	69,4
Hereford	sombra	953	40,3	64
Holando	sol	810	39,8	73
Holando	sol	817	39,7	74,8
Holando	sol	823	39,7	74,8
Holando	sombra	815	39,6	76,6
Holando	sombra	808	39,4	80,2
Holando	sombra	821	39,7	74,8

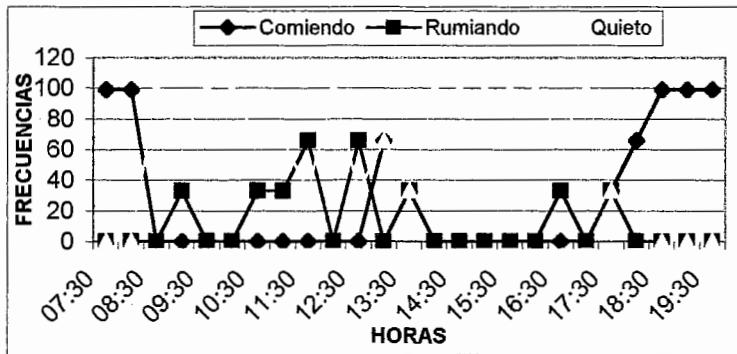
	Test de Rhoad
Prom Her Sol	68,2
Prom Her Som	68,8
Prom Hol Sol	74,2
Prom Hol Som	77,2

Anexo 27: Prueba de Comportamiento Hereford.

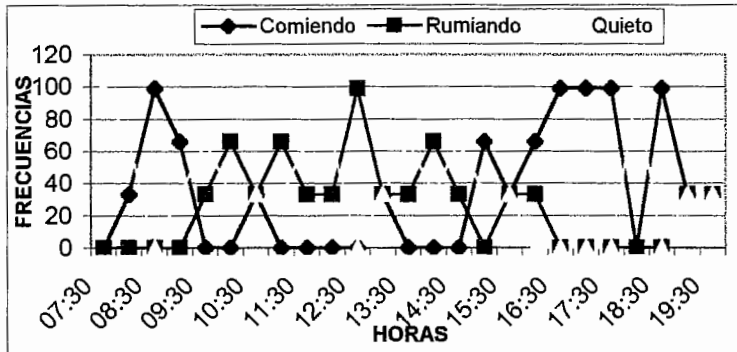
Tratamiento Sol 26/2/99



Tratamiento Sol 6/3/99



Tratamiento Sombra 26/2/99



Tratamiento Sombra 6/3/99

