

EFFECTO DEL ESTRÉS CALORICO EN LA REPRODUCCION BOVINA

MIGUEL ANDRES SARA PINILLA

DIRECTOR

FRANCISCO GUZMAN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EXTENSION CARTAGENA

2019

EFFECTO DEL ESTRÉS CALORICO EN LA REPRODUCCION BOVINA

MIGUEL ANDRES SARA PINILLA

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALE

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

MEDICINA VETERINARIA

CARTAGENA - COLOMBIA

2019

CONTENIDO

TABLA DE ILUSTRACIONES	7
DEDICATORIA.....	9
AGRADECIMIENTOS	10
1. INTRODUCCION	11
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. OBJETIVO GENERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. METODOLOGIA.....	15
4. MARCO CONCEPTUAL.....	15
4.1 EL CLIMA.....	16
4.1.1. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO ANIMAL ...	16
4.1.2. LA RELACIÓN CLIMA, FAUNA Y FLORA.....	22
4.2. TERMORREGULACIÓN DE ANIMALES.....	22
4.2.1. CONSTANTES FISIOLÓGICAS DEL BOVINO.....	25
4.2.2. MECANISMOS FISIOLÓGICOS DE LA TERMORREGULACIÓN EN ANIMALES DE PRODUCCIÓN.....	26
4.2.3. BALANCE TÉRMICO Y TERMORREGULACIÓN	29
4.2.4 CONSERVACIÓN DEL CALOR.....	32

4.2.5 CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS Y EL INTERCAMBIO DE CALOR	33
4.2.6 ACLIMATACIÓN	36
4.3. LA GANADERIA BOVINA.....	39
4.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS DIGESTIVAS Y COMPARTIMENTOS.....	40
4.4. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA	42
4.4.1. GANADERÍA INTENSIVA.....	43
4.4.2. GANADERÍA SEMI-INTENSIVA	43
4.4.3. GANADERÍA EXTENSIVA.....	44
4.5. CLASIFICACIÓN DE LA GANADERÍA SEGÚN EL PRODUCTO GANADERO..	44
4.5.1 LECHERÍA ESPECIALIZADA Y DOBLE PROPÓSITO.....	45
4.5.2. GANADERÍA BOVINA DE CARNE	45
4.5.3. GANADERÍA BOVINA DOBLE PROPÓSITO.....	46
4.6. RAZAS DE GANADO BOVINO	46
4.6.1. RAZAS PRODUCTORAS DE LECHE.....	46
4.6.2. RAZAS PRODUCTORAS DE CARNE	48
4.7. REPRODUCCION ANIMAL	49
4.7.1. APARATO REPRODUCTIVO DE LA VACA	49
4.7.2. LA PUBERTAD.....	51

4.7.3. CICLO ESTRAL	51
4.7.4. FISIOLÓGÍA DEL CICLO ESTRAL DE LA VACA	52
4.7.5. DINÁMICA FOLICULAR	55
4.7.6. FASES DEL CICLO ESTRAL	58
4.7.7. ETOLOGÍA DEL ESTRO	62
4.7.8. MECANISMOS DE LA LUTEOLISIS.....	63
4.7.9. OVULACIÓN	64
4.8. EL APAREAMIENTO.....	65
4.8.1 LA MONTA	66
4.8.2. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL.....	67
4.9. LA FERTILIZACIÓN.....	67
4.10. LA PREÑEZ	69
4.11. EL PARTO	69
4.11.1. FISIOLÓGÍA DEL PARTO.....	70
4.11.2. ETAPAS DEL PARTO.....	71
4.11.3. SIGNOS DE PARTO.....	72
4.12. CUIDADOS BÁSICOS DEL TERNERO RECIÉN NACIDO.....	73
4.13. ¿QUE ES EL ESTRES?	74
4.13.1. RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL ESTRÉS	75

4.13.2. ESTRÉS POR FACTORES NUTRICIONALES.....	78
4.13.3. ESTRÉS POR FACTORES COMPORTAMENTALES	78
4.14. ESTRÉS CALÓRICO	79
4.14.1 INDICADORES DE ESTRÉS TÉRMICO	81
4.14.2. FISIOPATOLOGÍA DEL ESTRÉS CALÓRICO	82
4.14.3 REPERCUSIONES DEL ESTRÉS CALÓRICO EN LA REPRODUCCIÓN ANIMAL.....	86
4.14.4 REPERCUSIONES DEL ESTRÉS CALÓRICO EN OTROS SISTEMAS	96
4.15. SÍNDROME GENERAL DE ADAPTACIÓN (SGA)	97
4.16. ¿CÓMO DISMINUYEN LAS CONDICIONES DE ESTRÉS CALÓRICO SOBRE LOS ANIMALES?	99
5. DISCUSIÓN.....	106
6. CONCLUSIONES.....	107
7. RESUMEN.....	109
8. REFERENCIAS BIBLIGRAFICAS	111

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Principales factores que afectan el desempeño de animales en pastoreo (Valtorta y Gallardo, 2011).	17
Ilustración 2. Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia de los animales	25
Ilustración 3. Constantes fisiológicas del bovino	26
Ilustración 4. Modelo de disipación de calor en bovinos, donde R es la energía asociada con la radiación, E es el calor incluido en. E+ el calor que recibe el animal del medio y E- el que disipa (adaptado de arias, 2008).....	31
Ilustración 5. Efecto del pelaje en la eliminación de calor.....	35
Ilustración 6. Características biológicas, anatómicas y zootécnicas de bovino.....	40
Ilustración 7. Estructuras digestivas y compartimentos	42
Ilustración 8. Esquema del Aparato Genital Femenino y de la Ubre. (1) Vulva (2) Vagina (3) Cérvix (4) Cuerpo de útero (5) Cuerno izquierdo (6) Cuerno derecho (7) Ligamento suspensor ovario (8) Ovarios (9) Recto (10) Ano (11) Vejiga.	50
Ilustración 9. Esquema del eje hipotálamo - hipófisis - ovario. Observa como la GnRH estimula la producción de LH y FSH, las cuales viajan hasta el ovario donde estimulan la producción de E2 y P4.	53
Ilustración 10. Dinámica de la FSH durante el ciclo estral de la vaca. Se puede observar como con cada aumento de esta hormona, coincide con el inicio de una oleada folicular. Para este caso, se presentan cuatro oleadas foliculares	53
Ilustración 11. Dinámica de la LH durante el ciclo estral de la vaca. Se puede observar aunque se evidencian dos picos en la gráfica, solo uno hace parte del ciclo estral. Este es el responsable de la ovulación para este ciclo.	54

Ilustración 12. Representación esquemática de la dinámica folicular. Se puede observar que esta presenta 3 oleadas foliculares, y que el folículo dominante de la 3 oleada, es el único que ovula; esto, por los bajos niveles de P4 permitiendo un pico preovulatorio de LH.....	56
Ilustración 13. Dinámica de las principales hormonas involucradas en el ciclo estral de la vaca. Se pueden observar cambios ováricos que se presentan, de acuerdo a las diferentes concentraciones hormonales en cada fase del ciclo estral.	57
Ilustración 14. Dinámica de los estrógenos durante el ciclo. Se puede observar la concentración máxima de estrógenos, coincide con la presencia de un folículo dominante en el ovario ...	59
Ilustración 15. Dinámica de la progesterona durante el ciclo estral. Se puede observar que la P4, es la hormona que más predominancia tiene durante el ciclo, coincidiendo con que la fase de mayor duración en la vaca es la lútea.	60
Ilustración 16. Producción de hormonas por el sistema nervioso vegetativo y el eje hipofisopararrenal.....	76
Ilustración 17. Efectos del estrés calórico sobre los diferentes mecanismos fisiológicos reproductivos	95
Ilustración 18. Grupo de novillas F1 bajo sombra. Foto Miguel Sará	105

DEDICATORIA

Principalmente se la dedico a mi Dios, quien me ha dado la fuerza y la sabiduría para llegar donde estoy.

Para mí es difícil escribir esta dedicatoria sin que mis ojos brillen a la memoria de ustedes, Huberto Sará Castillo, Zenit Orozco de Sará y Antonia Tajan Santana los llevaré siempre en mi corazón.

A mis padres, Enrique Sará Orozco y Meris Pinilla Tajan.

A mis hermanos, Toño, José, María, Lizardo y David.

A mis abuelos, Adalberto de la Cruz Ortiz y Ana Tajan Santana.

Al comité de pequeños y medianos ganaderos de Hato viejo.

A la empresa Hacienda Villa Carmen por abrirme sus puertas y permitirme ser parte de esa hermosa familia.

A la memoria de mi cachorro Zeus Andrés y a la memoria de todas las víctimas del covid-19.

AGRADECIMIENTOS

A todo el cuerpo de docentes de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la ciudad de Cartagena.

A mis tutores, en especial a:

Dr. Pedro Bulla quien ha sido como un padre para mí.

Dr. Carlos de Ávila, por su valiosa amistad.

Dr. Carlos Mendoza, por ayudarme en la transición de pensar como estudiante a profesional.

Dr. Camilo Alvarado, por enseñarme a trabajar con humildad, verreaquera y bajo presión.

Dr. Mauricio Vélez, por enseñarme el bello mundo de los caballos.

Dr. Javier Cubides por soportarme tanto.

Dr. Francisco Guzmán, por el acompañamiento en la etapa final de mi carrera.

A mi padre Enrique Sará Orozco, por su ayuda en la estructuración de esta monografía.

A mi gran amigo Erick Barcasnegras, por su infinita amistad y ayuda en la parte técnica de este trabajo.

Y de manera muy especial al que nunca vi como mi tutor sino como mi hermano mayor, el Dr. Adolfo Pérez, por su confianza, su amistad, por sus consejos, por sus regaños, por su gran aporte a mi crecimiento como profesional y como persona

Mil gracias

1. INTRODUCCION

La vida depende de la energía y el organismo animal es un transformador de energía, misma que es convertida en actividad física como locomoción, crecimiento, mantenimiento, reproducción e incluso en la obtención de productos útiles como carne y leche. Esta se obtiene a través de la acción química de los nutrientes, de la ingesta y, además, de la energía solar.

La fisiología climática es un área que aporta conocimientos relevantes en el manejo de los animales expuestos a calor. El término intercambio calórico implica tanto la pérdida calórica desde el animal hacia el ambiente, o en caso opuesto, la ganancia de calor por el animal.

Estos intercambios de calor son denominados “sensibles”, ya que la pérdida de calor es una forma de energía que puede ser detectada por los receptores sensoriales, por ejemplo, en condiciones ambientales donde hay altas temperaturas, los animales tienden a incrementar su temperatura corporal y para regularla existe una pérdida calórica por evaporación, ya sea por sudoración, jadeo o polipnea térmica.

En el caso de la temperatura corporal de los poiquiloterms o exoterms (reptiles, anfibios y peces) fluctúa directamente con la temperatura ambiental, en estas especies la fuente primaria de calor es externa, es decir, si necesitan enfriar su cuerpo deben desplazarse a un ambiente más fresco, a este tipo de termorregulación se llama conductual. Existe otro tipo de obtención de energía en los animales que reciben el nombre de homeoterms o endoterms, y comprende a la

mayoría de aves y mamíferos, los cuales son capaces de elaborar respuestas para producir o conservar el calor.

Cuando los animales se encuentran en un rango de temperatura intermedia (sin calor o sin frío) es fácil para ellos mantener su temperatura corporal, a este rango se le llama zona termo neutral y varía en cada especie. En esa zona la producción de calor en el organismo animal es mínima; pero en temporadas de calor cuando la temperatura ambiental se eleva, se dice que el animal se encuentra en una temperatura crítica, ya que la temperatura corporal del animal se incrementa debido a que el calor no se puede liberar de forma eficiente, incrementando el consumo de oxígeno en el animal (Fowler, 2008; Fowler, 2006).

En el trópico colombiano prevalece gran diversidad climática, dado que se presentan altas temperaturas ambientales que sobrepasan los topes considerados como máximos, en las llamadas zonas de confort. Además, existen rangos de variación en breves lapsos (verbigracia, seis horas), durante un mismo día.

Adicionalmente, en Colombia, aún permanecen ganaderías bovinas semi-intensivas y extensivas, en las que las medidas para proporcionar bienestar animal no siempre incluyen métodos que eviten la exposición a la radiación solar directa. Así mismo, la posible susceptibilidad individual o de raza que se puede presentar en los diversos genotipos utilizados en zonas del trópico bajo es un factor de considerable importancia, como causa de falla en la reproducción; por lo

anterior, se consideró importante ofrecer una revisión bibliográfica del tema planteado, a la luz de la literatura disponible más pertinente. (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

Como animal “homeotermo”, la vaca puede mantener la temperatura corporal dentro de ciertos límites fisiológicos; esta característica, le permite cumplir con las distintas funciones fisiológicas, como son su mantenimiento, la lactación y la reproducción. La adaptación de la vaca a un ecosistema específico, se puede medir por su eficiencia reproductiva; en el trópico bajo y húmedo o trópico seco existen condiciones, potencialmente adversas, que inciden en la eficiencia productiva, tales como el aumento de parásitos internos y externos, baja calidad de los forrajes, deficientes condiciones de manejo y alta temperatura y humedad relativa.

Para algunas razas, en especial aquellas que provienen del *Bos taurus*, aunque logran sobrevivir a las condiciones que impone el trópico, difícilmente se reproducen o su desempeño reproductivo es pobre, ocasionando serias pérdidas económicas, aún no estimadas para muchos países tropicales. El estrés ocasionado por las condiciones climáticas tropicales húmedas o secas es el denominado estrés calórico (EC) que, en principio, induce la descarga simpático-adrenal, manifestándose en una baja producción y, que a diferencia de lo que ocurre en otras regiones del mundo, es un estrés crónico y no agudo (De Dios Vallejo, 2000; Hötzel & Piheiro Machado, 2000).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar los factores climáticos cuya influencia originan estrés calórico en los bovinos afectando su desempeño y reproducción.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer los efectos del estrés calórico en la disminución de la fertilidad en animales bovinos.
- Analizar la incidencia del estrés calórico en la disminución de las tasas concepción.
- Reconocer los cambios que tendrá un animal cuando se encuentre afectado por el estrés calórico.

3. METODOLOGIA

Esta monografía está centrada dentro del tipo de investigación aplicada, que se centra en la recopilación de información, a través de diferentes medios como por ejemplo, la consulta de libros y trabajos de investigación relacionados con el tema tanto físicos como digitales y así también se contó con la asesoría de personas vinculadas a la medicina veterinaria y zootecnia, con el fin de lograr un objetivo concreto, como es el de conocer los efectos de estrés calórico en la reproducción de los bovinos, por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado, ya que no se trata de explicar una amplia variedad de situaciones, sino más bien se intenta abordar un problema específico.

Según el nivel de profundización, esta investigación es explicativa porque intenta determinar las causas y consecuencias de un fenómeno concreto. Se busca no solo el qué, sino el porqué de las cosas, y cómo han llegado al estado en cuestión.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 EL CLIMA

Es una combinación de los fenómenos meteorológicos que actúan en la atmósfera y que caracterizan un área determinada de la tierra. Estos fenómenos reciben el nombre de elementos del clima y son: la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, el viento y las precipitaciones.

El clima es uno de los factores abióticos que más influye en la distribución de los seres vivos. Muchos animales y plantas están preparados para vivir en ciertas condiciones climáticas, y no podrían hacerlo en otras.

4.1.1. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO ANIMAL

Los factores del clima que afectan el desempeño animal son: radiación, temperatura, humedad, lluvia y viento (Valtorta y Gallardo, 2011). El efecto conjunto de estos factores puede resumirse en índices que se presentan como una herramienta muy útil para caracterizar el ambiente térmico junto con los factores de manejo y alimentación que influyen en gran medida en el desempeño productivo y reproductivo de los animales (Ilustración 1).

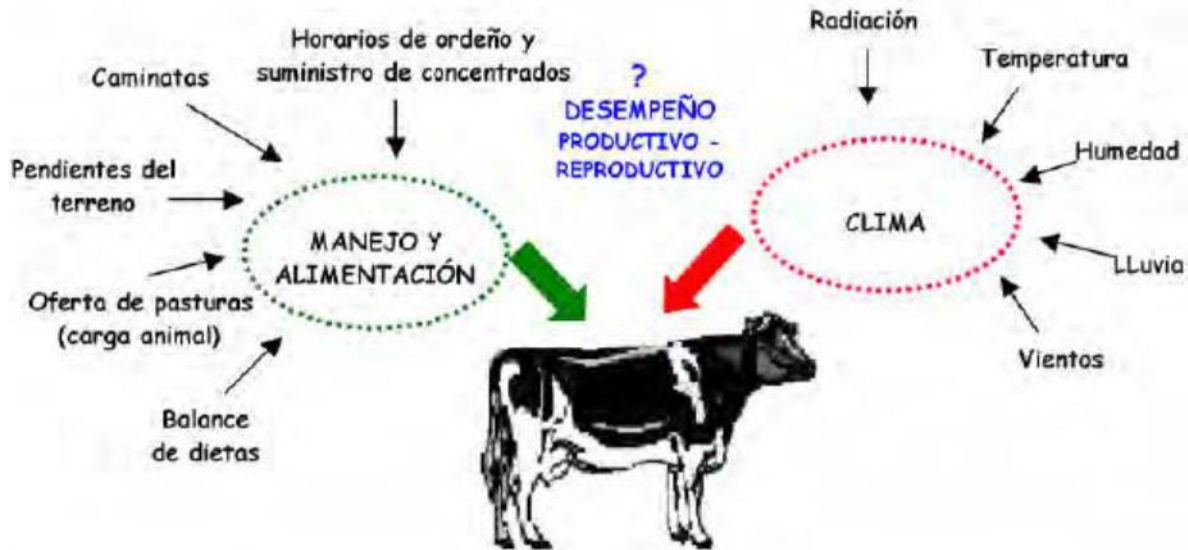


Ilustración 1. Principales factores que afectan el desempeño de animales en pastoreo (Valtorta y Gallardo, 2011).

La radiación solar está íntimamente relacionada con la temperatura atmosférica y con el grado de nubosidad y, por consiguiente, con las precipitaciones. Sus efectos son de interés, dado que su intensidad es frecuentemente uno de los principales factores Limitantes de la distribución del ganado en las áreas subtropicales la radiación procedente del sol y de los objetos que rodean al animal. Suele añadirse a su carga de calor. Un animal que pastorea a campo abierto se ve expuesto a: radiación solar directa (ondas visibles e infrarrojas cortas), radiación solar reflejada en las nubes y otras partículas de la atmósfera y radiación solar reflejada por el suelo y otros objetos que rodean al animal del calor radiante total que recibe del sol, un 50 % procede de las dos primeras fuentes y el resto de la tercera.

La radiación influye tanto si es directa o indirecta. Se ha demostrado que tiene un impacto directo en la temperatura rectal y la tasa de respiración (Brosh et al. 1998, Collier et al. 2006). También se conoce que la temperatura del animal se ve afectada por el color y la textura, tanto piel

como pelo oscuro absorben mayor radiación aumentando la temperatura de la superficie, la frecuencia respiratoria y la temperatura rectal (Pocay et al., 2001).

La temperatura se define como el grado de calor que posee la atmósfera en un determinado momento. Es el elemento más importante que limita el tipo de animal que puede criarse en una región determinada. El confort y normal funcionamiento de los procesos fisiológicos del animal dependen del aire que rodea su cuerpo. El calor se pierde por mecanismos físicos desde la piel caliente hacia el aire más fresco que la rodea. Si la temperatura del aire es superior al rango de confort, disminuye la pérdida de calor y si aumenta por encima de la temperatura de la piel, el calor fluirá en dirección inversa.

Todos los bovinos son homeotérmicos, o sea, presentan la misma temperatura corporal constante. Es por eso que, al modificarse la temperatura ambiente, cae la producción o se verifica el adelgazamiento del ganado, pues el animal tiene que gastar energía, para mantener la temperatura corporal dentro de la normalidad. Los mamíferos tienen la facultad de mantener una temperatura constante, con variaciones insignificantes durante toda su vida, generalmente entre 37.5°C a 39°C Johnson (1962).

Cuando la temperatura del aire es baja, el calor procedente del Cuerpo del animal fluirá hacia el exterior hasta provocar falta de confort y reducir la eficiencia productiva. No obstante, si el animal dispone de suficiente alimento, puede mantener su temperatura corporal en magnitudes compatibles con la vida. Las altas temperaturas son un grave problema para la producción Animal.

Existe una correlación altamente significativa entre Temperatura ambiental y la concepción. Además del calor procedente de la atmósfera, el organismo animal. Puede calentarse o enfriarse por la temperatura de los objetos que le Rodean. En este sentido, la fuente más importante de calor es el Suelo. La velocidad, dirección y origen del viento, como asimismo la altitud, también influyen sobre la temperatura prevalente.

Cuando los animales homeotermos están sujetos a una temperatura ambiente superior o inferior a su zona termo neutral, tiene lugar un número de cambios fisiológicos y bioquímicos, como una estrategia adaptable para tolerar la tensión de calor, teniendo algunas diferencias entre razas.

La Humedad relativa hace referencia a la proporción de vapor de agua en relación a la cantidad total de moléculas de aire, llegando a un punto de saturación en la cifra del 100%. Es considerada un factor que acrecienta las condiciones adversas de las altas temperaturas. Los principales efectos de la humedad relativa (HR) están asociados con una reducción de la efectividad en la disipación de calor por sudoración y respiración (Blackshaw y Blackshaw, 1994) y están negativamente asociados al consumo de alimento (Meyer et al., 2004).

La humedad relativa, es posible que actué en combinación con la precipitación pluvial o afecte individualmente la manifestación del estro cuando las temperaturas medias diarias caen fuera del rango confort; otros elementos climáticos adquieren importancia para la homeostasis del animal. La humedad del aire reduce notablemente la tasa de pérdida de calor del animal. El enfriamiento por evaporación a través de la piel y del tracto respiratorio depende de la humedad del aire. Si la

humedad es baja (zonas cálidas y secas), la evaporación es rápida. Por otro lado, si la humedad resulta elevada (zonas cálidas y húmedas), la evaporación es lenta, reduciéndose la pérdida de calor y, por consiguiente, alterando el equilibrio térmico del animal.

La precipitación es el agua que cae sobre la superficie terrestre en forma líquida o sólida y son el resultado de un proceso que es generado por el enfriamiento de masas de aire húmedo debido a la ascensión, y a la presencia de núcleos de condensación o de congelación, los que atraen moléculas de agua y originan las precipitaciones. Las precipitaciones se categorizan de acuerdo a la forma en que las masas de aire que las originó se elevaron en la atmósfera; por ello se clasifican en convectivas, ciclónicas, y orográficas.

En los bovinos disminuye la duración del estro, en las épocas donde hay mayor precipitación pluvial y humedad relativa, estas condiciones están presentes en el verano y el otoño. La principal influencia de la lluvia sobre el ganado es indirecta a través de la producción de forrajes y por su incidencia en la aparición de enfermedades y parásitos. En zonas húmedas y cálidas con precipitaciones abundantes, el PH del suelo es generalmente bajo, resultante de la lixiviación del calcio y fósforo. El valor nutritivo de las pasturas es muy bajo a consecuencia de su crecimiento acelerado. Los animales de estas áreas son generalmente de tamaño reducido debido a estas deficiencias que detienen el crecimiento de los animales con un atraso considerable de la madurez y una modificación de la estructura corporal.

Sin embargo, los efectos indirectos del clima son más evidentes en regiones semiáridas, en donde la marcada estacionalidad de las lluvias trae aparejada una escasez o falta total de alimentos

en determinadas épocas. Asimismo, la lluvia ejerce efectos directos sobre el animal al favorecer la disipación de calor mediante la evaporación.

El viento es el aire de la atmósfera en movimiento. El aire se desplaza constantemente de forma horizontal en la atmósfera, arrastrando nubes e influyendo en la temperatura. El viento actúa removiendo la capa de aire por sobre la superficie del animal mejorando así la disipación de calor por vías evaporativas. Este efecto se ve influenciado por el estado de la superficie de la piel, siendo más efectiva la transferencia de calor si la superficie está húmeda. Por otro lado, la velocidad del viento tiene un efecto negativo en el consumo de alimento y en la escala de jadeo. La escala de jadeo es una herramienta visual desarrollada para evaluar el estrés por calor en los animales (Mader et al. 2005, Mader et al. 2006).

Los vientos dominantes en cada región es un factor importante como modificador de las constantes de sexualidad y reproducción. La relación del viento con la temperatura al combinarse con la humedad, régimen de lluvias, etc., puede determinar disminución de defensas y ser causas predisponentes de enfermedades en general y del área genital en particular.

La velocidad del aire sobre la piel del animal influye en la tasa de pérdida de calor a través de la superficie corporal, las pérdidas de calor del animal cuando la piel contiene humedad por el mecanismo de la evaporación. Este proceso es relativamente simple cuando la piel aparece desnuda, aunque se complica con la presencia de pelo. El movimiento del aire favorece también.

Con temperaturas moderadas, las pérdidas de calor son proporcionales a la velocidad del aire. El hecho contrario se produce cuando las temperaturas son elevadas (29°C o superiores).

4.1.2. LA RELACIÓN CLIMA, FAUNA Y FLORA

La relación que existe entre los seres vivos y un medio ambiente determinado crea un equilibrio natural entre las distintas especies que lo habitan. Si este se altera, se producen grandes problemas en la naturaleza y en la vida de todos los seres vivos. El desempeño reproductivo y productivo de los animales, depende en gran parte de su adaptación a las condiciones climáticas del ambiente.

El ser humano puede influir en los ecosistemas, descuidando las especies animales y vegetales, contaminando las aguas, la tierra, el aire.

4.2. TERMORREGULACIÓN DE ANIMALES

La termorregulación en animales es la capacidad de los animales para poder regular su propia temperatura. Un cuerpo animal tiene una determinada cantidad calórica y con ello una determinada capacidad calórica. Esta temperatura esta captada por ciertos receptores, los periféricos superficiales y otros en ubicación nuclear, envían información a un centro termorregulador que es el hipotálamo, además reciben información de los tipos centrales y envían una determinada señal para remediar la situación.

Tradicionalmente se han clasificado a los animales como homeotermos (con temperatura corporal constante) o poiquilotermos (con temperatura corporal variable). Sin embargo, estos términos no son precisos para muchos animales; por ejemplo, algunos mamíferos (típicamente homeotermos), pueden tener temperaturas corporales no estables.

En los Poiquilotermos la temperatura corporal varía con la temperatura ambiental. Tradicionalmente incluye a todos los animales con la excepción de aves y mamíferos, aunque muchos reptiles. Se les llama también animales de "sangre fría". A este grupo pertenecen los animales invertebrados y además los peces, anfibios y reptiles. Los animales poiquilotermos son los animales que no regulan su temperatura interna.

Los animales domésticos son homeotermos esto quiere decir que tienen la capacidad de mantener la temperatura corporal dentro de ciertos límites ante amplias variaciones de la temperatura ambiental (Valtorta y Gallardo, 2011). La homeotermia forma parte de la homeostasis, la cual es determinante del normal desempeño de las funciones corporales. “El concepto de homeostasis (o equilibrio interno) comprende: balance calórico y termorregulación, balance químico del agua, compuestos carbonados y electrolitos; y balance circulatorio de las actividades cardiovasculares. Se previene la desviación de las condiciones normales o correctas mediante varios mecanismos homeostáticos” (Bianca, 1972). Si no se restablece el equilibrio, el animal muestra síntomas de estrés: amenaza o situación que compromete la homeostasis o la incapacidad de hacer frente al ambiente. Como principales respuestas globales al estrés se busca el

mantenimiento de la homeostasis, e inhibición de las funciones esenciales a favor del mantenimiento y supervivencia.

Las transferencias de calor desde el cuerpo del animal hacia el ambiente se dan mediante los procesos de radiación, conducción y convección, sobre éstos el animal puede ejercer un mínimo control, mientras que sobre la evaporación el animal ejerce un observable control fisiológico.

Dentro del rango de temperatura ambiente en que no es necesaria acción alguna para mantener la temperatura corporal se define la zona de confort térmico. Cuando se dan condiciones fuera de los rangos de confort el animal entra en situación de estrés y se generan respuestas de distinto orden, comportamentales y fisiológicas. Khalifa (2003) definió la temperatura ambiente efectiva de confort para bovinos como el estado constante de temperatura corporal, la cual puede ser mantenida sin necesidad de ajustes fisiológicos o de comportamiento. Esta zona es coincidente con la zona óptima para la producción de leche (PL).

Cuando la temperatura del aire toma valores superiores o inferiores al rango térmico delimitado en la zona de confort, el animal activa sus mecanismos de defensa: la sudoración, el incremento de la frecuencia respiratoria y la vasodilatación periférica para mantener la temperatura interna en el rango considerada normal o característico para la especie (normotermia, ilustración 2.).

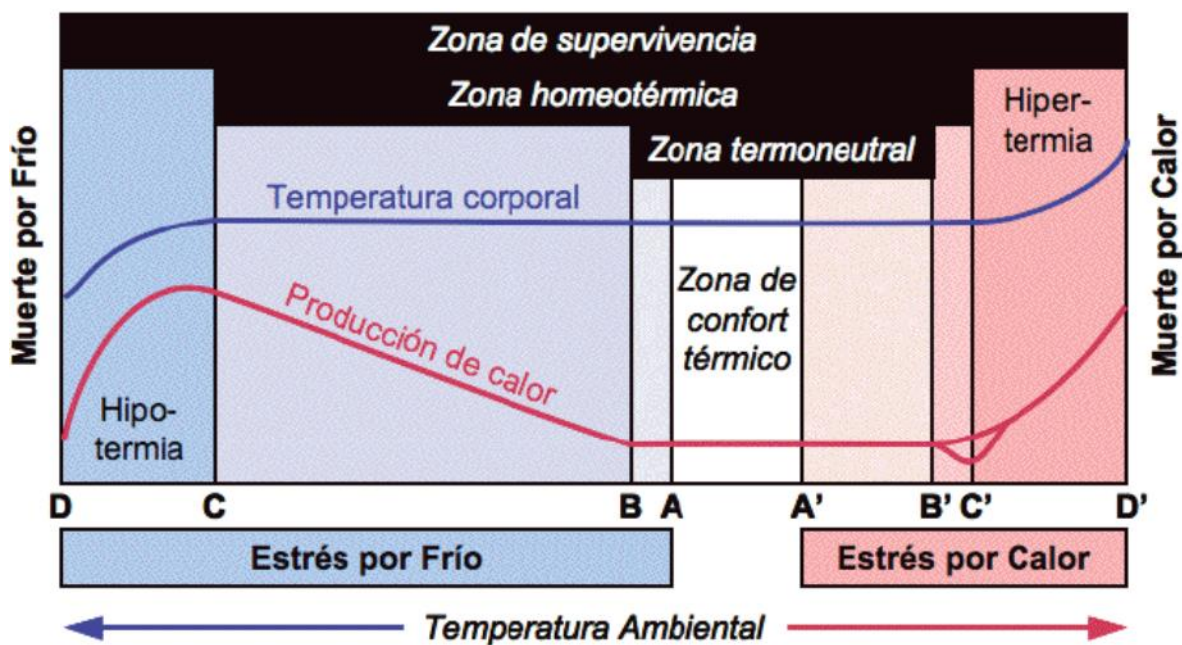


Ilustración 2. Representación esquemática de las condiciones ambientales críticas para la supervivencia de los animales

De acuerdo a la ilustración 2, Las zonas A →B para condiciones frías y A'→B' para condiciones de calor representan cambios en la temperatura ambiental que demanda esfuerzos mínimos en el animal para mantener su temperatura corporal. B y B' son las temperaturas críticas mínima y máxima respectivamente. En las zonas B→C y B'→C' los animales requieren activar mecanismos termo regulatorios (fisiológicos) para conservar la temperatura corporal. En las zonas C→D y C'→D' los animales no logran mantener las condiciones homeotérmicas; la temperatura corporal es afectada pudiendo conducir al animal a la muerte por hipotermia o hipertermia. D y D' son las temperaturas letales mínima y máxima respectivamente (adaptado de Bianca, 1972).

4.2.1. CONSTANTES FISIOLÓGICAS DEL BOVINO

Las constantes fisiológicas en los bovinos son valores preestablecidos de algunas funciones vitales del organismo esos rumiantes. Debe recordarse que en el animal vivo se encuentra

íntimamente relacionadas, de tal forma que cuando una constante se encuentra comprometida, otra u otras también se verán alteradas en forma compensatoria estas constantes son: temperatura corporal, frecuencia respiratoria que es la cantidad de veces que el animal inhala y exhala aire en un minuto; frecuencia cardíaca o pulso, la cual se determina por de veces que el corazón se contrae, para impulsar la sangre a través del organismo en un minuto. y los movimientos ruminales que es la cantidad de veces que el rumen se mueve con el fin de mezclar y procesar el contenido del mismo. Cada una de estas constantes tiene un valor específico en el bovino como lo muestra la ilustración 3.

Temperatura	37.7 - 38.5 °C (adulto) 38.5 - 39.5 °C (joven)
Frecuencia cardíaca	40 - 80 mov./min. (adulto) 80 - 110 mov./min. (joven)
Frecuencia respiratoria	10 - 30 rep./min. (adulto) 15 - 40 rep./min. (joven)
Movientos ruminales	2 - 3 mov./2 min.

Ilustración 3. Constantes fisiológicas del bovino

4.2.2. MECANISMOS FISIOLÓGICOS DE LA TERMORREGULACIÓN EN ANIMALES DE PRODUCCIÓN.

Sanmiguel plaza, R.A. y Ávila, V.D. (2011), plantean que los animales endotermos hacen frente a las variaciones de temperatura a través de la modificación de mecanismos fisiológicos y

comportamentales, los cuales les permiten conservar la temperatura corporal dentro de un rango más estable. Los mecanismos fisiológicos se desencadenan en tres fases: sensaciones térmicas aferentes, regulación central y respuestas eferentes, los cuales se desarrollan de manera prioritaria frente a muchas otras actividades fisiológicas.

Las sensaciones térmicas aferentes son recibidas por termo-receptores, los cuales están localizados en las diferentes capas dérmicas. Los termo-receptores cutáneos de calor y frío captan variaciones del ambiente enviando aferencias a las áreas sensoriales corticales y al hipotálamo; hay termo-recepción a nivel de órganos abdominales, medula espinal y en los conductos venoso-arteriales. En la zona pre-óptica hipotalámica se capta la temperatura interna mediante la circulación sanguínea propia de la zona.

En la región hipotálamo-tálamo, se dan las respuestas a estímulos externos como el cambio de temperatura. Allí es donde se permite que la temperatura corporal cambie en solo unas décimas de grados. La regulación central es óptima en las primeras etapas de vida libre, pero presenta disfunciones en la vejez o en cuadros patológicos.

En el proceso de la disminución de la temperatura corporal se producen las siguientes respuestas reflejas:

- Por excitación de neuronas vasomotoras se produce vasoconstricción cutánea.
- Por excitación de neuronas simpáticas pilo-motoras se genera piloerección.

- Por inhibición de neuronas simpáticas sudo-motoras se anula la sudoración.
- Por excitación de neuronas simpáticas se aumenta el metabolismo basal.
- Por excitación de neuronas somato-motoras se induce los temblores musculares.
- Por aumento de la producción de hormona liberadora de tirotropina se incrementa la producción de hormona tiroidea.

Las respuestas eferentes corresponden a mecanismos de disipación y conservación de calor. Para este efecto, las fibras post-ganglionares del sistema nervioso simpático se unen a los nervios periféricos somáticos para inervar los vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas y músculos pilo-erectores en tejidos cutáneos o musculares. También se atribuye a la coloración del pelaje como un mecanismo de adaptación a temperaturas ambientales, en la medida que la coloración clara puede disminuir la ganancia de calor mientras que la coloración oscura la aumenta, así como la presencia de melanina en la piel protege de los efectos nocivos de los rayos ultravioletas (Sanmiguel Plazas. R. A y Ávila. V. D; 2011).

Existen receptores de frío que son invaginaciones de la membrana basal, neuronas aferentes no muy bien conocidas y desmielinizadas. La acción de estos receptores sensitivos se traduce en la regulación de la cantidad de sangre en la piel, la erección del pelo y las actividades de las glándulas sudoríparas, distribuidas a razón de una por cada folículo piloso. (Sanmiguel Plazas. R. A y Ávila. V. D; 2011).

4.2.3. BALANCE TÉRMICO Y TERMORREGULACIÓN

El balance calórico es el proceso mediante el cual el animal encuentra un equilibrio entre ganancias y pérdidas de calor, de manera que la temperatura interna no exceda los límites superiores o inferiores de la zona de confort térmico, de esta manera cuando el balance es positivo el animal se encuentra en situación de estrés calórico y es necesario que comiencen a operar mecanismos de regulación de temperatura para lograr nuevamente un equilibrio interno.

Dentro del balance tanto ganancias como pérdidas pueden dividirse en dos grandes grupos, externas e internas. Dentro de la carga calórica externa se encuentran los mecanismos de transferencia de calor, mientras que en la carga calórica interna se encuentran la energía generada por el propio organismo del animal.

La transferencia y/o flujos de calor entre el animal y su ambiente se da mediante los procesos ya mencionados: conducción, convección, radiación y evaporación, los tres primeros representan tanto ganancias como pérdidas, mientras que la evaporación solo representa pérdidas.

La conducción es la pérdida de calor ocasionado por la diferencia de temperaturas entre sistemas vecinos, de ahí la importancia de la conductividad del tegumento que integra la cobertura y las superficies internas que están en contacto con el medio externo como tracto respiratorio y digestivo.

La transferencia de calor por convección se da por el transporte de un fluido (aire o agua) y del gradiente térmico entre el fluido y la superficie del animal. Existen dos maneras de transferir calor por esta vía, estas son: pasiva y forzada. Convección pasiva se da cuando el aire ubicado en la superficie de la piel es removido, como resultado de una disminución en la densidad del aire en superficie y se da un movimiento ascendente de la temperatura hacia la superficie del objeto, produciéndose el intercambio calórico. Por otra parte, la convección forzada ocurre cuando la energía externa es utilizada para mover un objeto. Como el caso de la circulación de aire a través del tracto respiratorio o el flujo sanguíneo a través del sistema circulatorio (Spiers, 2012).

La radiación es la pérdida de calor mediante rayos infrarrojos o calóricos, la cual varía con la superficie corporal del animal, siendo menor en animales voluminosos (Bavera y Beguet, 2003). En el ganado vacuno, por ejemplo, aunque la provisión de sombra no elimina completamente el impacto de las altas oleadas de calor (Gaughan et al., 2010), la carga calórica disminuye y por consiguiente la radiación es menor redundando en el bienestar de los animales (Sullivan et al., 2011). Especialmente en épocas secas, los parámetros productivos pueden verse menos afectados en la medida que la alimentación cumpla con los requerimientos del animal (Mader et al., 1999). Estos mecanismos se ilustran en la ilustración 4 (Arias et al, 2008).

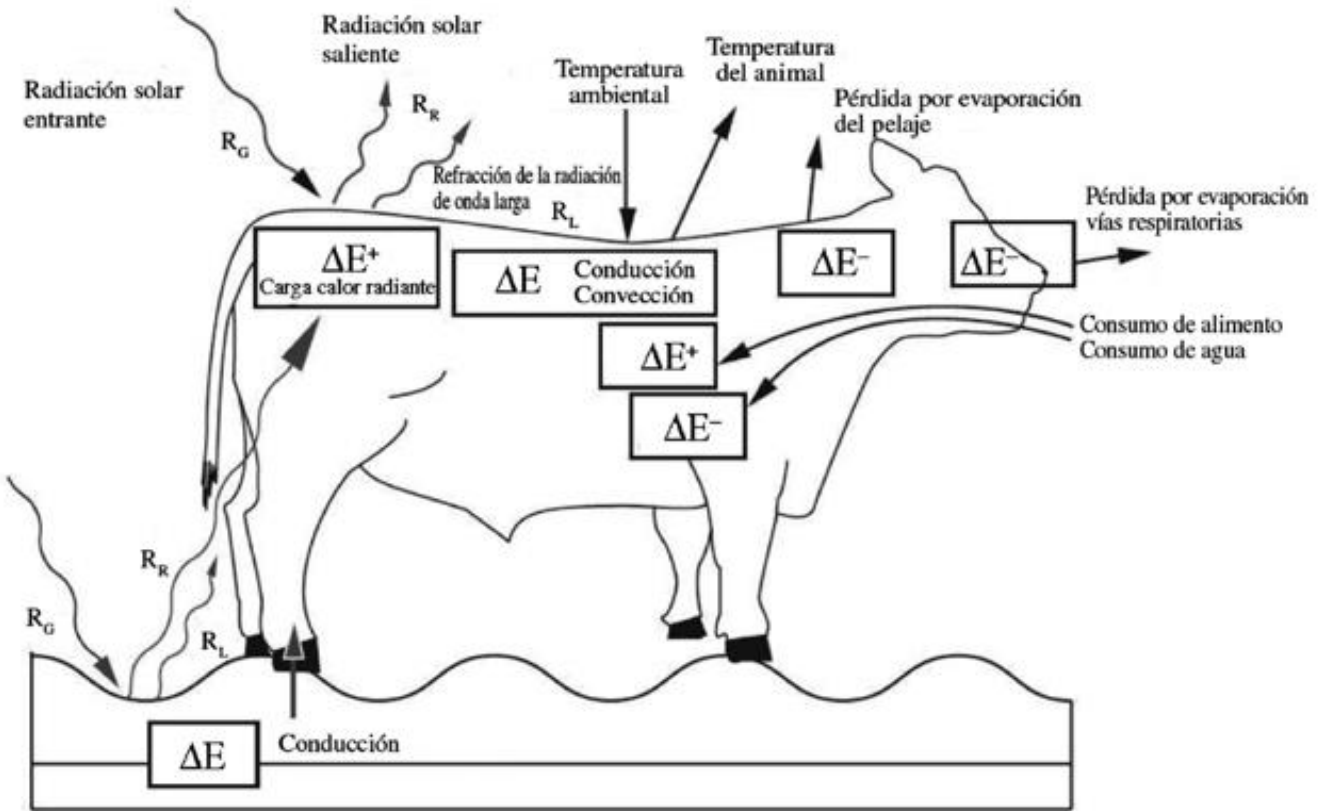


Ilustración 4. Modelo de disipación de calor en bovinos, donde R es la energía asociada con la radiación, E es el calor incluido en. $E+$ el calor que recibe el animal del medio y $E-$ el que disipa (adaptado de arias, 2008)

La evaporación es un mecanismo de pérdida de calor, y la misma se da en el pasaje de líquido a gas. Este mecanismo toma gran importancia en ambientes calurosos, ya que es el único mecanismo en el cual no se necesita un gradiente térmico para lograr la transferencia de calor, pero si es muy dependiente del nivel de humedad en el ambiente, cuando el nivel de humedad es alto se compromete dicho proceso y las pérdidas de calor disminuyen.

Además de los mecanismos antes mencionados el animal gana y pierde calor a través de procesos relacionados con su propio organismo y actividad. Dentro de los procesos de ganancia se encuentra el metabolismo basal, el incremento calórico y la actividad muscular. El metabolismo basal está relacionando a las actividades vitales básicas, el incremento calórico al proceso de

fermentación digestiva del alimento, y la actividad muscular a los desplazamientos y comportamientos del animal. Por otra parte, las pérdidas internas es la energía contenida en heces, orina y leche (Valtorta y Gallardo, 2011).

4.2.4 CONSERVACIÓN DEL CALOR

La conservación de calor se da mediante cambios comportamentales y posturales, activación del sistema nervioso simpático alfa adrenérgico, liberación de acetilcolina y vasoconstricción cutánea (Vilches et al., 2002). Esta última no afecta las necesidades del tejido periférico pues las anastomosis arteriovenosas son anatómicamente distintas de los capilares que cumplen esta función (Kurz, 2008). Por otra parte, Bavera et al. (2003) argumentan que la piloerección, el aumento en el consumo de alimentos, combustión de grasas de reserva y disminución de la temperatura corporal son parte importante del conjunto de mecanismos que conllevan a conservar la temperatura corporal en condiciones medioambientales de bajas temperaturas.

La tendencia en vertebrados es la búsqueda de la Zona Térmica Neutra (TNZ) o la Zona de Temperatura de Confort (ZTC), mediante desplazamientos, vocalizaciones (Weary et al., 1997) y diferentes actividades para la obtención de alimento (Ivanov, 1999). Este aspecto fisiológico-comportamental es conocido como preferencias térmicas, no obstante, las fluctuaciones térmicas ambientales pueden desbordar estas zonas térmicas y generar algún grado de estrés en los organismos.

4.2.5 CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS Y EL INTERCAMBIO DE CALOR

Existen determinadas características corporales externas que pueden resultar ventajosas para el animal en su lucha contra el estrés impuesto por un ambiente desfavorable. Entre ellas se incluye la superficie externa, la piel, pelo, apéndices, grasa almacenada y musculatura próxima a la piel.

Ante el efecto de condiciones idénticas, las pérdidas de calor de los bovinos se suponen proporcionales al área de su superficie. No obstante, cuanto más grande y por lo tanto más pesado es el cuerpo, menor será, en proporción, la superficie corporal. Esto se debe a que el volumen, y por consiguiente el peso, aumenta como el cubo de las dimensiones lineales y el área de la superficie como el cuadrado.

De aquí que en un medio frío le será beneficioso para un organismo poseer un cuerpo de gran tamaño, con una superficie relativamente pequeña y como consecuencia, reducir las pérdidas de energía, mientras que para un ambiente cálido esta ventaja será para un animal pequeño con un área superficial relativamente grande que facilite la disipación de calor.

El gran desarrollo de la papada, región umbilical, prepucio y orejas del cebú, sirve para aumentar el área superficial del cuerpo en más del 12 %.

Estos grandes pliegues colgantes actuarían a modo de radiadores, expulsando el calor hacia la atmósfera. Sin embargo, a no ser que estén muy vascularizados y especialmente adaptados a la sudoración, estos apéndices podrían actuar de una manera completamente opuesta, favoreciendo

la transferencia de calor de la atmósfera al animal tan pronto como la temperatura del medio fuese superior a la corporal.

Los apéndices desempeñan un papel en la disipación del calor, aunque no representan el factor clave para la adaptación a los climas cálidos. Se ha demostrado que la papada del cebú presenta una tasa de evaporación superficial reducida comparada con otras regiones del cuerpo. Las orejas, la vulva de las hembras cebú y la giba, a pesar de poseer cada una de ellas condiciones funcionales para la disipación, su situación con respecto a los principales centros de producción de calor es tal que resulta limitada su contribución a la capacidad total de enfriamiento por evaporación.

El cebú debe su gran tolerancia al calor, más que a la posesión de una gran superficie de piel con relación a la masa corporal, a la característica de intensa funcionalidad de la misma.

En cuanto a la conformación exterior los animales de clima frío tienden a ser de mayor tamaño que los animales de clima cálido. Tienen aproximadamente igual profundidad que ancho, lo que les da una configuración redondeada, en tanto el cebú muestra una conformación relativamente profunda, ligeramente achatados.

La conformación del cuerpo de las razas británicas no adaptadas a condiciones tropicales llevadas a estos climas, cambian de manera que los animales se desarrollan aumentando la profundidad lateral del pecho, la panza se contrae y se vuelven delgados con costillas marcadas.

Este núcleo está rodeado de capas periféricas aislantes, entre las que figuran la cubierta pilosa y la piel. La longitud del pelo de los vacunos depende de las razas, nivel nutritivo, temperatura y fotoperiodo que prevalece. Los animales adaptados a climas cálidos tienden a presentar un pelo característicamente corto. La disposición del pelo (erecto o aplastado) es otro factor importante para el enfriamiento por convección.

El pelaje largo y ondulado inmoviliza el aire en su interior formándose una capa aislante. Las partículas de aire encerradas se cargan de humedad proveniente de la sudoración hasta la saturación y bloquean este mecanismo de eliminación del calor. El pelaje corto, en cambio, facilita la renovación de esa capa aislante de aire saturado por otra de aire más seco. El viento facilita esta renovación.

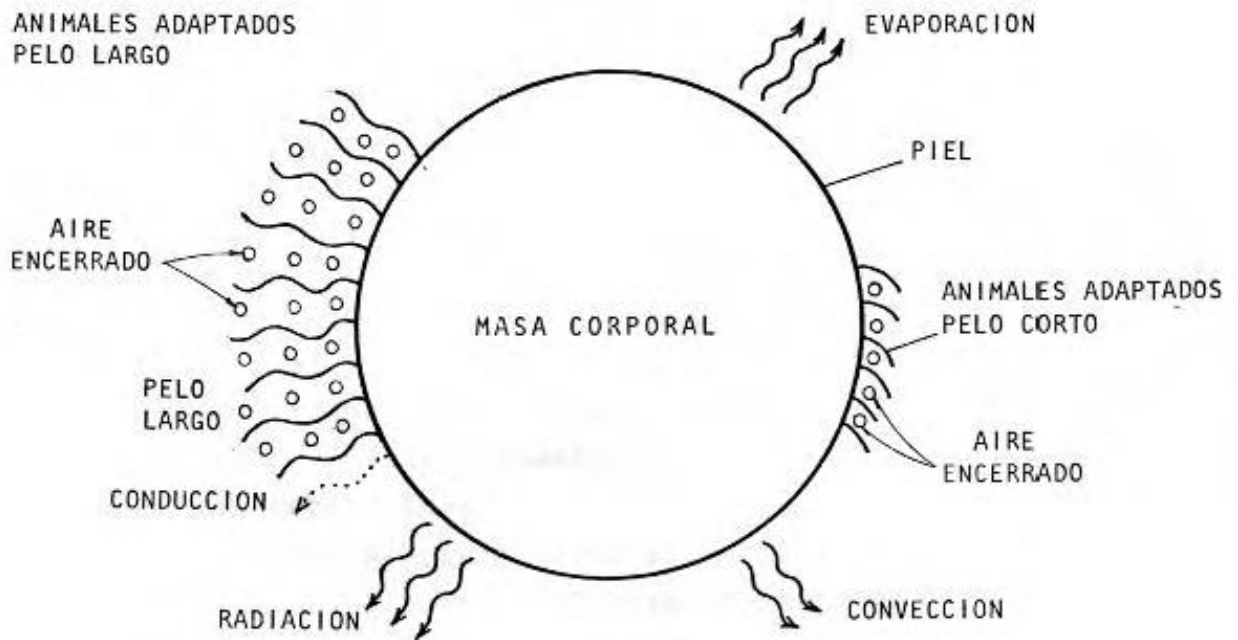


Ilustración 5. Efecto del pelaje en la eliminación de calor

Los animales de climas cálidos suelen presentar coloraciones más claras que los nativos de climas templados, ya que el color blanco o claro representa una ventaja al reflejar la radiación térmica, reduciendo el calor captado por el organismo.

La piel a su vez puede ser pigmentada o no. En caso de serlo, estará mejor protegida contra la quemadura solar producida por las radiaciones ultravioletas.

Los depósitos adiposos pueden constituir una fuente de energía en épocas de penuria alimenticia, si bien su función primordial es actuar como sustancia aislante en climas fríos o templados, pero cuando se almacena próxima a la piel dificulta la pérdida de calor. En este sentido, la grasa almacenada en la giba del cebú supone una ventaja para la pérdida de calor en comparación con aquella distribuida en forma subcutánea.

Los músculos subcutáneos colaboran en la adaptación al medio al otorgarle movimiento a la piel, repeliendo a los insectos picadores y dificultando la implantación de la garrapata. (Bavera, 2003).

4.2.6 ACLIMATACIÓN

Aclimatación es el conjunto de procesos mediante los cuales un animal se adapta al medio ambiente en que tiene que vivir. Si se introduce a un animal en un nuevo ambiente en donde debe

soportar condiciones adversas, no podrá aclimatarse y desmejorará considerablemente. Esto ha ocurrido con frecuencia al introducir ejemplares de razas de zonas templadas en un ambiente tropical.

La aclimatación al calor puede ser temporal o permanente, dependiendo de sí el animal aumenta su pérdida de calor, si reduce su producción de calor o si aumenta la tolerancia de sus tejidos a temperaturas más altas y fluctuantes del cuerpo.

Los vacunos de las regiones templadas pueden aclimatarse más fácilmente a un calor fuerte e intermitente que a otro más moderado pero continuo. En zonas áridas subtropicales de América y Australia, razas de ganado vacuno europeo, de climas templados, están expuestas durante los meses de verano a un calor considerable. Sin embargo, este ganado prospera en dichas zonas porque se trata de un calor intermitente, que disminuye por las noches en los meses de verano y no existe durante los meses de invierno.

Una aclimatación permanente al rigor del clima puede imputarse a los cambios introducidos en el comportamiento de los animales o a ciertas modificaciones de sus reacciones fisiológicas, que pueden ser o no heredadas. Puede también tener lugar una selección natural o artificial de ciertos caracteres morfológicos que ayudan al animal a aclimatarse.

En lo referente a la aclimatación, son importantes los cambios introducidos en el comportamiento. En un ambiente tropical, el ganado se vuelve más perezoso en sus movimientos hasta el punto de reducir la producción de calor muscular. Los toros, por ejemplo, en igualdad de circunstancias, son más mansos en los trópicos que en las zonas templadas. El ganado de las razas de zonas templadas pasta en los trópicos mayormente por la noche y busca más la sombra durante el día.

Pueden darse distintos grados de aclimatación:

Absoluta: cuando los animales que son llevados a un medio distintos al de su origen mantienen intactas sus capacidades productivas económicas.

Naturalización: se da cuando se trasladan animales a un clima semejante al de su origen y en donde las diferencias ambientales son mínimas.

Relativa o Degenerativa: cuando el animal sobrevive, pero a costa de perder parte de su aptitud productiva, disminuyendo la fertilidad y conversión alimenticia. Es quizá la más dañina de las adaptaciones, ya que el animal persiste, pero con baja producción.

Fracaso de raza o aclimatación negativa: resulta del traslado de animales a un medio diferente al de su origen, donde ningún individuo logra superar el esfuerzo que las nuevas condiciones le exigen, sobreviniendo la muerte.

De esto surge que la elección de una raza en un ambiente determinado no es un capricho, sino que responde a razones fisiológicas. Se han logrado espectaculares avances en la obtención de razas mejor adaptadas a las variaciones extremas de temperatura. (Bavera, 2003)

4.3. LA GANADERIA BOVINA

La ganadería bovina es una importante actividad económica en la que resulta fundamental aumentar la producción de carne y leche. Para lograrlo los animales deben estar sanos y recibir una alimentación adecuada durante todo el año.

El ganado bovino se puede encontrar en dos especies como son: *Bos Taurus* (sin joroba) como el tipo europeo, y *Bos Indicus* (con joroba) como el cebú. Mamíferos puesto que son animales que poseen tetas, Orden ungulados (mamíferos con pezuñas), Suborden artiodáctilo (dedos impares), Familia: Bóvidos, Subfamilia: Bovinos, Género: *Bos*.

Comercialmente interesan dos especies: *Bos Indicus* (Cebú) y *Bos Taurus* (Europeo).

Son capaces de digerir hierbas, forrajes (pastos), entre otros. En las etapas tempranas los bóvidos solamente tienen desarrollado el abomaso, y se alimentan únicamente de leche materna, en esta etapa no se consideran como rumiantes

Estómago compuesto: Cuatro compartimientos

Régimen alimenticio: Herbívoro

Dentición: Incompleta; ausencia de piezas superiores y caninos

Ilustración 6. Características biológicas, anatómicas y zootécnicas de bovino

En promedio a los tres meses de edad ya suelen tener en funcionamiento sus cuatro estómagos (rumen, retículo, omaso y abomaso). Los cuales tienen diferentes funciones en el proceso de la digestión de sus alimentos, constituidos básicamente por forrajes y granos.

Tanto hembras como machos presentan protuberancias óseas (cuernos) sobre sus cabezas. Estos animales pueden llegar a pesar cerca de una tonelada. La mayoría de los elementos de esta especie se congregan en grupos grandes con estructuras sociales muy complejas, pero existen casos en los que su comportamiento no es gregario. Los bóvidos cubren un extensivo rango de diferentes climas y hábitats, que abarcan desde desiertos, tundra hasta bosques tropicales

4.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS DIGESTIVAS Y COMPARTIMENTOS

El estómago de los rumiantes (en este caso: bovinos, ovinos y caprinos) se caracteriza por poseer cuatro divisiones, dadas estas características, a diferencia de los no rumiantes, son capaces de aprovechar los carbohidratos estructurales presentes en las plantas (Celulosa, Hemicelulosa y

Pectina, las dos primeras constituyentes de la fibra) teniendo así una fuente de energía adicional y basando su alimentación en el consumo de forraje.

La anatomía del sistema digestivo de un rumiante incluye, de principio a fin, la boca; la lengua; las glándulas salivales, que producen saliva para regular el pH de la panza; el esófago; el estómago que tiene cuatro compartimentos (el rumen, el retículo, el omaso y el abomaso); el páncreas; la vesícula biliar; el intestino delgado y el intestino grueso.

Un rumiante puede dar entre 25.000 y 40.000 mordidas diarias a su alimento en la cavidad bucal. Y es que pasan un tercio de su tiempo pastando, otro tercio rumiando, masticando, y algo menos del tercio restante sin hacer ni lo uno ni lo otro. El cielo del paladar de un rumiante es muy duro y carece de incisivos. Los incisivos de la mandíbula inferior trabajan contra este paladar; unos, son anchos en forma de pala, y, otros, resultan más estrechos y tienen forma de pincel. Los premolares y los molares de ambas mandíbulas coinciden unos con otros. Este sistema dentario aplasta y muele el material vegetal durante la masticación inicial y el proceso de rumia. La saliva ayuda a masticar y tragar. La saliva de los rumiantes contiene enzimas que ayudan a la descomposición de la grasa (lipasa salival) y el almidón (amilasa salival).

La ilustración a continuación muestra las estructuras digestivas y compartimentos:

-
- **Rumen** (panza o herbario)
Proporción ocupada entre los compartimentos: 80% del lado izquierdo de la cavidad abdominal
Capacidad: 200 - 250 L o 135 kg de material alimenticio (adultos de raza pesada)
pH del líquido: 5.5 - 7
Movimientos rumiales: 2 - 3 mov./2 min.
Color normal de líquido ruminal: generalmente verde grisáceo.
Consistencia: ligeramente viscosa.
Olor: aromático, poco repulsivo.
Población bacteriana: 1×10^9 a 1×10^{10} /ml
Población protozoaria: 1×10^2 a 1×10^6 /ml
 - **Retículo** (bonete, redecilla, panal)
Ocupa 5% de los compartimentos
Proyección: de la 6ª a la 8ª costillas izquierdas
 - **Omaso** (libro, librillo)
Corresponde a 7% de los compartimentos
Proyección: de la 7ª a la 9ª costillas izquierdas
 - **Abomaso** (cuajo, estómago verdadero)
Corresponde a 8% de los compartimentos
Proyección sobre el piso de la cavidad ligeramente a la derecha de la línea media, desde el apéndice xifoides hasta el ombligo.

Ilustración 7. Estructuras digestivas y compartimentos

4.4. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA

Los sistemas de producción bovina se pueden clasificar por su grado de intensificación en: intensiva, semi-intensiva y extensiva.

4.4.1. GANADERÍA INTENSIVA

Una explotación intensiva está caracterizada por una alta especialización y tecnificación; sus rendimientos unitarios, normalmente, son altos; utilizan fuertes inversiones y una alta aplicación de insumos.

Se localiza dentro de grandes empresas agrícolas. Eliminación total del pastoreo. Los animales se tienen estabulados y se alimentan con raciones a base de materias agroindustriales y residuos de cosecha. La ganadería se convierte en una actividad complementaria de la agricultura comercial intensiva. Los Sistemas que se desarrollan aquí son la lechería especializada Y Ceba de animales jóvenes.

4.4.2. GANADERÍA SEMI-INTENSIVA

Las explotaciones semi intensivas son intermedias en cuanto al nivel tecnológico y mecanización y obtienen rendimientos unitarios inferiores a las intensivas. Aquí puede existir un uso de suelos con aptitud agrícola. Se localiza en áreas cercanas a las grandes ciudades. Se emplean pastos mejorados, fertilización intensiva, riego. Pastoreo rotacional y Suplementación con alimentos elaborados dentro o fuera de la finca.

4.4.3. GANADERÍA EXTENSIVA

Las explotaciones extensivas se caracterizan por el sistema de libre pastoreo en agostaderos nativos e inducidos bajo condiciones de temporal; la producción por individuo es baja; es estacional y tiene una mayor producción en época de lluvias.

Se localiza en áreas con calidad del suelo deficiente, con pastos de cobertura rala y bajo aporte nutricional, reducida infraestructura vial y dificultad de comercialización. Se presenta reducida participación institucional especialmente en lo relacionado con la asistencia técnica y crédito. Es muy común mantener los sistemas de cría con levante (ganadería extensiva). Estos sistemas se diferencian en el nivel de alimentación, el nivel de mecanización, razas lecheras y nivel de producto final, sobre todo en cuanto a la calidad bacteriológica de la leche.

4.5. CLASIFICACIÓN DE LA GANADERÍA SEGÚN EL PRODUCTO GANADERO

Según el producto la ganadería bovina se clasifica en:

- Leche: Lechería especializada y Doble propósito.
- Carne: Sistemas cría, Ceba y Doble propósito.

4.5.1 LECHERÍA ESPECIALIZADA Y DOBLE PROPÓSITO

Como su nombre lo indica, son los sistemas de producción de ganadería bovina que están especializados en la leche, como su único producto, por lo tanto está basado en la reproducción de las vacas para su posterior lactancia. Este sistema presenta las siguientes características:

- Dos ordeños diarios sin ternero
- El macho para sacrificio en la primera semana de vida, en hatos mestizos.
- Cría de terneras para reemplazo y pocos machos para vender como reproductores.
- Buena infraestructura y adecuado manejo y establecimiento de pasturas)
- Alta demanda de insumos en cuanto a drogas veterinarias, semen, abonos y semillas de pasto, etc.

4.5.2. GANADERÍA BOVINA DE CARNE

La ganadería bovina de carne está basada dos sistemas de producción cómo puede ser el sistema de cría y el sistema de ceba.

El sistema de cría se caracteriza por qué está basado en la reproducción de los animales pero el producto final son los terneros de destetos que se destinan para el engorde y finalmente la producción de carne.

El sistema de Ceba es aquel que compra los animales del sistema de cría o del sistema doble propósito con el fin de levantar y posteriormente engordar para finalmente destinarlos para el sacrificio para la producción de carne

4.5.3. GANADERÍA BOVINA DOBLE PROPÓSITO

La ganadería bovina con orientación productiva de doble propósito se define como un sistema tradicional orientado a la producción de carne y leche al mismo tiempo, siendo un sistema que se adelanta con animales mestizos obtenidos a partir de cruces de razas bovinas como el cebú (*Bos indicus*) y razas lecheras como Holstein, normando y pardo suizo (*Bos Taurus*), especialmente en las zonas del trópico bajo.

4.6. RAZAS DE GANADO BOVINO

Como toda especie los bovinos también tiene diferentes tipos de razas de ganado bovino. Las razas de ganado están clasificadas de acuerdo a varios factores importantes, Uno de ellos es el producto final (Leche o Carne) en este sentido, las existen razas productoras de leche y razas productoras de carne; otra clasificación importante es según la Sub especies en este sentido existen razas de origen *indicus* y existen razas de origen taurinos.

4.6.1. RAZAS PRODUCTORAS DE LECHE

Entre las razas de bovinos productores de leche se estacan las siguientes:

Holstein: La raza Holstein tiene su origen en Holanda en las provincias septentrionales. Las vacas Holstein son las mejores productoras de leche y por su alta producción no soportan bien los climas tropicales, desarrollando mejor sus cualidades en climas fríos y medios, por esta razón se les cruza con la raza Cebú a fin de su adaptación a los climas cálidos. Se caracterizan por su color habitual blanco con negro y, ocasionalmente, blanco con rojo. Su capacidad corporal es grande, llegando a pesar las hembras entre 600 y 650 kg y los machos hasta 1200 kg La mayoría de los animales de esta raza son dóciles y fáciles de manejar. Las vacas Holstein tienen las ubres de buena forma con pezones medianos y rígidos.

Pasiega: La vaca pasiega es localizada en los Ayuntamientos de Medio Cudeyo; España, esta especie es catalogada como gran lechera, con ubres de gran capacidad y pezones medianos y firmes.

Jersey: La raza Jersey es la más difundida de las razas lecheras inglesas, originada en la isla de Jersey en el Canal de la Mancha, entre Inglaterra y Francia. Esta raza es la más pequeña de las razas europeas y, sin embargo, son animales de gran producción de leche, es la segunda raza lechera. La raza Jersey se usa preferentemente en la producción de leche para la elaboración de productos lácteos como queso y mantequilla, los cuales resultan de excelente calidad. Es de fácil adaptación a los climas tropicales, reportándose buenos rendimientos en ese clima. Es un animal de talla pequeña con peso promedio en adultos de entre 350 y 450 kg Color: Bayo claro y bayo negro. La fortaleza de esta raza, por soportar bien el calor y las enfermedades, la convierte, entre

las razas de zona templada, en la más atractiva para ser utilizada en los cruces para mejorar el ganado de las zonas tropicales.

Tudanca: La vaca tudances nacida en España; Cantabria, es una vaca que resiste el clima de temperaturas muy bajas, esta raza no es de aprovechamiento cárnico por parte de los ganaderos si no con el fin de producir leche, su particular consistencia hace que sean utilizadas para llevar cargas de arrastre.

4.6.2. RAZAS PRODUCTORAS DE CARNE

La actividad ganadera, orientada a la producción de carne bovina, cuenta con diversas razas, las cuales se dividen, de acuerdo con su calidad, en primera, segunda y tercera; esta clasificación se ha hecho tomando en cuenta la suavidad, la jugosidad y el sabor de la carne.

Dentro de las razas que producen carne de primera se tienen Aberdeen Angus, Charoláis, Hereford y Shorthorn. Las razas que producen carne de segunda son aquellas resultantes de cruces de las anteriores con la raza cebú: Santa Gertrudis, Brangus y Charbray. Por último, las razas que producen carne de tercera son la cebú y la criolla, las cuales aportan el 80% de la carne para el consumo en Latinoamérica. En la actualidad, las razas que son consideradas como productoras de carne de segunda y tercera pueden ser de igual calidad a las consideradas productoras de primera, debido al manejo animal, la alimentación y la genética.

4.7. REPRODUCCION ANIMAL

La reproducción es el conjunto de procesos ligados a la generación de nuevos individuos, que incluyen: la gameto génesis, fecundación nidación, gestación, parto y producción Láctea en los mamíferos. Son todas las acciones inherentes al proceso de cría, conjunto de actos concernientes a la actividad genésica: celo, madurez sexual apareamiento, fertilidad, gestación, parto lactación y desenvolvimiento de la cría hasta el destete.

La reproducción es la actividad esencial para iniciar la producción tanto carne como leche o doble propósitos, esta depende de la eficacia del programa de reproducción y de la selección de los sementales y vacas.

4.7.1. APARATO REPRODUCTIVO DE LA VACA

El aparato reproductivo de la vaca es muy complejo; no solo produce el óvulo o célula sexual femenina, sino que también facilita el crecimiento y alimentación del feto en desarrollo, para luego, durante el parto expulsar el feto completamente desarrollado. Los órganos reproductores femeninos, como los del macho, están controlados por un complicado sistema endocrino. Es esencial el conocimiento de la anatomía de los órganos reproductores de la vaca para conducir con éxito un programa de reproducción bovina.

El aparato reproductivo de una vaca está formado por los ovarios, oviductos, útero, vagina y vulva. Los ovarios contienen los folículos, los cuales forman los óvulos. Cada ovario contiene varios miles de folículos, los cuales permanecen inalterados hasta el inicio de la pubertad. Además, los ovarios producen varias hormonas que regulan el ciclo reproductivo de la vaca y mantienen la gestación.

Los oviductos conectan los ovarios con el útero; es en este lugar donde se produce la fertilización y permiten que el óvulo pueda llegar al útero.

El útero tiene como función principal, el desarrollo del embrión durante el periodo de gestación. La vagina es el órgano donde se deposita el semen, sea esto en forma natural o artificial y la vulva es el órgano genital externo de la vaca.

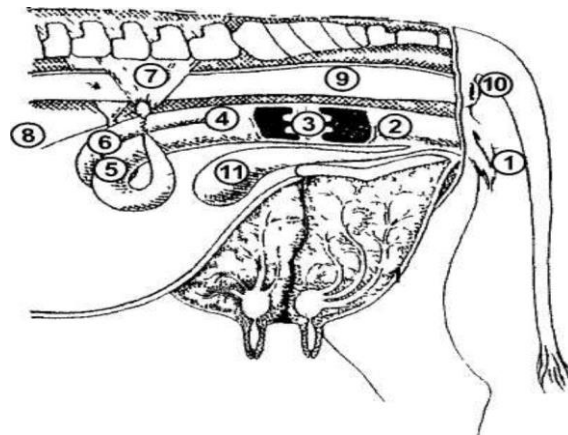


Ilustración 8. Esquema del Aparato Genital Femenino y de la Ubre. (1) Vulva (2) Vagina (3) Cérvix (4) Cuerpo de útero (5) Cuerno izquierdo (6) Cuerno derecho (7) Ligamento suspensorio ovario (8) Ovarios (9) Recto (10) Ano (11) Vejiga.

4.7.2. LA PUBERTAD

La pubertad es un periodo de la vida en el cual se cambia en el organismo la fase de la tranquilidad sexual por la fase de la función activa, caracterizada por la facultad de reproducción. En todas las especies de animales la pubertad se adelanta a la madures somática, lo que significa que la hembra puede multiplicarse antes de estar terminando su desarrollo somático. El proceso de la pubertad se termina definitivamente por la presentación del celo completo, es decir por el estro, ovulación y formación del cuerpo amarillo cuando los niveles de FSH y LH alcanzan a los perfiles maduros.

La pubertad de la hembra varia de una raza a otra, según sean: la raza, el nivel de ingestión de alimentos, la estación de nacimientos y muchos otros factores y va de los 6 a 18 meses. El primer estro se produce cuando el animal ha alcanzado un peso determinado, más bien que una edad determinada, antes de que se produzcan el primer estro, la ternera tiene que haber alcanzado un peso determinado (272Kgs para la raza Holstein).

4.7.3. CICLO ESTRAL

Es el resultado de la correlación de factores hereditarios y ecológicos donde representa un complejo de transformaciones específicas de tipo morfológico, histológico, y hormonales, no solamente en los órganos reproductores, sino también en otros órganos del individuo. En este proceso o ciclo fisiológico en los órganos de la reproducción ocurren transformaciones importantes, cuyo fin es el acondicionamiento de las células germinales femeninas para liberarse,

unirse, y conjugarse con sus equivalentes masculinas, con el desarrollo del embrión como resultado de esa unión.

4.7.4. FISIOLÓGÍA DEL CICLO ESTRAL DE LA VACA

El sistema nervioso es el encargado de la regulación de las funciones reproductivas en la vaca; el tálamo e hipotálamo ubicados en el diencefalo, contienen los núcleos neuronales que se especializan en la producción de neurotransmisores. Estos núcleos regulan la síntesis de las hormonas reproductivas producidas en la hipófisis y de allí hacia los ovarios para estimularlos e iniciar la producción de hormonas ováricas. Es aquí donde se complementa el eje hipotálamo-hipófisis-gonadas (ilustración 7.)

Cuando la hembra bovina alcanza la pubertad los centros neuronales hipotalámicos, especialmente el arcuato, comienza la producción de la denominada hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) que estimula la porción anterior de la hipófisis; específicamente las células gonadotropas, encargadas de producir la hormona folículo estimulante (FGH) y la hormona luteinizante (LH), conocidas como hormonas gonadotropinas.

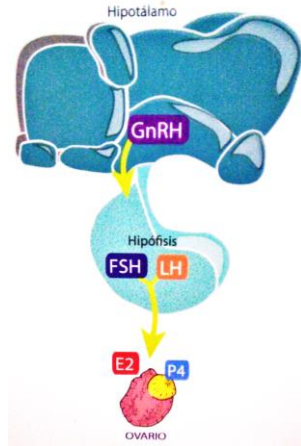


Ilustración 9. Esquema del eje hipotálamo - hipófisis - ovario. Observa como la GnRH estimula la producción de LH y FSH, las cuales viajan hasta el ovario donde estimulan la producción de E2 y P4.

La FSH estimula la producción de 17- β estradiol (E2) y el crecimiento de folículos emergentes cuyo diámetro en promedio es de 3 mm aproximadamente, iniciando el reclutamiento de una cohorte folicular nueva, de donde será seleccionado el folículo que ovulara un oocito.

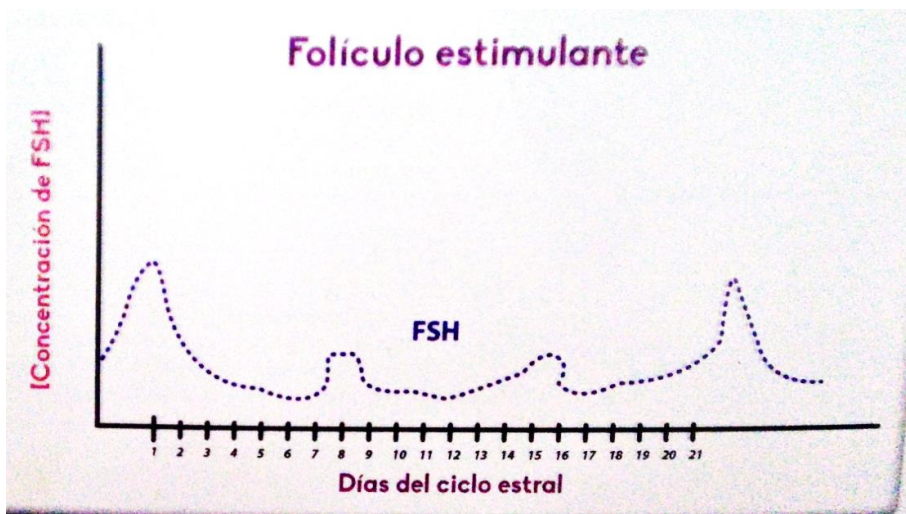


Ilustración 10. Dinámica de la FSH durante el ciclo estral de la vaca. Se puede observar como con cada aumento de esta hormona, coincide con el inicio de una oleada folicular. Para este caso, se presentan cuatro oleadas foliculares

Por otro lado, la LH ejerce un efecto de latinización de folículos, es decir, además de favorecer el crecimiento, induce cambios celulares intrafolliculares.

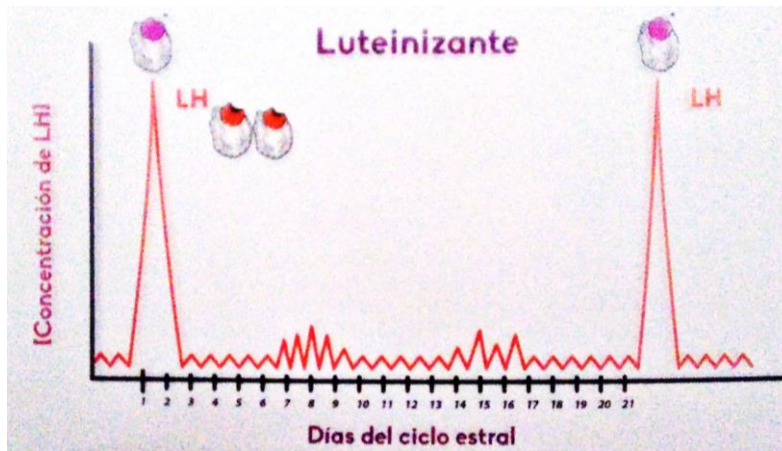


Ilustración 11. Dinámica de la LH durante el ciclo estral de la vaca. Se puede observar aunque se evidencian dos picos en la gráfica, solo uno hace parte del ciclo estral. Este es el responsable de la ovulación para este ciclo.

Cuando el folículo alcanza un tamaño mayor de 8mm, llega a su máximo nivel de producción de E2, el cual viaja por vía sanguínea hacia el hipotálamo y allí induce la estimulación del centro de pico de GnRH para la liberación de LH, de manera que esta última se libere masivamente al torrente sanguíneo y llegue al ovario a desencadenar la producción de progesterona (P4) y la ovulación.

Una vez culminado el proceso ovulatorio, el folículo que contenía al oocito sufrirá cambios estructurales que permitirán convertirse en un cuerpo lúteo. Sus células de la granulosa y teca interna, se convertirán en células luteales grandes y pequeñas, respectivamente; ambas tendrán la función de producir P4, responsable del mantenimiento de la gestación, conocido como el factor progestacional.

La P4 es una hormona de naturaleza esteroidal, llamada así por que su principal precursor es el colesterol. En el ovario, esta es sintetizada principalmente en las células de la teca interna mediante diferentes reacciones enzimáticas, para posteriormente ser transportada a las células de la granulosa, donde por medio de una enzima llamada aromatasa, es biotransformada a E2.

Las concentraciones de la FSH durante el ciclo estral de la vaca, varían de acuerdo al desarrollo folicular ovárico; por lo tanto, a mayor cantidad de esta hormona, los folículos alcanzan un mayor número, tamaño y grado de desarrollo.

4.7.5. DINÁMICA FOLICULAR

La dinámica folicular se describe como los procesos biológicos que ocurren en el ovario, para conformar un folículo competente, dominante y preovulatorio, con el fin de que la LH pueda inducir la ovulación y generar un cuerpo lúteo

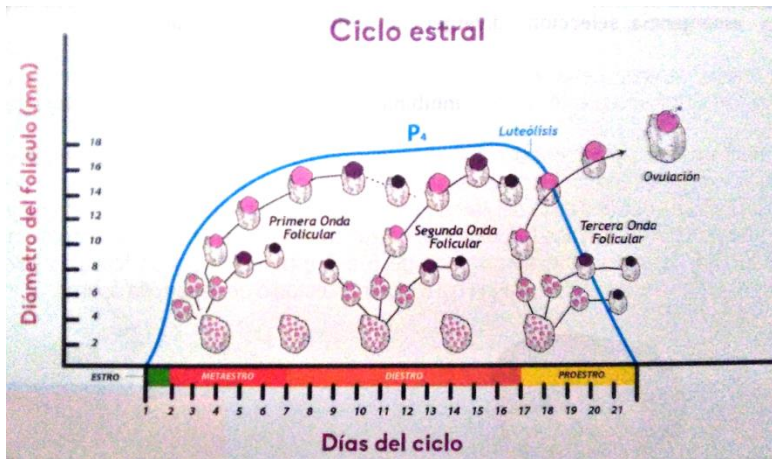


Ilustración 12. Representación esquemática de la dinámica folicular. Se puede observar que esta presenta 3 oleadas foliculares, y que el folículo dominante de la 3 oleada, es el único que ovula; esto, por los bajos niveles de P_4 permitiendo un pico preovulatorio de LH

Para entender mejor el proceso de dinámica folicular, debemos definir los siguientes conceptos: atresia, reclutamiento o emergencia, selección o divergencia y dominancia folicular.

El proceso de atresia, se entiende como la degeneración funcional y estructural de un folículo, proceso mediado por factores intrínsecos en él y por la inhibina que producen los folículos de mayor tamaño.

El proceso de reclutamiento o emergencia, como su nombre lo indica, es el desarrollo de pequeños folículos cuyo diámetro no excede los 3mm. Estos, emergen del parénquima ovárico y comienzan a desarrollar un antro folicular, que es una cavidad llena del llamado fluido folicular. En esta etapa, el porcentaje de atresia es de aproximadamente 90 a 95%; los folículos que no sufren atresia continuarán en el proceso de selección o divergencia llegando a un tamaño aproximadamente de 5 a 7mm; estos pocos folículos seleccionados, responderán a los estímulos de la FSH y la LH para lograr un estadio de desarrollo óptimo.

En la etapa de selección o divergencia, el folículo que alcance un mayor tamaño respecto a los demás, producirá en sus células de la granulosa, mayor tamaño concentración de inhibina, la cual tiene un efecto en el hipotalámico de inhibir la producción de FSH, dando como resultado la atresia de los folículos denominados folículos dominantes, cuyo diámetro es mayor a 8mm; sin embargo, uno de estos dos folículos producirá más E2 que el otro, convirtiendo a este, en el folículo dominante de la onda folicular.

Los niveles altos de E2, inducirán en el hipotálamo la activación del centro de pico para la GnRH, que permitirán la presentación del pico de LH dará como resultado, la ovulación del folículo dominante. Normalmente, las vacas hacen entre dos y tres oleadas foliculares; sin embargo, dependiendo de la raza, puede ser hasta cuatro (Bos indicus) lo que implica que las primeras dos o tres oleadas foliculares no presentan una ovulación efectiva, ya que en esos días del ciclo se encontrara un cuerpo lúteo funcional cuya producción de P4 mantendrá bloqueado el centro de picos de GnRH, para la liberación masiva de LH.

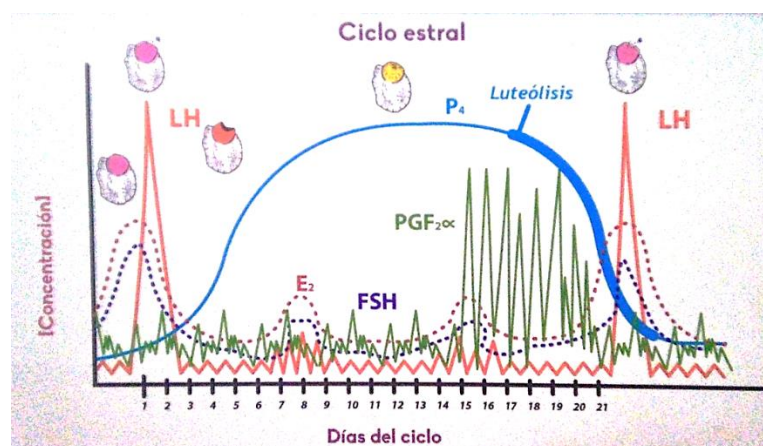


Ilustración 13. Dinámica de las principales hormonas involucradas en el ciclo estral de la vaca. Se pueden observar cambios ováricos que se presentan, de acuerdo a las diferentes concentraciones hormonales en cada fase del ciclo estral.

4.7.6. FASES DEL CICLO ESTRAL

El ciclo estral de la hembra bovina, es el conjunto de acontecimientos fisiológicos que ocurren cada 18 a 24 días aproximadamente, gracias a la actividad conjunta del hipotálamo, la hipófisis y el ovario. La variabilidad en la duración del ciclo, puede deberse a factores como: la raza, el manejo, la nutrición entre otros.

En general, el ciclo estral de los mamíferos se dividen en dos importantes etapas: la fase folicular y la fase luteal. La primera, es aquella donde existe una dominancia de estructuras foliculares en el ovario, que producen concentraciones importantes de estrógenos. En la vaca, esta etapa la conforma el proestro y el estro. La segunda fase, es aquella donde existe una dominancia ovárica de un cuerpo lúteo maduro o inmaduro, que produce P4, y la conforman: el maestro y el diestro.

A continuación, se describirá cada una de las fases del ciclo estral de la vaca, haciendo énfasis en los cambios fisiológicos presentados en el útero, los ovarios y en su comportamiento y signos externos.

El estro es la etapa del ciclo estral, caracterizada por la receptividad de la hembra hacia el macho, permitiendo la monta. En esta etapa, los niveles sanguíneos de E2 producidos por el folículo preovulatorio, llegan a su máxima concentración (**ilustración 14**). Tiene una duración

entre 12 y 18 horas; sin embargo, este tiempo dependerá de factores como la raza, la edad, el clima, el manejo, y la nutrición.



Ilustración 14. Dinámica de los estrógenos durante el ciclo. Se puede observar la concentración máxima de estrógenos, coincide con la presencia de un folículo dominante en el ovario

Útero: aumentando la producción de moco, preparando el tracto reproductivo para la monta. Se aumenta la síntesis de proteínas contráctiles en el miometrio, lo que hace que el útero este tónico. El endometrio se encuentra en una etapa proliferativa debido, entre otras cosas, a un efecto vasodilatador de los E2.

Ovario: presenta un folículo dominante que produce altas concentraciones de E2.

Comportamiento y signos externos: el E2 induce en la hembra cambios externos como la inapetencia, el comportamiento homosexual, el aumento de la fonación (mugido), la inquietud, la presencia de moco cristalino vulvar, la acción de flehmen, entre otros.

El Metaestro es la etapa del ciclo estral que se presenta después del estro, y se caracteriza por que se da la ovulación del folículo preovulatorio o dominante. En esta etapa, los niveles de E2 disminuyen, y comienza a aumentar la producción de P4 (Ilustración 15). Durante aproximadamente de 2 a 5 días.

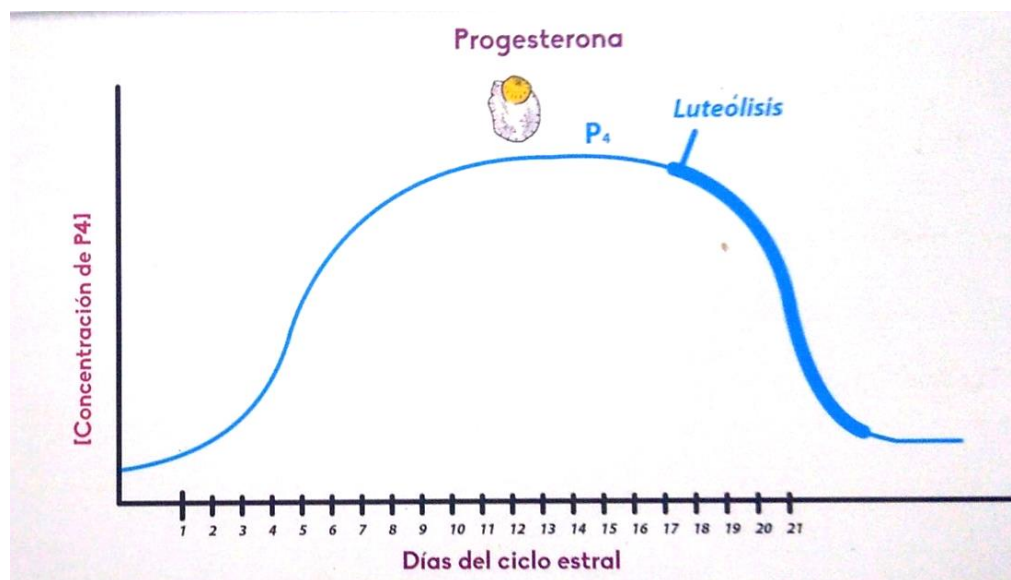


Ilustración 15. Dinámica de la progesterona durante el ciclo estral. Se puede observar que la P4, es la hormona que más predominancia tiene durante el ciclo, coincidiendo con que la fase de mayor duración en la vaca es la lútea.

Útero: pierde la tonicidad y se presenta un leve edema uterino, con la actividad secretora de las glándulas endometriales.

Ovario: comienza la fase lútea con el cuerpo hemorrágico. Simultáneamente, comienza a emerger una nueva cohorte folicular

Comportamiento y signos externos: la vaca presenta un pequeño sangrado llamado “sangrado metaestral”, que proviene del útero. Adicionalmente, la vaca cesa los comportamientos típicos del celo, estro o calor.

El diestro es la etapa del ciclo estral caracterizada por la presencia de un cuerpo lúteo funcional, el cual es responsable de aumentar los niveles sanguíneos de P4 al máximo, con el fin de mantener una eventual gestación. Si la vaca queda gestante, el cuerpo lúteo permanecerá funcional hasta unos días antes de finalizar la gestación; de lo contrario, el cuerpo lúteo sufrirá lisis por acción de la prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), entre los días 15 y 17 del ciclo, dando fin a esta fase. La duración de esta etapa, es de aproximadamente 10 a 12 días.

Útero: se encuentra flácido, si no está gestante, y grávido si hay gestación.

Ovarios: presenta un cuerpo lúteo funcional.

Comportamiento y signos externos: no hay evidentes o relevantes.

El proestro es la etapa del ciclo estral, caracterizada por el aumento gradual en los niveles de E_2 , producidos por el folículo dominante. La duración de esta etapa es aproximadamente 3 a 5 días.

Útero: comienza a tener consistencia semiótica.

Ovarios. Presentan un folículo dominante y un cuerpo lúteo en regresión

Comportamientos y signos externos: algunas vacas comienzan a expresar signos de celo, siendo más común el flujo vulvar, el cual debe ser transparente, inoloro y mucoide.

4.7.7. ETOLOGÍA DEL ESTRO

El estro en los bovinos aparece cuando alcanzan los 12 a 17 meses, edad donde se logra la madurez de los órganos reproductivos, se inicia la secreción de gonadotropinas (GnRH) desde el hipotálamo y la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), desde la hipófisis. La FSH estimula el aparato reproductivo y el óvulo empieza a madurar dentro del ovario, una vez el óvulo ha madurado, queda preparado para ovular y ser fertilizado, en este momento es cuando el animal demuestra el celo.

Durante el estro se pueden diferenciar tres momentos, en los cuales la hembra tiene diferentes comportamientos:

- ✓ Al inicio del estro, la vaca se torna inquieta, se aleja del lote, disminuye el consumo de alimento y comienza a montar a otras vacas
- ✓ Hacia la mitad del estro, comienza a aceptar la monta de otras vacas, presentando un comportamiento homosexual, y es en este momento en el que la hembra acepta al macho.

- ✓ En el final del estro, la vaca cesa los comportamientos típicos anteriores dando por terminada la etapa.

Se ha definido como único signo verdadero de celo, la receptividad de una vaca al macho o a otras vacas; los demás signos, son secundarios.

La duración del celo, varía según la vaca, pero aproximadamente dura de 15 a 20 horas. El momento óptimo para el servicio es desde la mitad del celo hasta las 6 horas de finalizado el celo.

Si la vaca no ha sido servida durante el celo o no ha quedado preñada, este se repetirá a los 21 días aproximadamente, en el caso de que la vaca tenga problemas reproductivos presentará celos irregulares, celos silenciosos, celo permanente, repetición de celos o no mostrara celo alguno.

4.7.8. MECANISMOS DE LA LUTEOLISIS

La luteolisis es el proceso por el cual un cuerpo lúteo pierde la capacidad de producir P4 (luteolisis funcional), e inicia el proceso de apoptosis de las células que lo conforman (luteolisis estructural). Las concentraciones de P4 en un cuerpo lúteo funcional, debe estar por encima de 5ng/ml, con el fin de mantener una posible gestación

En una vaca no gestante, alrededor del día 15 del ciclo estral, el cuerpo lúteo comienza a producir oxitocina (OT), la cual viaja vía sanguínea y se une a sus receptores ubicados en las células endometriales epiteliales (CEEP).

Estos receptores se expresaron por acción del E2 del folículo dominante, que aumenta la expresión del RNA mensajero para este fin. La unión de la OT con su receptor en las CEEP, induce la activación de una enzima llamada fosfolipasa A2 (FA2), encargada de clivar el ácido araquidónico (AA), a partir de los fosfolípidos de la membrana.

Una vez clivado, el AA es biotransformado en compuestos intermedios para la producción de diferentes tipos de prostaglandinas como: la $PGF_2\alpha$, la PGE_2 , PGD_2 y la PGI_2 . Esto ocurre por la acción de las ciclooxigenasas y prostaglandinas sintasas, respectivamente.

En la vaca, el principal factor luteolítico es la $PGF_2\alpha$, la cual se produce principalmente en las CEEP, y por vía endocrina viaja a través de la vena uterina. Por el plexo utero-ovarico, llegando al ovario donde ejerce su efecto luteolítico funcional y estructural.

4.7.9. OVULACIÓN

La ovulación la podemos definir como el proceso fisiológico por el cual un folículo, mediante señales moleculares, libera un oocito al oviducto de la hembra. Este proceso se da cada 21 días

aproximadamente, por cambios hormonales y permite que eventualmente la vaca quede en gestación.

Una vez se presenta la luteolisis entre los días 15 y 17 del ciclo estral, los niveles sanguíneos de P4 caen a menos de 1 ng/ml; este cambio hormonal causa un desbloqueo del centro de picos hipotalámicos para la liberación de la GnRH; es así como E2 producido por un folículo dominante durante el celo, induce en la hipófisis la liberación masiva de LH o el pico preovulatorio de LH, permitiendo que esta hormona viaje por el torrente sanguíneo hasta llegar al ovario, donde inducirá el nuevo inicio de la luteinización del folículo dominante que coincide con la ovulación del mismo. Este evento se da entre las 18 y 24 horas después de finalizado el celo.

Existen teorías que explicarían porque un folículo dominante ovula. Una de ellas, es que la LH acrecienta gradualmente la presión intrafolicular por el aumento de tamaño de la cavidad antral, debido a una sobreproducción del líquido folicular. Adicionalmente, se cree que la perfusión del folículo dominante se ve afectada por los factores como la $PGF_{2\alpha}$ y la histamina, que inducirán un aumento en el flujo sanguíneo ovárico, lo que afectaría la presión hidrostática, favoreciendo el paso del líquido al folículo y un eventual colapso del mismo. Gracias a este importante evento fisiológico, la hembra tendrá la posibilidad de perpetuar sus genes en las futuras generaciones.

4.8. EL APAREAMIENTO

Es el emparejamiento de organismos de sexo opuesto, usualmente con fines de reproducción sexual. Es el conjunto de todos los comportamientos de cortejo y cría que realizan dos individuos

de distinto sexo para procrear, y que culmina con la cópula. En el caso de los bovinos el apareamiento se produce de manera artificial o de manera natural (monta).

4.8.1 LA MONTA

Es el contacto sexual entre un macho y una hembra. En el caso de los bovinos la monta puede ser de tres tipos: monta en libertad, monta dirigida o vigilada y monta libre estacionada.

La Monta en libertad es un método consiste en dejar que los animales se acoplen libremente, para lo cual los ganaderos dejan en libertad, varios toros con el grupo de hembras. En monta libre la relación vaca toro es de 25 vacas a un toro. Esta relación puede disminuir en relación a la topografía de la finca y el tipo de toro utilizado.

En la Monta dirigida o vigilada, la hembra es llevada al macho en la época escogida y cuando se encuentra en períodos de celo (la monta debe hacerse 12 horas después de manifestarse los signos de celo).

La Monta libre estacionada consiste en que los toros y las hembras andan libres, pero durante un período determinado del año (4-6 meses). Está de acuerdo a las condiciones climáticas de las zonas, a la época del año y a la parición estacional.

4.8.2. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

La inseminación artificial es una técnica donde el hombre, en este caso el técnico inseminador, emplea un “aplicador” o “insemineta” para introducir el semen de un toro en el útero de la vaca que se encuentra en el momento de receptividad sexual o celo, este semen se lo puede mantener almacenado indefinidamente, congelado a una temperatura de -196 °C. Por medio de esta técnica se puede conservar, transportar y utilizar, semen proveniente de toros de cualquier parte del mundo, de genética de calidad probada, con la finalidad de mejorar la producción de leche de las hijas.

Para poder aplicar esta técnica, hay que conocer bien cuándo es el momento oportuno para inseminar una vaca y estar capacitado técnicamente. Además es necesario cumplir todos los requerimientos básicos para llevar adelante un programa de IA, como tener establecido el uso de registros zootécnicos, un sistema de manejo y alimentación apropiado, un programa sanitario estricto, infraestructura adecuada, capacitación del personal, abastecimiento de nitrógeno líquido y semen, un sistema de comunicación y una infraestructura vial habilitada permanentemente.

4.9. LA FERTILIZACIÓN

El proceso de fertilización, es la unión del gameto masculino y el gameto femenino, con el fin de dar lugar a un nuevo individuo, el cual tendrá una configuración genética única, producto del genoma del padre y de la madre. Todo comienza con un oocito maduro que ha sido ovulado y está listo para recibir el espermatozoide; sin embargo, este último debe ser capaz de vencer varias pruebas y así poder fertilizar al oocito. Una de ellas es la capacitación, donde el espermatozoide aumenta su movilidad, su membrana plasmática cambia de configuración y pierde moléculas de

colesterol, lo que hace que su interacción con el medio extracelular sea mucho más fluida y eficiente.

Posteriormente, y gracias a la capacitación, el espermatozoide expone receptores de reconocimiento para las glicoproteínas de la zona pelucida del oocito denominadas ZP2, ZP3 y ZP4; una vez el espermatozoide reconoce estas glicoproteínas, se inicia la liberación de enzimas acrosomales, evento que se conoce como reacción acrosomal. Posteriormente a esta reacción, el espermatozoide entra al espacio perivitelino será seleccionado para ingresar al oocito, del oocito. Finalmente, solo un espermatozoide, el cual cuenta con mecanismos moleculares para evitar la polispermia (entrada de más de uno de ellos).

Ya en el espacio perivitelino, el espermatozoide se une a la membrana celular del oocito, donde se fusiona por completo y deja su núcleo espermático en el citoplasma oocitario; allí se debe descondensar el material genético, eliminando las protaminas (proteínas para el empaquetamiento del material genético del espermatozoide) y utilizando histonas oocitarias (proteínas para el empaquetamiento del material genético del oocito), para formar el pronúcleo masculino.

Una vez está formado el pronúcleo masculino, se fusiona con el pronúcleo femenino, en un proceso denominado singamia, dando origen a una nueva estructura llamada cigoto.

4.10. LA PREÑEZ

Se presenta 21 días después de la inseminación y se declara oficialmente preñada si no ha presentado celo en un periodo de 60 días después de la inseminación, aunque el método más seguro para detectar la preñez la palpación rectal. La duración de la gestación varía de acuerdo a la raza, pero generalmente es de 280 a 285 días.

4.11. EL PARTO

El parto o la parición, se define como el nacimiento de un ternero seguido de la expulsión de la placenta. En la posición normal de nacimiento, el feto descansa en su abdomen con las patas anteriores dirigidas hacia la abertura uterina (el cervix) y su cabeza descansando entre sus patas delanteras.

Tras el parto comienza el periodo de producción de leche de la vaca. Es un momento ansiado y temido por ganaderos y veterinarios, ya que se pone al mismo tiempo el fin y el inicio, el éxito o el fracaso, de toda la trayectoria de la vaca, tanto en novillas como en hembras multíparas. Cuesta mucho trabajo que una vaca llegue al parto en buenas condiciones y todo lo que rodea a este momento crucial, en cuanto a manejo, tendrá un efecto decisivo en la curva de lactación que presente la vaca a partir de entonces. El mayor porcentaje de patologías y de bajas tiene lugar durante el periodo del periparto

4.11.1. FISIOLÓGÍA DEL PARTO

El proceso del parto involucra un conjunto de señales endocrinas, neuronales y físicas, desencadenadas principalmente por el feto.

La concentración de progesterona, que durante la gestación se mantiene gracias a las secreciones de la placenta y los ovarios, desciende bruscamente unas horas antes del parto.

El nivel de estrógenos presenta una curva ascendente durante toda la gestación, pero en la última semana de gestación experimenta una elevación más pronunciada, con un pico dos días antes del parto. Los estrógenos impulsan el desarrollo del miometrio y la síntesis de actomiosina, que ayudan en las contracciones uterinas del parto, estas hormonas también participan en la relajación de las uniones óseas del canal del parto de la vaca, lo que favorece la elasticidad y la preparación de la pelvis.

Aproximadamente 24 horas antes del parto, las interacciones entre el feto y la placenta, los cambios en el miometrio y el progresivo aumento de estrógenos desencadenan una cascada de fenómenos hormonales que derivan en un aumento de corticoesteroides y prolactina. A su vez, estas hormonas estimulan el aumento de las prostaglandinas naturales, la relaxina y la oxitocina, que ayudan en la consecución del parto ya iniciado.

4.11.2. ETAPAS DEL PARTO

Preparación (2 a 8 horas de duración).

En la fase de preparación del parto ya comienzan a manifestarse los cambios hormonales finales, que tienen lugar en las últimas 24 horas antes de la expulsión del feto. La vaca puede mostrarse inquieta, sobre todo si no se encuentra en su emplazamiento habitual. Las hembras gestantes son muy sensibles a los cambios de estancia, compañeras, personal que las atiende, etc.

Dilatación (2 a 6 horas de duración)

En esta fase comienzan las contracciones uterinas y el feto gira o adapta su posición para avanzar por el canal del parto; normalmente, antes de esta fase, se encuentra ladeado en el útero. El feto rota al mismo tiempo que estira la cabeza y las extremidades en las bolsas amnióticas y alantoidea, orientándose hacia el canal del parto.

Expulsión fetal (0,5 a 2 horas de duración)

En esta fase, el feto complementa el giro en el útero y avanza hacia el cuello. La presencia del ternero en el canal del parto tiene un efecto estimulante sobre la intensidad y la frecuencia de las contracciones de la vaca. En el estiramiento del feto, que comenzó con la fase de la dilatación, también participan en este momento las extremidades posteriores.

En condiciones normales, las bolsas alantoidea y amniótica asoman antes que el feto. Estas bolsas se rompen por la presión vulvar y las contracciones de la vaca, aunque en ocasiones es necesario rasgarlas manualmente.

4.11.3. SIGNOS DE PARTO

Los cambios hormonales conllevan unos cambios físicos, que siempre aparecen durante un parto normal.

- Edema vulvar, perineal o mamario.
- Relajación de la musculatura pélvica y de la sínfisis púbica, para que el canal del parto sea más blando y transitable para el feto
- Descenso del feto, que, junto a lo mencionado en el punto anterior, da lugar a una imagen del abdomen en forma de pera y una relajación de la musculatura de la cadera (vaca cortada).
- Descarga del tapón mucoso licuado que cerraba el útero.
- Dilatación de la cisterna del pezón. Este cambio se suele apreciar mejor en vacas multíparas, ya que a veces en las primíparas la presencia del edema dificulta su visualización. Este signo clínico indica la proximidad del parto (menos de 12 horas).

En cualquier caso, todos los signos clínicos típicos del parto deben ser valorados en conjunto.

4.12. CUIDADOS BÁSICOS DEL TERNERO RECIÉN NACIDO

El éxito reproductivo, culmina con tener un ternero(a) saludable, con la vaca generando una lactancia adecuada, y en condiciones para quedar preñada nuevamente. Bajo condiciones normales de nacimiento, el ternero es atendido por su madre, secándolo y estimulándolo para que se incorpore y tome su primer calostro. Esto ocurre dentro de la primera media hora de vida.

Cuando surgen problemas por haber tenido un parto laborioso (con ayuda y tracción), o porque la vitalidad del ternero no es buena y la vaca no siempre está bien dispuesta a cumplir con su tarea, es conveniente proceder oportunamente para realizar las maniobras de estímulos al recién nacido y secarlo.

Colocar al ternero en un lugar con cierta inclinación, para que drenen los exudados mucosos acumulados en las fosas nasales y boca. Presionar externamente con ambas manos las fosas nasales y, en ocasiones, extraer de la boca el exceso de moco para facilitar la respiración.

Cuando el problema es mayor y hay asfixia (imposibilidad de respirar), se puede recurrir a estímulos mecánicos, como la introducción cuidadosa de una pajita en las fosas nasales (cosquilleo), para que reaccione estornudando y de esta manera se limpien las vías respiratorias.

En casos más graves, se puede tomar al ternero por las patas y levantarlo, para que por gravedad se ayude a eliminar los exudados. Hay que tener cuidado de no invertirlo mucho rato, pues se le puede provocar un "stress" nervioso al recién nacido.

Una última opción no medicamentosa frente al ternero que no reacciona a los procesos vitales, consiste en echarle un balde de agua fría con cierta violencia en la zona torácica y en la cabeza, manteniendo al ternero boca abajo.

Una vez ya estabilizados los signos vitales, debe terminar de secarlo muy bien para evitar una baja de su temperatura corporal (hipotermia); esto es especialmente importante en el período invernal (lluvia y viento). Para prevenir infecciones en el ombligo, se debe aplicar un desinfectante preventivo (tintura de yodo al 10%).

4.13. ¿QUE ES EL ESTRES?

Selye H (1973), definió el estrés como “la acción de estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente sobre los sistemas nervioso, endocrino, circulatorio y digestivo de un animal, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas”. Además, señaló que el estrés presenta una relación positiva entre la agresividad del medio externo y la magnitud de la respuesta orgánica del individuo, siendo una reacción de defensa ante los agentes inductores de estrés, los cuales desencadenan respuestas orgánicas capaces de alterar los mecanismos reguladores de la homeostasis.

4.13.1. RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL ESTRÉS

La respuesta fisiológica es la reacción que se produce en el organismo ante los estímulos estresores. Ante una situación de estrés, el organismo tiene una serie de reacciones fisiológicas que suponen la activación del eje hipofisopararrenal y del sistema nervioso vegetativo.

El eje hipofisopararrenal (HSP) está compuesto por el hipotálamo, que es una estructura nerviosa situada en la base del cerebro que actúa de enlace entre el sistema endocrino y el sistema nervioso, la hipófisis, una glándula situada asimismo en la base del cerebro, y las glándulas suprarrenales, que se encuentran sobre el polo superior de cada uno de los riñones y que están compuestas por la corteza y la médula.

Se activa tanto con las agresiones físicas como con las psíquicas y, al activarse, el hipotálamo segrega la hormona CRF (factor liberador de corticotropina), que actúa sobre la hipófisis y provoca la secreción de la hormona adenocorticotropa (ACTH). Esta secreción incide sobre la corteza de las glándulas suprarrenales, dando lugar a la producción de corticoides que pasan al torrente circulatorio y producen múltiple incidencia orgánica, como se verá más adelante. Los corticoides que se liberan debido a la ACTH son:

- Los glucocorticoides: El más importante es el cortisol que facilita la excreción de agua y el mantenimiento de la presión arterial; afecta a los procesos infecciosos y produce una degradación de las proteínas intracelulares. Tiene, asimismo, una acción hipoglucemiante

(aumenta la concentración de glucosa en sangre) y se produce un aumento de calcio y de fosfatos liberados por los riñones, y de lípidos.

- Los andrógenos: Son las hormonas que estimulan el desarrollo de las características secundarias masculinas y estimulan el aumento tanto de la fuerza como de la masa muscular.

El sistema nervioso vegetativo (SNV) es el conjunto de estructuras nerviosas que se encarga de regular el funcionamiento de los órganos internos y controla algunas de sus funciones de manera involuntaria e inconsciente.

Ambos sistemas producen la liberación de hormonas, sustancias elaboradas en las glándulas que, transportadas a través de la sangre, excitan, inhiben o regulan la actividad de los órganos (Ilustración 16).

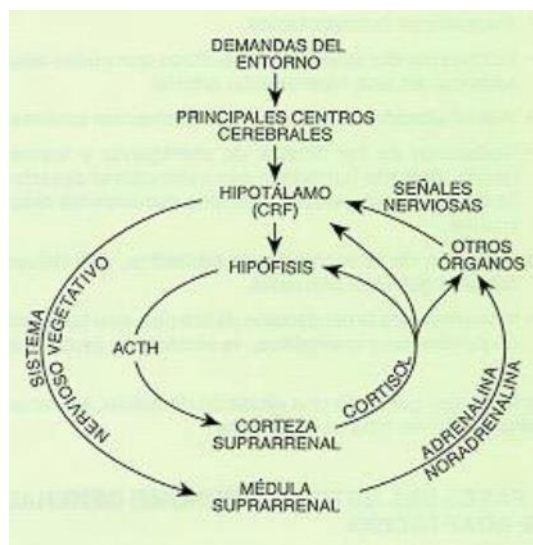


Ilustración 16. Producción de hormonas por el sistema nervioso vegetativo y el eje hipofisario-suprarrenal.

Este sistema mantiene la homeostasis del organismo. La activación simpática supone la secreción de catecolaminas, que son:

- La adrenalina segregada por parte de la médula suprarrenal, especialmente en casos de estrés psíquico y de ansiedad.
- La noradrenalina segregada por las terminaciones nerviosas simpáticas, aumentando su concentración principalmente en el estrés de tipo físico, en situaciones de alto riesgo o de agresividad.

Estas hormonas son las encargadas de poner el cuerpo en estado de alerta preparándolo para luchar o huir. Son las que permiten enlazar el fenómeno del estrés con los fenómenos psicofisiológicos de la emoción. Ambas intervienen en los siguientes procesos:

- Dilatación de las pupilas.
- Dilatación bronquial.
- Movilización de los ácidos grasos, pudiendo dar lugar a un incremento de lípidos en sangre (posible arterioesclerosis).
- aumento de la coagulación.
- Incremento del rendimiento cardíaco que puede desembocar en una hipertensión arterial.
- Vasodilatación muscular y vasoconstricción cutánea.
- Reducción de los niveles de estrógenos y testosterona, que son hormonas que estimulan el desarrollo de las características sexuales secundarias masculinas.
- Inhibición de la secreción de prolactina, que influye sobre la glándula mamaria.

- Incremento de la producción de tiroxina, que favorece el metabolismo energético, la síntesis de proteínas, etc.

4.13.2. ESTRÉS POR FACTORES NUTRICIONALES

La regulación, tanto del consumo como de la selectividad, le permite al animal mantener un balance adecuado de nutricionales, de acuerdo a sus necesidades. Cuando la cantidad de alimento consumida es insuficiente para satisfacer los requerimientos, se genera estrés metabólico, ya que el flujo de nutrientes y de reserva corporales, no logra contrarrestar la demanda; entonces, el animal presenta hambre e incomodidad. La deficiencia de macronutrientes como las vitaminas y los minerales afecta la calidad de los oocitos y el desarrollo embrionario.

4.13.3. ESTRÉS POR FACTORES COMPORTAMENTALES

Los bovinos son animales de manada, y por tanto es importante para ellos poder interactuar con otros de su especie; sin embargo, las interacciones comportamentales pueden ser tanto filiativas (positivas), como agonísticas (negativa). Dentro de las filiativas están: lamerse, recostarse, topetarse suavemente y rascarse; dentro de las agonísticas están: topearse fuertemente, patear, empujar y embestir, estas últimas pueden provocar lesiones considerables, especialmente cuando las vacas tienen cuernos, generando contusiones y dolor. Tanto el dolor agudo como el crónico, es un factor muy estresante para los animales, y es causante de grandes

4.14. ESTRÉS CALÓRICO

Se trata de la situación en la que el animal sale de su rango de confort, lo que afecta su productividad, debido a la incidencia de factores que provocan carga calórica.

Existen rangos de tolerancia frente a la temperatura ambiental, denominados bienestar térmico para los animales. Las mejores condiciones de temperatura y humedad relativa para criar animales, en general, están alrededor de los 13 a 18°C y 60 a 70%, respectivamente. Éstos, al verse sometidos a temperaturas por encima de dicho rango, responden mediante mecanismos compensadores como la evaporización respiratoria y cutánea, los cuales tienen un alto gasto energético. Cuando dichos mecanismos son insuficientes, la temperatura corporal aumenta produciendo hipertermia o estrés térmico.

La zona termo-neutral para ganado de leche, se encuentra entre 5 y 21°C, aunque dentro de este rango, se ha propuesto otro más estrecho entre 5 y 18°C (Shearer & Bray, 1995). En Colombia, estas zonas se ubican, principalmente, en los altiplanos fríos y de clima medio. Para ganado de carne, la zona termo-neutral se halla entre 4 a 27°C (Yousef, 1985), que corresponde, en nuestro país, a la zona de trópico bajo, húmedo o seco. (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

Los efectos del estrés calórico sobre el animal pueden ser de dos tipos:

- **Directos:** son las alteraciones del metabolismo para acomodarse al incremento de calor, con repercusión hormonal, las cuales afectan directamente el inicio de la actividad ovárica.

- Indirectos: cuando ocurre alteración de la calidad y cantidad del alimento. Entre los factores que influyen el grado de afección por estrés calórico se pueden mencionar: raza, estado fisiológico, nivel de producción láctea, edad, color de la piel, exposición al ambiente y variación propia de los animales.

Es ampliamente conocido que los animales *Bos indicus* son más resistentes que los *Bos Taurus* al estrés calórico, no sólo por las características de adaptación frente al clima y la escasez de alimento, sino también por las ventajas de la termorregulación para ambas situaciones; sin embargo, se han sacrificado las características productivas y reproductivas.

Collier (1982) ha descrito que la temperatura y la humedad de aire elevadas mayores a 18°C y 70%, respectivamente, son elementos meteorológicos estresantes, generalmente asociados al bajo desempeño de rebaños bovinos criados en las regiones tropicales. Así mismo, se espera que tengan mejor productividad aquellos animales mejor adaptados a las condiciones inherentes al clima tropical, por poseer características fisiológicas, morfológicas y comportamentales más adecuadas a este tipo de ambientes.

La intensidad de los efectos negativos de las temperaturas ambientales elevadas depende de la eficiencia de los mecanismos termorreguladores. Las glándulas tiroideas y adrenales desempeñan papeles importantes en los mecanismos de adaptación; de la misma manera, animales bien adaptados responden rápidamente a cambios ambientales, proporcionando los ajustes fisiológicos necesarios. Algunos autores demostraron que, en virtud de las altas temperaturas (temperatura

media del aire 29,5°C, humedad relativa del 90,6%), en el estrés por calor se agudizan altas concentraciones sanguíneas de cortisol en novillas Holstein y bajas concentraciones de las hormonas tiroideas, para disminuir la velocidad de producción de calor metabólico. Las concentraciones séricas de las hormonas tiroxina (T4), triyodotironina (T3) y el cortisol se ven afectadas por la temperatura y la humedad, de modo que durante el estrés térmico hay una respuesta más rápida del cortisol y aumento del período de latencia en la respuesta de las hormonas tiroideas, en ovinos de raza Corriedale.

Se ha propuesto que los glucocorticoides incrementan la fuerza de la retroalimentación negativa de los esteroides gonadales, lo cual modifica la función ovárica. A su vez, Domínguez y col. (1999) encontraron que el cortisol sanguíneo también se incrementa en vacas con mastitis, pero hay una tendencia del E2 plasmático a disminuir en vacas con mastitis subclínica.

Desde el punto de vista bioclimático, las repuestas de los animales al medio ambiente cálido son relacionadas de varias formas, y evidentemente involucran los efectos directos de la temperatura, alterando la regulación del sistema nervioso, el balance hídrico, el nivel hormonal, el balance nutricional y el equilibrio bioquímico.

4.14.1 INDICADORES DE ESTRÉS TÉRMICO

Como consecuencia del cambio climático los animales deben afrontar condiciones extremas de frío o calor que los llevan al límite de sus capacidades productivas

En el caso de los bovinos de producción de carne y leche, Guyton y Hall (1999) reportan que la temperatura corporal normal oscila entre 37,8 y 40 ° C en la que las actividades celulares y bioquímicas suceden con mayor eficiencia y eficacia. Complementariamente Green et al (2005) observaron que en caballos la temperatura gástrica difiere en 0,5 ° C más que la temperatura rectal y en 1 ° C más que la temperatura sanguínea.

Una herramienta visual útil para evaluar el estrés por calor en ganadería es la escala de jadeo (Mader et al, 1997), pues no se requieren equipos sofisticados y su respuesta es prácticamente inmediata siguiendo el mismo patrón de la temperatura ambiental.

Otros indicadores apropiados para el monitoreo del estrés calórico son la temperatura corporal que sigue patrones climáticos y estacionales (Arias et al, 2008) y la tasa de respiración, la cual presenta menor porcentaje cuando se encuentra bajo la sombra (Brown-brandl et al, 2004).

4.14.2. FISIOPATOLOGÍA DEL ESTRÉS CALÓRICO

La hipertermia es una elevación excesiva de la temperatura corporal. Las principales causas de esta alteración son principalmente la prolongada exposición a temperaturas ambientales elevadas, humedad elevada, deshidratación o deficiente consumo de agua, ya que si la temperatura corporal del animal se eleva la necesidad de ingesta de agua también será mayor; otra causa importante de hipertermia es el excesivo trabajo muscular, por lo cual el manejo de los animales en épocas de calor debe ser limitado. También el manejo inadecuado de microclima (deficiente ventilación) conduce a una hipertermia.

La hipertermia incrementa la actividad metabólica y el consumo celular de oxígeno (se incrementa 10% por cada grado C en seres humanos). En mamíferos cuando la temperatura corporal excede los 41°C, la necesidad de oxígeno excede la cantidad de oxígeno que puede suministrar la respiración normal, lo cual puede llevar al individuo a un daño celular por hipoxia. El encéfalo, el hígado y los riñones son los órganos más afectados (Moberg, 1995).

Los efectos de la hipertermia en los sistemas orgánicos pueden ser graves, sobre todo si el estrés calórico es severo y prolongado. El sistema nervioso central (SNC) es el más sensible a la hipertermia, es frecuente encontrar necrosis de neuronas, y también como efecto secundario a la hipotensión e hipoxia cerebral. La elevación de la temperatura corporal provoca un reacomodo sanguíneo desde las vísceras hacia la piel. El riego sanguíneo disminuido en el tracto gastrointestinal provoca inhibición de la función digestiva. La hipovolemia provoca frecuentemente un decremento de la función de la filtración glomerular y una insuficiencia renal (uremia pre-renal).

La hipertermia también provoca hemoconcentración, desbalance electrolítico, fragilidad de los eritrocitos y leucocitosis, la cuenta de plaquetas disminuye y la cascada de la coagulación se altera de forma severa e incluso letal (Blecha, 2000).

La hipertermia incrementa la actividad metabólica y el consumo celular de oxígeno (10 por ciento por cada grado °C). En los mamíferos cuando la temperatura corporal supera los 41°C, el consumo de oxígeno requerido excede al obtenido por la respiración normal (eupnea) y esto

conduce a un daño hipóxico celular. El encéfalo, el hígado y los riñones son los órganos más sensibles a ese daño.

Los efectos de la hipertermia en los diversos órganos y sistemas pueden ser profundos, en el caso de que el estrés calórico sea severo y prolongado, puede repercutir en la función de varios órganos e incluso llegar a producir la muerte del animal.

El sistema nervioso central (SNC) es el más sensible a la hipertermia. Los efectos del calor pueden producir necrosis en las neuronas, o este mismo efecto se puede presentar por factores secundarios como la hipotensión, que provoca hipoxia cerebral o producir efectos en los sistemas cardiovascular y sanguíneo (hemorragia, coágulos intravasculares diseminados, que provocan lesiones en el SCN). También la hipertermia puede provocar hemoconcentración, desbalance electrolítico, fragilidad aumentada de los eritrocitos, leucocitosis y alcalosis respiratoria causada por la elevada eliminación de CO₂ durante la polipnea térmica (Fowler, 2008).

A lo largo del tiempo los animales han adoptado ciertos comportamientos para poder regular más fácil la temperatura corporal, por ejemplo, ante el calor los bovinos extienden sus extremidades para facilitar los mecanismos de pérdida calórica, también aquellos bovinos que están en zonas desérticas buscan las sombras disponibles y pastorean en las horas más frescas de la mañana y de la tarde, otra conducta termorreguladora ante el calor que han adoptado los bovinos, es separarse entre ellos o mantenerse alejados unos de otros.

Otras características muy importantes a tomar en cuenta son las adaptaciones morfológicas que han sufrido ante el calor las diferentes especies animales, entre estas están el incremento de tamaño de las orejas, ya que teniendo una mayor superficie auricular permite un mayor enfriamiento por evaporación, además también la conducción, la convección y la radiación se incrementan, también el movimiento de las orejas favorece la disipación calórica. Otra de las características en el caso de los bovinos son los cuernos, se ha demostrado que los cuernos tienen participación en la termorregulación.

Entre las respuestas fisiológicas para la pérdida calórica (termodisipación) que tienen los animales se puede destacar las respuestas cutáneas, en las que se incluyen: la vasodilatación y la respuesta respiratoria.

La vasodilatación ocurre cuando los vasos cutáneos se dilatan existiendo variaciones de la sangre periférica que fluye por la piel, alterando la temperatura cutánea, que favorece la pérdida calórica por la piel, en caso de que la temperatura del medio se eleve más allá del nivel crítico, esta vasodilatación se incrementa, aumentando la sudoración que es promovida por las fibras simpáticas colinérgicas que inervan a las glándulas écrinas de la piel. La evaporación cutánea se produce en todas las especies (pérdida de calor insensible), siempre y cuando la humedad relativa ambiental no sea muy alta e impida que se agregue más vapor de agua al ambiente. En las especies con abundantes glándulas sudoríparas en la piel, como por ejemplo el caballo, mantiene un mecanismo de enfriamiento eficiente condicionado a que la ingesta de agua sea suficiente.

Las respuestas respiratorias, que es otro tipo de enfriamiento evaporativo, se lleva a cabo en los pulmones a través de la espiración; al haber una mayor temperatura ambiental se activa el mecanismo respiratorio de espiración, promovido por el centro espiratorio del bulbo raquídeo y el centro neumotáxico de la protuberancia anular o puente de Varolio. Algunas especies como por ejemplo el perro, jadean, lo cual incrementa el enfriamiento evaporativo en el tracto respiratorio. En los ungulados la respiración con la boca abierta puede ayudar a disipar el calor;

Otra respuesta conductual adoptada a las altas temperaturas externas, es activarse los mecanismos fisiológicos como la respuesta cardiovascular y la baja en el consumo voluntario de alimento, entre otras, y metabólicos que son consecuencia de la secreción hormonal, de las cuales las más reportadas es la referida a glucocorticoesteroides. Ambas respuestas tienen como objetivo el mantener el balance calórico del animal. Pero si estas respuestas no son suficientes para regular la temperatura interna del animal, este llega al fallo termo regulatorio que puede provocar la muerte del animal debido a la hipertermia, modificaciones den el balance-equilibriohidromineral y acido básico (Yokoyama2004).

4.14.3 REPERCUSIONES DEL ESTRÉS CALÓRICO EN LA REPRODUCCIÓN ANIMAL

La temperatura ambiente elevada puede reducir la eficiencia reproductiva tanto en hembras como en machos, afectando la gametogénesis, la libido, el estro, la ovulación, la fertilidad, la implantación, la supervivencia embrionaria, la duración de la gestación y la habilidad materna de las madres, así como aumento delos problemas en el momento del parto.

En el macho el estrés ambiental puede provocar baja calidad seminal, la cual está íntimamente relacionada con la baja fertilidad, debido probablemente a una combinación de bajas tasas de fertilización. Los testículos al estar suspendidos en el escroto, la espermatogénesis es afectada al exponerse a altas temperaturas en el exterior, lo que provoca baja calidad espermática, lo cual también está directamente relacionado con la calidad del eyaculado.

Esta baja calidad seminal es debida principalmente a las afectaciones que sufren las células de Sertoli por el estrés calórico; este a su vez induce apoptosis, estrés oxidativo en dichas células, el cual puede inducir a la infertilidad por el daño que ocasiona en los lípidos y proteínas de la membrana del espermatozoide, también por el daño que provoca en el ADN del espermatozoide, esto se traduce a un pobre desarrollo embrionario y abortos involuntarios (Katayama, ka. 2006).

Estudios recientes realizados por Rutledge (2001), sugirieron que el efecto del estrés sobre la calidad de los espermatozoides, puede mejorarse con la puesta en marcha de la tecnología de la congelación seminal; sin embargo, el útero de las hembras, pueden representar estrés térmico para los espermatozoides.

En los machos el estrés altera la calidad, la motilidad y el desarrollo espermático, conllevando a fenómenos de subfertilidad en el hato. Ese efecto negativo es resultante de la degeneración testicular, una patología ocasionada entre otros muchos factores, por cualquier proceso que

determine la elevación de la temperatura testicular, como por ejemplo el exceso de grasa escrotal, edema, peri orquitis y elevación de la temperatura ambiente con consecuente estrés térmico.

Clínicamente, la degeneración testicular lleva inicialmente a la flacidez y discreta disminución del tamaño de los testículos, siendo que en etapas más avanzadas estos pueden tornarse atrofiados, con tamaño reducido, fibróticos y con consistencia firme a la palpación (Katayama, ka. 2006).

Histológicamente, se nota en los túbulos seminíferos disminución de la espermatogénesis debido a la muerte de las células del linaje germinativo. Las espermatogonias presentan citoplasmas vacuolizados y núcleo picnótico, las espermátidas se degeneran y hay apareamiento de células gigantes multinucleadas resultantes de la fusión de varias espermátidas (Katayama, ka. 2006).

Endocrinológicamente, el principal mecanismo por medio del cual el estrés puede dar lugar a una inadecuada calidad seminal se basa en la hormona conocida como CRH, la cual desencadena la cascada del estrés con acciones de tipo inhibitorio tanto a nivel testicular como a nivel central, con la inhibición de la hormona ICSH (Hormona estimuladora de las células intersticiales). La CRH es sintetizada a nivel hipotalámico, pero en situaciones estresantes también es secretada por las células intersticiales o de Leydig a nivel testicular (iniciado por serotoninas), actuando en los receptores de membrana como un potente regulador negativo para la ICSH, dando lugar a un bloqueo por medio de una proteína kinasa como respuesta al estrés. De esta manera, se impide la

producción de andrógenos por dichas células, recordando el papel fundamental que la testosterona y la dihidrotestosterona ejercen a nivel de la espermatogénesis (Katayama, ka. 2006).

En la hembra el comportamiento sexual y la tasa de fertilidad, son los principales indicadores en la reproducción de las hembras mamíferas que se afecta negativamente por el estrés ambiental. De tal manera que los programas emprendidos con el fin de aumentar la fertilidad de las hembras domésticas, tienen menor éxito en las épocas calurosas que en las templadas (Chemineau, 1993).

El estrés calórico altera la intensidad y la duración del estro, el cual puede disminuirse en cinco horas, respecto al promedio para algunas regiones templadas (11,9 horas). Igualmente, se afecta el desarrollo folicular y la fuente preovulatoria de Hormona Luteinizante (LH), lo que favorecería un retardo en la ovulación o que ésta no se presente (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

Todavía no se conoce con exactitud, el momento de mayor susceptibilidad al estrés calórico antes de la ovulación; sin embargo, se encontró una asociación entre las altas temperaturas el día diez antes de la ovulación, con una reducida fertilidad después de la inseminación. En otro estudio se percibió efectos desde el día cincuenta y desde el día veinte antes de la ovulación sobre la tasa de preñez. El estrés calórico altera el desarrollo y la dominancia folicular durante los primeros ocho días del ciclo estral. Si este efecto se mantiene en forma crónica, la actividad de la aromataza y las concentraciones de estradiol (E2) en el líquido folicular disminuyen. Después de la ovulación, se afecta la producción de progesterona (P4) por el Cuerpo Lúteo (CL) y se modifica el

microambiente del oviducto y del útero, lo que compromete la sobrevivencia del embrión (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

En vaquillonas afectadas por estrés calórico, entre los días once y veintiuno se evidencio un menor tamaño de los folículos y menores concentraciones de E2, aunque los niveles de P4 fueron normales. Ocurrió un retardo en la luteolisis y la emergencia de una nueva onda folicular, que favoreció la aparición de ciclos estrales con tres ondas (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

En vacas Gyr no se encontraron efectos inmediatos del estrés calórico sobre la actividad reproductiva, pero fueron evidentes posteriormente sobre el desarrollo folicular, producción de hormonas y capacidad de desarrollo del ovocito. Estos efectos ya habían sido estudiados con anterioridad a partir de ovocitos obtenidos por aspiración folicular sin que alcanzaran el estado de blastocitos; la restauración normal, en la calidad de los mismo, aconteció solamente después de seis ondas foliculares o el equivalente a tres ciclos estrales (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

El estrés calórico por un periodo de diez horas el día de celo, afectó negativamente la calidad del ovocito, el desarrollo del embrión y su supervivencia. El menor desarrollo de los ovocitos no fue atribuido a las concentraciones de oxígeno, E2 y P4, por lo que otras moléculas o mecanismos deben ser investigadas. La elevada temperatura ambiental conlleva un aumento de la temperatura uterina, que incrementa la mortalidad embrionaria (ME). Cuando la temperatura rectal aumentó de 38,5 a 40°C, por 72 horas postinseminación, las tasas de preñez cayeron significativamente (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

Se ha observado un aumento en la muerte embrionaria antes del día siete de la gestación, de allí que la transferencia de embriones (TE), frente a la IA, sería de utilidad en disminuir el efecto del estrés calórico, ya que los embriones se transfieren entre los días 6 a 8, cuando son más resistentes. Durante el verano se observó que las tasas de concepción de vacas lactantes receptoras era mayor (29%) que las vacas inseminadas artificialmente (13%), lo que confirma la utilidad de la transferencia embrionaria, para mejorar la fertilidad, en épocas de verano (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

En vacas de razas usadas para producción de carne expuestas al estrés calórico, entre los días 8-16 de la gestación, se obtuvo una disminución en el peso del conceptus y del cuerpo lúteo. La muerte embrionaria asociada al estrés calórico entre los días 7-14 pudo ser explicada por una falla en la secreción de Interferón Tau, considerado la señal de reconocimiento materno de la preñez. Los embriones de ganado adaptado al trópico (ej. Gyr) son más resistentes al estrés calórico que los de ganado británico (no adaptado). Igual situación se observó en embriones de ganado Brahman, los cuales, fueron más resistentes al estrés calórico que los embriones de ganado Angus, lo que sugiere, que el periodo de adaptación al trópico ha permitido la selección de genes que controlan la tolerancia de las células al calor (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

Algunas investigaciones, se orientaron a disminuir el efecto de las altas temperaturas sobre las células del embrión, tratando de modificarlo bioquímicamente, evitando el efecto de los radicales libres. La adición de antioxidantes al medio de cultivo que contenía embriones expuestos a temperaturas elevadas, podría incrementar la viabilidad embrionaria; no obstante, no se han

encontrado efectos en la administración de Selenio, Selenio más vitamina E y β -caroteno para incrementar la viabilidad en embriones expuestos a estrés calórico. (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

Los efectos del estrés calórico sobre la preñez, se relacionan con la disminución del peso del ternero al nacimiento, alteración de las concentraciones hormonales de la madre y del feto y reducción en la producción de leche durante el posparto (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

En estudios, la reducción en el peso del ternero fue 18% y se atribuyó a una disminución en las concentraciones de sulfato de estrona. En otro estudio, se observó un menor flujo sanguíneo uterino y umbilical, un menor peso del hígado fetal y menor contenido total de ARN y proteína. También se podría afectar el desarrollo vascular de la placenta, proceso que es crítico en la supervivencia embrionaria, pues el proceso de angiogénesis en la membrana corioalantoidea en los rumiantes es un proceso lento y la evaluación de la mortalidad embrionaria post-mortem, se basa, entre otros aspectos, en la extensión del área vascular alantoidea (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

Bajo intensa radiación solar, alta humedad y temperatura, el animal puede retardar o suspender el proceso del parto. Se halló, además, una mayor concentración sérica de inmunoglobulinas en terneros de 2-10 días de edad en el invierno y una disminución durante el verano, debido a la mayor concentración de corticoides séricos, que pueden reducir la permeabilidad intestinal a las

inmunoglobulinas o la respuesta natural al amamantamiento, que coincidió con los picos de calor y estrés ambiental (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

En un estudio en vacas, se evaluaron los efectos del estrés calórico sobre la actividad luteal posparto y el consecuente desempeño reproductivo, donde se registró una alta actividad luteal anormal (retardo en la ciclicidad y anovulación), durante la estación seca, acompañada de una caída en la condición corporal a la quinta semana, aunque no fueron claros los efectos sobre la involución uterina (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

En vacas estresadas por calor, el balance energético negativo y el aumento en los días abiertos fue asociado con una disminución del apetito e ingestión de materia seca, lo que contribuyó a un incremento del intervalo parto-concepción. Se hace necesario delimitar los efectos ocasionados estrictamente por el estrés calórico, con los generados por causas nutricionales, ya que en la mayoría de los casos, se encuentran asociados (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

El estrés calórico en el posparto temprano afectó el balance energético negativo, la condición corporal, el diámetro del folículo dominante y las concentraciones bioquímicas del líquido folicular, dando lugar a una disminución de la calidad del ovocito y de las células de la granulosa, que conllevaron una baja fertilidad (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

Los efectos del estrés calórico sobre la preñez, se relacionan con la disminución del peso del ternero al nacimiento, alteración de las concentraciones hormonales de la madre y del feto y reducción en la producción de leche durante el posparto (Collier *et al.* 1982). La reducción en el peso del ternero fue 18% y se atribuyó a una disminución en las concentraciones de sulfato de estrona.

En otro estudio, se observó un menor flujo sanguíneo uterino y umbilical, un menor peso del hígado fetal y menor contenido total de RNA y proteína (Reynolds *et al.* 1985). También se podría afectar el desarrollo vascular de la placenta (Head *et al.* 1981), proceso que es crítico en la supervivencia embrionaria, pues el proceso de vasculogénesis en la membrana corioalantoidea en los rumiantes es un proceso lento (Jiménez & Hernández, 1982; Rivas *et al.* 2006) y la evaluación de la mortalidad embrionaria post-mortem, se basa, entre otros aspectos, en la extensión del área vascular alantoidea (Rodríguez *et al.* 2005).

Bajo intensa radiación solar, alta humedad y temperatura, el animal puede retardar o suspender el proceso del parto (Shearer *et al.* 1996). Se halló, además, una mayor concentración sérica de inmunoglobulinas (Igs) en terneros de 2-10 días, en el invierno (Mohammed *et al.* 1991) y una disminución, durante el verano, debido a la mayor concentración de corticoides séricos, que pueden reducir la permeabilidad intestinal de las Igs o la respuesta natural al amamantamiento, que coincidió con los picos de calor y estrés ambiental (Stott *et al.* 1976; Shearer, 1992).

Los efectos de la hipertermia en el último tercio de la gestación podrían estar asociados con elevadas concentraciones de 13-14 dihidro-15keto prostaglandina, durante el posparto temprano,

las cuales, posiblemente, incrementan el proceso de involución uterina, sin alterar el primer estro posparto, el número de días abiertos, ni el número de servicios por concepción (Collier *et al.* 1982).

PROCESO FISIOLÓGICO	MECANISMO AFECTADO	REFERENCIA
Celo	Intensidad y duración del celo	Badinga <i>et al.</i> 1985; Hansen & Arechiga, 1999
Desarrollo folicular	Dominancia folicular, esteroidogénesis folicular	Badinga <i>et al.</i> 1993
	Tamaño de folículos y concentraciones de E ₂	Wilson <i>et al.</i> 1998
	Efectos retardados sobre desarrollo folicular, producción de hormonas y capacidad de desarrollo del oocito	Torres-Júnior <i>et al.</i> 2008
Ovulación	Retardo o supresión de la ovulación	Moberg, 1975; Hansen, 2007; Al-Katanani <i>et al.</i> 1999; Chebel <i>et al.</i> 2004
	Secreción pre-ovulatoria de LH	Gwazdauskas <i>et al.</i> 1981
Integridad del oocito	Alteración del citoesqueleto y huso meiotico	Ju, 2005
	Maduración nuclear	Roth & Hansen, 2004
	Maduración nuclear y aumento apoptosis	Roth & Hansen, 2005
Desarrollo embrionario	Sobrevivencia embrionaria temprana	Dunlap & Vincent, 1971; Biggers <i>et al.</i> 1987; Putney <i>et al.</i> 1988
	Secreción de Interferón Tau	Geisert <i>et al.</i> 1998
Gestación	Desarrollo vascular de la placenta	Head <i>et al.</i> 1981
	Flujo sanguíneo al feto	Reynolds <i>et al.</i> 1985
	Desarrollo fetal	Collier <i>et al.</i> 1982
Parto	Retardo o suspensión del parto	Shearer <i>et al.</i> 1996
Posparto	Ciclicidad y ovulación posparto	Kommatitsuk <i>et al.</i> 2008
	Balance energético, condición corporal y concentración de hormonas en líquido folicular	Shehab-el-deen <i>et al.</i> 2010

Ilustración 17. Efectos del estrés calórico sobre los diferentes mecanismos fisiológicos reproductivos

4.14.4 REPERCUSIONES DEL ESTRÉS CALÓRICO EN OTROS SISTEMAS

En el crecimiento; se verá comprometido el funcionamiento del organismo necesita un aporte energético para poder llevar a cabo sus funciones vitales; una parte de esta energía es retenida para servir a las necesidades de crecimiento (anabolismo); sin embargo, las hormonas liberadas durante el estrés tienen una acción predominante catabólica. Las catecolaminas elevan el consumo de oxígeno del metabolismo basal, acentúan la degradación del glicógeno hepático y muscular, además estimulan la liberación de ácidos grasos y proteínas.

La formación de los huesos se ve disminuida por glucocorticoides los cuales además de provocar una menor absorción intestinal de calcio y una mayor excreción urinaria del mismo, provoca hipocalcemia lo que genera un aumento de la secreción de la paratiroides y para remover los niveles sanguíneos del calcio debe obtenerlo de los huesos, agravándose el problema por una reabsorción ósea.

En el sistema inmune la presencia de receptores las hormonas y la conexión funcional entre el sistema linfático y el sistema nervioso revela la existencia de una comunicación entre los sistemas nervioso, inmune y endocrino. Se ha demostrado que diferentes agentes estresantes tienen efecto en los niveles de hormonas del estrés y citoquinas elevando las interleucinas IL- 1, IL-6 Y B-endorfinas. Las glucocorticoides también modulan la respuesta inmune e inhiben la producción de citoquinas.

Se ha demostrado que el estrés altera las características de migración de los leucocitos, modifica la producción de citosinas y altera los receptores presentes en los linfocitos T, debido al efecto que tienen en el desarrollo de las células.

En forma característica, el estrés induce a la activación de la vía hipotalámica pituitaria adrenal y de la división simpática del sistema nervioso autónomo. Dicha respuesta termina cuando cesa el estímulo causante del estrés y el organismo vuelve al estado que tenía al iniciarse el estímulo.

Por otra parte en el aparato cardiovascular la influencia de agentes estresantes sobre los trastornos cardiovasculares como la hipertensión, se debe principalmente a una suma repetidora considerable de impulsos nerviosos que producen una hipertrofia en la pared celular; si esta adaptación es prolongada conduce a modificaciones estructurales en la membrana ocasionando que filamentos de colágeno y otras proteínas fibrosas poco elásticas se infiltren progresivamente entre las células parietales musculares (Gonzales, 2000).

4.15. SÍNDROME GENERAL DE ADAPTACIÓN (SGA)

La respuesta del organismo ante una situación de estrés ambiental está distribuida en tres fases o etapas: 1) reacción de alarma, 2) estado de resistencia y 3) estado de agotamiento.

Reacción de alarma: ante la percepción de una posible situación de estrés, el organismo empieza a desarrollar una serie de alteraciones de orden fisiológico y psicológico (ansiedad, inquietud, etc.)

que lo predisponen para enfrentarse a la situación estresante. La aparición de estos síntomas está influida por factores como los parámetros físicos del estímulo ambiental (p.e. intensidad del ruido), factores de la persona, el grado de amenaza percibido y otros como el grado de control sobre el estímulo o la presencia de otros estímulos ambientales que influyen sobre la situación.

Estado de resistencia: supone la fase de adaptación a la situación estresante. En ella se desarrollan un conjunto de procesos fisiológicos, cognitivos, emocionales y comportamentales destinados a "negociar" la situación de estrés de la manera menos lesiva para el animal. Si finalmente se produce una adaptación, esta no está exenta de costos, p.e. disminución de la resistencia general del organismo, disminución del rendimiento de la persona, menor tolerancia a la frustración o presencia de trastornos fisiológicos más o menos permanentes y también de carácter psicosomático.

Estado de agotamiento: si la fase de resistencia fracasa, es decir, si los mecanismos de adaptación ambiental no resultan eficientes se entra en la fase de agotamiento donde los trastornos fisiológicos, psicológicos o psicosociales tienden a ser crónicos o irreversibles. Es un estado de inestabilidad homeostática, en donde los mecanismos de compensación se vuelven insuficientes. Aparecen manifestaciones clínicas, funcionales y lesionares. Estas descompensaciones y alteraciones se producen especialmente en los sistemas nerviosos, endocrinos y hematopoyético, o en los aparatos cardiovascular, respiratorio, digestivo y urinario (Mucio, 2007).

4.16. ¿CÓMO DISMINUYEN LAS CONDICIONES DE ESTRÉS CALÓRICO SOBRE LOS ANIMALES?

Existen un sinnúmero de medidas que podemos tomar para disminuir el efecto del stress calórico sobre los animales.

El primer aspecto a considerar en la adaptación de los animales frente al estrés calórico es la selección de la raza, la cual debe ser adaptada a las difíciles condiciones de calor y humedad del clima tropical. Las razas cebuínas muestran mayor adaptación a las condiciones del trópico bajo. En el caso de traer animales de otras latitudes al trópico bajo, su exposición prolongada, desde temprana edad a las condiciones de estrés térmico, conduce a que los individuos sobrevivientes adquieran cierto grado de adaptación, sacrificando a su vez el rendimiento en los niveles de producción y en la capacidad reproductiva. (Góngora A, Hernández A.2010).

Hansen y Arechiga (1999), reportan que al ser la tolerancia al calor una característica de alta heredabilidad, existen genes específicos que pueden ser seleccionados para aumentar la capacidad de termorregulación.

Así, Rocha A. y Rondel R.D. (1998) no observaron cambios en las tasas de fertilización y el desarrollo embrionario en vacas *Bos indicus*, en comparación con vacas *Bos taurus*, donde se presentó mayor proporción de ovocitos anormales y menor porcentaje de oocitos fertilizados en

verano en el estadio de 8 a 16 células. Además, Lopes F. y Chase Jr. (2001). Encontraron mayores tasas de clivaje en Brahman (87%) que en Holstein y Angus (76 y 68%, respectivamente).

Una segunda opción, aceptando una justificación económica, consiste en una serie de medidas destinadas a mejorar las condiciones ambientales en que se encuentran los bovinos, como la Implementación del modelo de ganadería silvopastoril, proporcionando sombra natural a los animales. Existe además, la alternativa del uso de sombras artificiales. Para la utilización de sombras artificiales, se pueden usar materiales como madera, aluminio, teja o malla poli sombra en las fincas. Por otro lado, se puede recurrir al uso de sistemas de enfriamiento con agua para reducir la temperatura corporal, menos recomendables por su costo y operabilidad.

Los nuevos modelos de producción pecuaria, como el sistema silvopastoril, se basan en los principios de la sustentabilidad, que tiene como prioridad el confort térmico y el bienestar de los animales. La sombra surge como una alternativa para proteger los animales de la radiación solar, y se considera la modificación básica y más importante de las condiciones ambientales para disminuir el efecto del estrés calórico al reducir el esfuerzo del animal para el mantenimiento de su homeotermia y generar un menor gasto de energía. Está documentado que bajo la sombra de los árboles se logra reducir la temperatura ambiente entre 2 y 9°C en las horas más calurosas del día (Lopes, F. y Chase, Jr. 2001).

Sin duda, en condiciones pastoriles, esta es la medida más importante. Las sombras naturales son las más adecuadas, pero en su defecto, la sombra artificial utilizando mallas es también efectiva. En ambos casos, las sombras deberían respetar algunos criterios generales:

- Deben ser altas, para permitir la circulación rápida del aire (mejorar la ventilación).
- Deben respetar un mínimo de tres metros cuadrados por cabeza adulta, dos por animal de recría y un metro cuadrado por ternero. Por supuesto, que superar estos valores mejora la condición de bienestar de los animales.
- Deben tener una densidad de cobertura importante. Así, mientras la sombra generada por el eucaliptus es rala, la de anacahuita o paraísos es densa. Tratándose de sombra artificial, con malla de sombra, debe tener una intersección de 80 %.
- Para el caso de sistemas intensivos, el acceso a sombra debe asegurarse en el horario de 10 a 18 horas, pues son las de mayor intensidad de stress calórico.
- La sombra debe estar ubicada algo distante de la aguada, a los efectos de generar varios polos de atracción para los animales, distribuidos en el potrero (agua, sombra, saleros, etc.).
- Para el caso de tambos, debe asegurarse la sombra en los corrales de espera de la sala de ordeño.

La tercera opción es el manejo nutricional del estrés calórico. Esta alternativa se basa en la respuesta natural del ganado de reducir de manera voluntaria el consumo de alimento para disminuir el calor metabólico. El uso de suplementos alimenticios energéticos y proteicos, son las medidas más utilizadas. (Góngora A, Hernández A.2010).

Se ha planteado una estrategia farmacológica utilizando somatotropina recombinante bovina (bST) para aliviar los efectos del EC, aunque los resultados son contradictorios (Caballero *et al.* 1995). En un estudio, la bST aumentó la severidad de la respuesta de las vacas estresadas por calor sin obtener cambios en la producción de leche (Cole & Hansen, 1993), mientras que en Israel, se obtuvo un aumento del 25% en la producción total de leche, 15% en grasa y 13% en la producción de proteínas totales (Lotan *et al.* 1993).

El uso de antioxidantes en la dieta ha sido estudiado para aumentar la fertilidad de los animales en verano, esta idea surgió del hecho de que el estrés térmico reduce la concentración intracelular de antioxidantes como el glutatión, en mórulas de ratones, y que la adición de varios antioxidantes en el medio de cultivo (taurina, glutatión y vitamina E), promovieron algún grado de termoprotección en mórulas de ratones y bovinos. Sin embargo, Hansen y Aréchiga (1999) no encontraron efecto positivo del suministro de la vitamina E por un período de 6 días antes del estro, sobre la fertilidad de los animales (estrés térmico).

Otra opción, para incrementar la proporción de hembras gestantes en la época calurosa, es optar por la transferencia de embriones de 6 a 7 días de edad. Los embriones deben ser colectados y almacenados antes de que la vaca donadora sea sometida al estrés calórico, como forma de aumentar el índice de éxito de la TE. Estos embriones evitan los efectos deletéreos del calor, evitando el momento crítico del desarrollo inicial. El uso de transferencia directa de embriones frescos presenta mejores resultados, con incrementos entre 10,8 y 15,7% en la tasa de concepción con respecto a la IA (Hansen y Arechiga 1999).

La implementación de sitios de sombrío empleando árboles es un proceso que puede tardar años, por lo tanto, el humedecimiento de la piel de las vacas, en ciertas horas del día (enfriamiento), es una manera efectiva para evitar la hipertermia, aunque lo ideal sería una suficiente disponibilidad de fuentes de agua, para el baño del ganado *ad libitum*. (Góngora A, Hernández A.2010).

En Israel, se comparó el efecto de la sombra más la aplicación de baños y de ventilación, cada tres horas, durante el momento de máxima temperatura (al medio día), frente a vacas control. En el grupo experimental, hubo aumento de la duración del estro y la tasa de fertilidad, después de la inseminación artificial. Dicho efecto, se observó al primer servicio y a los 150 días. El mismo tratamiento aplicado a las vacas al final de la gestación, aumentó el peso del ternero al nacimiento y la producción de leche. En Irak, la utilización de la misma estrategia disminuyó el intervalo entre partos (384,1 vs 376 días) y el número de inseminaciones por preñez (1,82 vs 1,73) (Jassim & Ray, 1986).

Los sistemas silvopastoriles podrían aliviar los efectos del EC. En Costa Rica, en vacas Brahman x Pardo suizo, para evaluar el efecto de la sombra sobre el comportamiento animal, se evidenció un mayor tiempo de pastoreo y una considerable producción de leche, en el grupo que pastaba en potreros, con adecuada cantidad de árboles, en comparación con las vacas control, que se mantenían en praderas sin sombra (Betancourt *et al.* 2005).

El desarrollo de nuevas razas, se viene implementando en algunos países; tal es el caso de la raza Senepol, en la que se ha identificado un gen que controla la longitud del pelo, lo que incrementa la capacidad para regular la temperatura corporal frente al EC (Olson *et al.* 1997). Respecto al uso de distintos cruzamientos, Pegorer *et al.* (2007), durante el verano en Brasil, registraron un aumento de las tasas de preñez en vacas Holstein lactantes cuando fueron inseminadas con semen de toros Gyr versus toros Holstein; estos resultados fueron atribuidos al efecto de la heterosis del embrión (Boediono *et al.* 2003).

Se han planteado diversas estrategias para reducir la magnitud del EC, entre ellas, la modificación del medioambiente, las de tipo genético, con el objeto de seleccionar animales con mayor capacidad de regular la temperatura corporal, las nutricionales, las de manejo y las farmacológicas; sin embargo, la más económica continúa siendo el suministro de sombra. (Góngora A, Hernández A.2010).



Ilustración 18. Grupo de novillas F1 bajo sombra. Foto Miguel Sará

5. DISCUSIÓN

Comúnmente se utiliza el término estrés, para indicar una condición medioambiental negativa para el bienestar animal. El efecto del clima y las variaciones que en el observan, indican potenciales cambios que afectarían el bienestar animal y en consecuencia su productividad. Por esta razón es importante realizar evaluaciones del impacto de condiciones adversas generadas por el clima sobre el bienestar animal así como las potenciales pérdidas económicas. Además es necesario aplicar las medidas de mitigación que permitan mantener a los animales en un estado de confort donde estos puedan maximizar su producción.

Son complejos los factores físico – ambientales y fisiológicos involucrados en la mantención de la temperatura corporal (balance térmico), así como la variabilidad en la respuesta individual, esta circunstancia dificulta tanto la investigación como el desarrollo de índices predictivos de fácil aplicación en producción. Esto hace necesario y esencial, el conocimiento de los múltiples factores involucrados para un correcto tratamiento y aplicación de medidas de mitigación que garanticen el bienestar animal y por ende el buen desempeño productivo del ganado bovino.

6. CONCLUSIONES

El desempeño productivo del ganado bovino de carne es directamente afectado por los factores climáticos de su entorno productivo. Particularmente la temperatura ambiental, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento, que afectan en su conjunto al balance térmico.

El conocimiento de la “Fisiología del estrés y sus efectos sobre la reproducción de la hembra bovina”, es una importante herramienta para potencializar los procesos reproductivos.

Son varios los efectos negativos que el estrés genera en la reproducción bovina, los mismos que determinan el buen o mal funcionamiento del organismo animal y por ende establecen la normal progresión o las deficiencias en la optimización de los procesos reproductivos

Las manifestaciones de estrés térmico pueden verse agravadas por el consumo de pasturas contaminadas con hongos endófitos productores de ergocalcoides. Dichos efectos pueden ser pronosticados y minimizados mediante el adecuado uso de la información disponible, que incluye la genética del animal, el clima, el manejo productivo y el manejo nutricional.

El estrés térmico desencadena alteraciones agudas y crónicas en concentraciones plasmáticas de cortisol y hormonas tiroideas; además, puede acarrear alteraciones en las reacciones fisiológicas y en el comportamiento de los animales.

La implementación de medidas de mitigación debe considerar tanto los elementos productivos como de bienestar animal y deben apuntar a reducir el impacto de los factores climáticos sobre el normal desempeño de los animales.

Un aspecto más que importante a la hora de decidir qué tipo de medidas tomar, es la practicidad y el costo que conlleva, ya que si optamos por herramientas muy costosas o difíciles de aplicar en el tiempo lo más probable es que se discontinúen y nunca conseguiremos los efectos que estábamos buscando.

El estrés calórico puede ser una causa importante de infertilidad bovina en diferentes regiones naturales de Colombia, caracterizada por una gran diversidad climática; sin embargo, no existen estudios que demuestren el verdadero impacto económico sobre la producción.

El suministro de zonas para protección de los animales de la radiación solar directa y de zonas para protección de las bajas temperaturas son medidas que deben evitar o disminuir el efecto del estrés térmico, por altas o bajas temperaturas ambientales. (Góngora A, Hernández A.2010).

7. RESUMEN

Se presenta una revisión crítica pertinente a los principales efectos de altas temperaturas sobre la fisiología reproductiva de la vaca, para resaltar la importancia económica y científica de su adaptación a las condiciones tropicales, en contraste con las que se presentan en países estacionales. Se altera el desarrollo folicular, el celo, la implantación, el desarrollo embrionario temprano, la gestación, el parto y el regreso al calor durante el posparto. Las pérdidas económicas ocasionadas por esta causa, no han sido estimadas en Colombia, ni en los países tropicales. Los efectos se ven más acentuados en aquellas razas que provienen del *Bos taurus*, dada su mayor tasa metabólica y menor capacidad para disipar el calor; sin embargo, las alteraciones que se puedan ocasionar, dependerán del grado de adaptación de los animales, lo cual, es clave para entender las excepciones existentes, en algunos casos, de razas taurinas colombianas, adaptadas a rangos de temperatura, que son nocivos en animales no adaptados. El suministro de zonas para protección de los animales de la radiación solar directa y de resguardo de las bajas temperaturas son medidas que deben evitar o disminuir el efecto del estrés térmico, por altas o bajas temperaturas. Se hace necesario reorientar los sistemas de selección genética en la búsqueda de bovinos que se adapten mejor a las condiciones climáticas propias de los ecosistemas colombianos. Las altas temperaturas causan disminución del tiempo de pastoreo y bajo consumo de alimento en la horas de mayor temperatura, lo que tiene injerencia en el desempeño reproductivo. (Góngora. A y Hernández. A; 2010).

El estrés calórico afecta la reproducción bovina en los meses más calurosos del año, sobre todos en las zonas tropicales donde las temperaturas son altas todo el año. Es provocado por una alta tasa

de calor endógeno causado por la humedad relativa del ambiente externo que el animal no es capaz de disipar por medio del sistema de regulación térmica. Este problema afecta la eficiencia reproductiva del bovino al producir disminución en la fertilidad.

Se ha comprobado una caída en el porcentaje de las tasas concepción por varios efectos que ocasiona el estrés calórico, principalmente la situación se manifiesta y en el ciclo astral y la muerte embrionaria.

Los bovinos al igual que todos los mamíferos son organismos homeotermos, es decir, que a pesar de las fluctuaciones en la temperatura ambiental son capaces de mantener relativamente constante su temperatura corporal. La temperatura ambiente, la humedad relativa, la radiación solar directa o reflejada y el movimiento de aire, entre otros, son los factores climáticos de mayor relevancia que influyen directamente en la capacidad de los animales para mantenerse en su zona de confort térmico y así poder expresar al máximo sus aptitudes productivas.

Para mantener la temperatura corporal se necesita ganar o perder calor del medioambiente circundante. Este proceso denominado balance térmico, se logra a través de un constante proceso de termorregulación que involucra el flujo de calor mediante cuatro vías básicas: conducción, convección, radiación y evaporación. Cuando los mecanismos fisiológicos para mantener la termoneutralidad no son suficientes, el animal entra en zonas de estrés térmico.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Álvarez, A; Pérez, H; Martín; Quincosa, J; Y Sánchez, A. (2009). *fisiología animal aplicada* (1ª. Ed). Medellín, Colombia. Editorial Universidad de Antioquia.

Arauz, E. (1992). efecto de la tensión calórica en la época seca sobre algunos índices fisiológicos y el estado general en lactación y crecimiento en ganado lechero cruzado. *Revista agronomía mesoamericana*. Vol. 3: pp. 33 – 39. Panamá´

Arias, R. A; Mader, T; Escobar, p. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Revista archivos de veterinaria*. 40 (1): 7- 22.

Arechiga, C. F.; Hansen, P (2003). Efectos climáticos adversos en la función reproductiva de los bovinos. *Revista Hoard´s Dayrman. Publicación agropecuaria*. Año 18. No 206 pp. 25-33.

Avendaño, L; Alvares, F; Correa, A; Saucedo, j; Rivera, F; Arechiga, C.F. y Robinson, P.H. (2007). Evaluación de un sistema de enfriamiento aplicado seco de ganado lechero en el verano. *Revista Tec. Pec. Mex.* 45(2). 209 – 225.

Bach, A. *La reproducción del ganado lechero: nutrición y fisiología*. XVII Curso de especialización. FEDNA.

Badillo, A. (2011). *Estrés calórico en el Ganado lechero (Bos Taurus) de la raza Holstein*. Revisión bibliográfica. Pp. 12-33.

Bavera, G.A. y Beguet, H.A. (2003). *Clima y ambiente; elementos y factores*. FAC – UNRC. Cursos de producción bovina de carne. Doi. <http://www.Producción-animal.com.ar>

Bavera, G.A. y Beguet, H.A. (2003). *Termorregulación corporal y ambientación*. Cursos de producción bovina de carne. Doi. <http://www.Producción-animal.com.ar>

Beretta, V; Simeone, Á. y Betancur, O. (2013). *Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos*. Agrociencia Uruguay, vol. (17), 131-140.

Britt, J. y Álvarez, F. (2012). ¿Por qué hay tantas vacas perdiendo gestaciones? *Revista Hoard's Dayrman. Publicación agropecuaria. Año 18. No 206: pp. 236 – 238.*

Brosh, A.; Aharoni, Y.; Degen, A. A.; Wright, D.; Young, B. A. 1998. Britt, J. y Álvarez, F. (2012). ¿Por qué hay tantas vacas perdiendo gestaciones? *Revista Hoard's Dayrman. Publicación agropecuaria. J. Anim. Sci.* 76: 2671-2677

Bianca, W. 1972. Termorregulación. In: Hafez, E. S. E. ed. *Adaptación de los animales de granja. México, Herrero.* pp. 135–162.

Blackshaw, J. K.; Blackshaw, A. W. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior; a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 34: 285-295.

Caballero, D; Tamez, R. S; Rodríguez, C; Weber, R. J. y Gómez, R. (2001). Regulación neuroendocrina del sistema inmune. *Revista CIENCIA – UANL.* 4 (2): 205 – 214. Doi. <http://www.redalyc.org>

Campuzano (2005). *Evaluación del periodo de espera voluntario en vacas especializadas en producción de leche.* Nota técnica.

Collier, R. J.; Eley, R. M.; Sharma, A. K.; Pereira, R. M.; Buffington D. E. 1981. Shade management in subtropical environment for yield and composition in Holstein and Jersey Cows. *J. Dairy Sci.* 64 (5): 844-849. Milk

Domínguez. R.; Peláez. C.; Padilla. E. (2005). *Efecto del estrés calórico y su interacción con otras variables de manejo y productivas, sobre la tasa de gestación de vacas lecheras en Aguas Calientes, México.* 3, 245-260.

Góngora, A; Hernández, A. (2010). La reproducción se afecta por las altas temperaturas ambientales. *Revista U.D.C.A. Actualidad & divulgación científica.* Vol. 13(2): 141 – 151. Doi. www.scielo.unal.edu.co

Hansen PJ, Aréchiga CF. Strategies for managing reproduction in the heat stressed dairy cow. *J. Anim. Sci.* 1999, 77:36-50.

Khalifa, H. H. 2003. **Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate.** In: **Conference on Interactions Between Climate and Animal Production** (54th., 2003, Viterbo, Italy). Interactions between climate and animal production. EAAP Technical series. 7: 15-29.

Katayama KA. **Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões.** Dissertação Mestrado, Faculdade de Veterinaria, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mato Grosso do Sul; 2006.

Marín Vélez, M.; Velásquez Uribe, L.F. (2010). *¿Cómo afecta el estrés calórico la reproducción?* Biosalud. Volumen 9, 83-95.

Martínez Marín, Andrés. (2006). Efectos climáticos sobre la producción del vacuno lechero: estrés por calor. *Revista electrónica de veterinaria Redvet.* Doi: www.veterinaria.org/revistasredvet/n101006.html

Meyer, U.; Everinghoff, M.; Gaden, D.; Flachowsky, G. 2004. Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Liv. Prod. Sci.* 90: 117-121.

Mujica Arraigo, Imanol. (2005). *Estrés calórico, su efecto en vacas Lecheras.* Navarra Agraria. 36-44.

Rivera, F.; Gonzales, T.; Escobar, S. (2006). *Efecto del índice humedad-temperatura sobre la tasa de fertilidad en vacas mestizas.* Maracaibo, Venezuela, 36-44.

Roca, A. J. (2011). Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. *Revista ESPAMCIENCIA*, pp. 15-23.

Saravia, Celmira; Astigarraga, Laura; Van Lier, Elize; Betancur, Oscar. (2011). *Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en salto* (Uruguay). *Agro ciencia Uruguay*, volumen 15 ,93-102.

Sanmiguel, R.A; Díaz, M. (2011). Mecanismos fisiológicos de la termorregulación en animales de producción. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, Vol. (4), PP. 88-92.

SELYE, H. *The stress concept: past, present and future*. Ed. John Wiley & sons, 986

Pocay, P. L. B.; Pocay, V. G.; Starling, J. M. C.; Silva, R. G. 2001. Respostas fisiológicas de vacas holandesas predominantemente brancas e predominantemente negras sob radiação solar direta. *Ars Veterinaria*. 17 (2): 155-161.

Valdivia, Arturo. (2002). “Efectos del estrés calórico en la reproducción del Ganado lechero”. Revisión bibliográfica. 11-16.

Valorta, S.; Leva, P.; Castro, H.; Gallardo, Miriam; Maciel, M.; Anziani, O; Guglielmo, A. (1998). Producción de leche en verano. Universidad nacional del Litoral publicaciones (ed.).