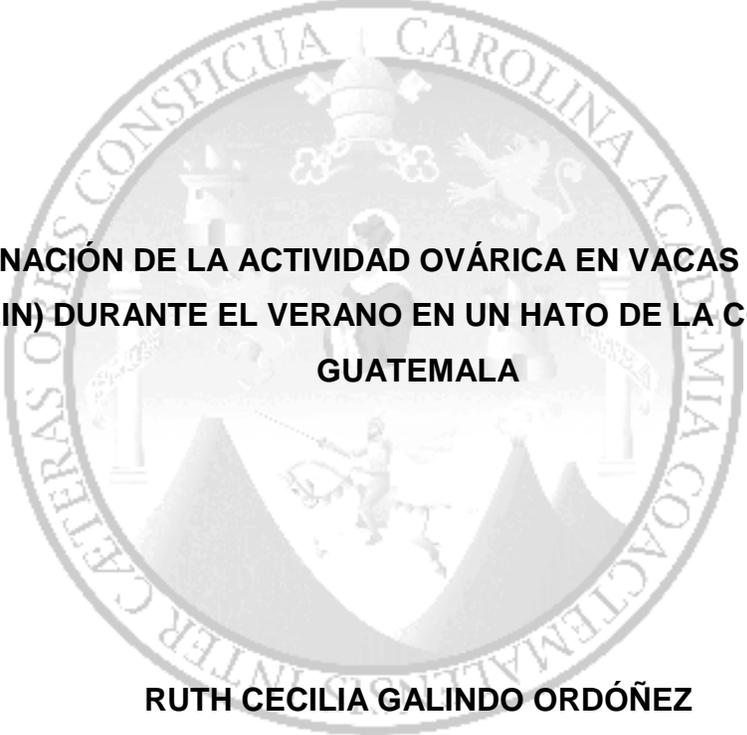


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA EN VACAS F1 (BRHAMAN-  
HOLSTEIN) DURANTE EL VERANO EN UN HATO DE LA COSTA SUR EN  
GUATEMALA**

**RUTH CECILIA GALINDO ORDÓÑEZ**

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2004

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

**DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA EN VACAS F1 (BRHAMAN-  
HOLSTEIN) DURANTE EL VERANO EN UN HATO DE LA COSTA SUR EN  
GUATEMALA**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**RUTH CECILIA GALINDO ORDÓÑEZ**

**AL CONFERÍRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE**

**MÉDICO VETERINARIO**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE 2004**

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el presente trabajo de tesis titulado

**DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA EN VACAS F1 (BRHAMAN-HOLSTEIN) DURANTE EL VERANO EN UN HATO DE LA COSTA SUR EN GUATEMALA**

Que me fuera aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, como requisito previo a optar al título profesional de

**MÉDICO VETERINARIO**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**DECANO:** Dr. M.V. MARIO ESTUARDO LLERENA QUAN

**SECRETARIA:** Dra. M.V. BEATRIZ SANTIZO

**VOCAL PRIMERO:** Dr. M.V. YERI VÉLIZ PORRAS

**VOCAL SEGUNDO:** Dr. M.V. FREDY GONZÁLEZ

**VOCAL TERCERO:** Dr. M.V. EDGAR BAILEY

**VOCAL CUARTO:** BR. ESTUARDO RUANO

**VOCAL QUINTO:** BR. DANIEL BARRIOS

**ASESORES:**

**Dr. M.V. JUAN JOSÉ PREM GONZÁLEZ**

**Dra. M.V. LIGIA ANAITÉ GONZÁLEZ**

**Dr. M.V. LEONIDAS ÁVILA**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios:** Mi luz y mi guardador.

**A mis padres:** Mis primeros maestros y amigos.

**A mi familia:** Con cariño.

## AGRADECIMIENTOS

**Agradezco a:**

**Dios:** Por ser mi fortaleza, dirección y compañía durante los años de estudio y por haberme permitido alcanzar la meta trazada.

**Mis padres:** Por su enseñanza, motivación y ayuda incondicional.

**A mi familia:** Por su apoyo.

**A mis catedráticos:** Por los conocimientos que me dieron a lo largo de la carrera.

**A mis asesores:** Por orientarme en la realización de la tesis.

**A los propietarios**

**de la finca Nueva**

**San Jerónimo:** Por permitirme realizar el trabajo de tesis.

**A mis compañeros:** Por su amistad

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. HIPÓTESIS	2
III. OBJETIVOS	3
3.1 General	3
3.2 Específicos	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1 Ciclo reproductivo en vacas	4
4.1.1 Cambios Cíclicos	4
4.1.2 Foliculogénesis, maduración del óvulo y ovulación	5
4.1.1.1 Foliculogénesis	5
4.1.1.2 Crecimiento folicular	6
4.1.1.3 Reclutamiento y selección de folículos ováricos	6
4.1.1.4 Líquido folicular	6
4.1.1.5 Endocrinología del crecimiento folicular y la ovulación	7
4.1.1.6 Esteroidogénesis	7
4.1.1.7 Crecimiento folicular durante las fases foliculares y de cuerpo amarillo	7
4.1.1.8 Atresia folicular	7
4.1.1.9 Factores que influyen en la atresia	8
4.1.2.10 Ovulación	8
4.1.2.11 Sitio de ovulación	8
4.1.2.12 Fenómenos celulares	9
4.1.2.13 Mecanismos de la ovulación	9
4.1.2.14 Mecanismos bioquímicos de la ovulación	9
4.1.3 Regulación Endocrina	9
4.2 Puerperio	10
4.2.1 Primera fase uterina o secundinación	11
4.2.2 Puerperio propiamente dicho (segunda fase de involución uterina pospartal)	11
4.2.2.1 Puerperio temprano	11

4.2.2.2	<i>Puerperio clínico</i>	11
4.2.2.3	<i>Puerperio total</i>	11
4.2.3	Modificaciones que suceden durante el puerperio	11
4.2.4	Reinicio de la ciclicidad	12
4.2.5	Pautas para el control puerperal	12
4.2.6	Funcionamiento ovárico en el puerperio	12
4.3	Estrés calórico	13
4.3.1	Efectos	13
4.3.2	Respuestas fisiológicas de los bovinos al estrés por calor	14
4.3.3	Respuestas hormonales de los bovinos al estrés por calor	15
4.3.3.1	<i>Hormona antidiurética</i>	16
4.3.3.2	<i>Prolactina</i>	16
4.3.3.3	<i>Tiroxina</i>	16
4.3.3.4	<i>Hormona del crecimiento</i>	17
4.3.3.5	<i>Aldosterona</i>	17
4.3.3.6	<i>Glucocorticoides</i>	17
4.3.3.7	<i>Catecolaminas</i>	17
4.3.3.8	<i>Prostaglandinas</i>	18
4.3.4	Efectos sobre los requerimientos de nutrientes	18
4.3.4.1	<i>Consumo de alimento</i>	18
4.3.4.2	<i>Digestión</i>	19
4.3.4.3	<i>Absorción de nutrientes</i>	20
4.3.5	Alteración del metabolismo de nutrientes específicos	20
4.3.5.1	<i>Metabolismo energético</i>	20
4.3.5.2	<i>Balance hídrico</i>	20
4.3.5.3	<i>Minerales</i>	21
4.3.5.4	<i>Alteración del equilibrio ácido-base</i>	21
4.3.5.5	<i>Metabolismo protéico</i>	22
4.4	Relación fisiológica entre tensión ambiental y reproducción	22
4.5	Termorregulación	23
4.5.1	Factores que alteran el éxito de la reproducción durante el estrés calórico	24
4.5.2	Alteraciones en la endocrinología de la reproducción y en la funcionalidad ovárica	24

4.6	Fertilidad en la vida reproductiva de vacas	25
4.6.1	Porcentaje de concepción en los primeros servicios	25
4.6.2	Número de servicios por concepción	25
4.6.3	Período de servicio	26
4.6.4	Porcentaje de concepción y de parición	26
4.6.5	Tasa de no retorno a servicio	26
4.6.6	Intervalo entre partos	27
4.6.7	Índice de estado reproductivo del hato	28
4.7	Anestro postparto	28
4.8	Ultrasonografía	29
4.8.1	Ondas y ecos	30
4.8.2	Usos clínicos	30
4.8.3	Cambios detectados durante el ciclo estral por medio del ultrasonido en el útero de vacas	31
4.8.4	Glándulas luteales	31
4.8.4.1	<i>Detección del sitio ovulatorio y cuerpo lúteo temprano</i>	32
4.8.4.2	<i>Dos series de desarrollo luteal Serie fotográfica 2</i>	33
4.8.4.3	<i>Localización de los cursores en la pared folicular para medir el diámetro</i>	33
4.8.4.4	<i>Búsqueda</i>	33
4.8.5	Túbulo genital	34
4.8.6	Útero	34
4.9	Reproducción y nutrición	34
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	36
5.1	Materiales	36
5.1.1	Recursos Humanos	36
5.1.2	De Campo	36
5.1.3	De tipo Biológico	36
5.1.4	Centros de Referencia	36
5.2	Métodos	37
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
VII.	CONCLUSIONES	50
VIII.	RECOMENDACIONES	52
IX.	RESUMEN	53

X. BIBLIOGRAFÍA	54
XI. ANEXOS	56
11.1 Principales hormonas de la reproducción en vacas. Cuadro 1	57
11.2 Fenómenos de la reproducción alterados por tensiones y posibles mecanismos de acción. Figura 1	59
11.3 Equilibrio del incremento de la ganancia de calor y la pérdida de calor que contribuye a la termorregulación en un animal. Figura 2	60
11.4 Alteraciones endocrinas producidas por el estrés de calor. Figura 3	61
11.5 Índice de temperatura – humedad para estimación de estrés de calor. Figura 4	62
11.6 Componentes de un escáner. Figura 5	63
11.7 Producción de pulsos. Figura 6	64
11.8 Tipos de transductor. Figura 7	64
11.9 Recepción de ecos. Figura 8	65
11.10 Localización del cursor para medir el diámetro de la pared folicular. Figura 9	66
11.11 Número de días desde la ovulación. Figura 10	67
11.12 Anatomía ovárica. Figura 11	67
11.13 Ecología del ganado. Figura 12	68
11.14 Ultrasonidos del cuerpo lúteo. Serie fotográfica 1	69
11.15 Serie fotográfica 2	70
11.16 Serie fotográfica 3	71

## ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS

Tabla No. 1	Comportamiento reproductivo del hato de vacas F1 (Brahman-Holstein) durante los meses de noviembre 2003 a abril 2004_____	41
Tabla No. 2	Promedios de temperatura y humedad _____	43
Tabla No. 3	Correlación entre el día que las vacas F1 (Brahman-Holstein) presentaron actividad ovárica y la temperatura media durante el verano_____	43
Tabla No.4.	Correlación entre el día que las vacas F1 (Brahman-Holstein) presentaron actividad ovárica y el porcentaje de humedad media durante el verano___	45
Gráfica No.1	Promedios de temperatura y humedad_____	47
Gráfica No.2	Relación entre el día que ciclaron y la temperatura media_____	47
Gráfica No. 3	Relación entre el día que ciclaron y la humedad media _____	48
Gráfica No. 4	Porcentaje de vacas preñadas y no preñadas_____	48
Gráfica No. 5	Porcentaje de vacas que presentaron celo en intervalos determinados de días_____	49

## I. INTRODUCCIÓN

Durante años la ganadería en Guatemala ha sufrido distintas adaptaciones, ocasionando modificaciones en el manejo, alimentación y producción del ganado bovino, debido a la incorporación de razas europeas a nuestro ambiente.

Se sabe que las razas índicas se adaptan mejor que las razas europeas a los climas cálidos por ello el procedimiento más usado para la solución del problema en regiones cálidas consiste hasta el presente, en la importación de animales de razas especializadas de las regiones de clima templado o el cruzamiento del ganado nativo con toros de esas razas. Sin embargo, aún no se sabe que tan afectada se ve esta combinación de razas por las temperaturas elevadas.

Tanto la temperatura como la humedad ambiental afectan la producción del ganado bovino. Cuando la humedad es baja la sequedad del aire permite evaporación cutánea, por el contrario, cuando la humedad es elevada, la evaporación cutánea se hace más difícil ya que la temperatura del aire permanece constantemente alta.

El exceso de temperatura ambiental que pueden soportar los animales se conoce como tolerancia al calor y éste puede verificarse por temperatura rectal, tasa respiratoria, ritmo de rumia y hábito de pastoreo. Cuando la tolerancia al calor es sobrepasada y no puede ser compensada por los mecanismos de disipación del animal, se produce el estrés calórico.

Debido a que el reinicio de la actividad folicular es un factor determinante para los días abiertos en las vacas es importante conocer si el estrés calórico prolonga este período y por lo tanto si provoca una disminución en la ganancia productiva en vacas F1 (Brahman-Holstein).

El presente estudio demostrará si la temperatura y la humedad ambiental, influyen en el reinicio de la actividad ovárica posparto en vacas F1 (Brahman-Holstein) durante el verano en la costa sur de Guatemala.

## **II. HIPÓTESIS**

No existe relación entre temperatura y humedad relativa con el reinicio de la actividad ovárica postparto, en un hato de vacas F1 (Brahman-Holstein) durante el verano, en la costa sur de Guatemala.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL:**

- Contribuir al estudio de la biología reproductiva del ganado F1 (Brahman-Holstein), en explotaciones de la costa sur de Guatemala.

#### **3.2 ESPECÍFICOS:**

- Evaluar el reinicio de la actividad ovárica posparto, en un hato de vacas F1 (Brahman-Holstein), durante el verano en Guatemala.
- Determinar si la temperatura y humedad son factores que afectan el reinicio de la actividad ovárica posparto, en vacas F1 (Brahman-Holstein).

## IV. REVISIÓN DE LITERIATURA

### 4.1 CICLO REPRODUCTIVO EN VACAS

#### 4.1.1 CAMBIOS CICLICOS:

Durante el ciclo estral de la vaca ocurren cambios morfológicos, endocrinos y secretorios en ovarios y genitales tubulares. El conocimiento de estos cambios es útil con fines de detección y sincronización del estro, superovulación e inseminación artificial.

En cada ovario de la vaca hay varios miles de folículos, pero sólo uno es liberado en cada ciclo estral. En los bovinos, durante este ciclo ocurren dos oleadas de actividad folicular. La primera se produce en una fase temprana y la segunda lo hace a la mitad del ciclo. A partir de la primera oleada, un folículo pequeño de menos de 5 mm crece hasta medir más de 10 mm entre los días cinco y once, y luego sufre atresia. Aunque este folículo no ovula, secreta concentraciones de estradiol similares a las de un folículo ovulatorio. A partir de la segunda oleada hay un rápido recambio de grandes folículos productores de estrógeno. De este modo, cuando menos un folículo grande está presente en el ovario bovino durante todo el ciclo estral, y al parecer controla el destino de otros folículos (10).

Sólo uno o dos folículos grandes presentes poco antes del inicio del estro experimentan el rápido crecimiento final y se convierten en folículos de Graaf maduros, capaces de ovular.

El folículo se colapsa después de la ovulación. No ocurre hemorragia en este sitio, sino que la cavidad se cubre gradualmente de células de cuerpo amarillo. Este cuerpo alcanza la madurez unos siete días después de la ovulación y funciona durante otros ocho a nueve días antes de experimentar regresión finalmente.

El crecimiento folicular, la ovulación y el funcionamiento del cuerpo amarillo son regulados por el eje hipotálamo-hipófisis-ovarios. El folículo de Graaf secreta estrógenos, en particular 17- $\beta$  - estradiol. Las concentraciones crecientes de este último inducen el estro comportamental, combinadas con la declinación en las concentraciones de progesterona, desencadenan la oleada de LH. Si está presente un folículo maduro, esta oleada de LH causa la ovulación unas 24 horas después (10).

Las propiedades fisicoquímicas del moco cervical son modificadas bajo la influencia de estrógenos. Alteraciones en viscosidad, arborización y resistencia eléctrica son la base de

algunos métodos para detectar el estro en la vaca. El moco cervical es menos viscoso el día del estro y pende de la vulva en forma de un hilo de moco claro. El estrógeno también dilata el cuello uterino durante el estro, de modo que es posible introducir un catéter en el útero con mayor facilidad que en cualquier otra etapa del ciclo estral.

El estrógeno mejora la contractilidad o tonicidad del útero. Este es flácido y carece de tono durante la fase de cuerpo amarillo, mientras que el tono es máximo durante el estro y luego disminuye tras la ovulación. (10)

El estrógeno incrementa el crecimiento vascular del endometrio. El retiro repentino de la secreción de estrógeno después de la ovulación causa hemorragias petequiales en el endometrio (sangrado menstrual) y presencia de sangre en la secreción vulvar. La mayor parte de las vacas y vaquillas presentan sangrado dos o tres días después del estro. Al parecer, el sangrado menstrual no se relaciona con la concepción; es sólo indicativo de que la vaca ha estado en estro. Las vacas con moco teñido de sangre en el momento de la inseminación tienen menos probabilidad de concebir.

Los efectos de la progesterona (secretada por el cuerpo amarillo) en útero y cuello uterino son opuestos a los del estrógeno. Durante la fase de cuerpo amarillo, el moco cervical es espeso y el conducto cervical está herméticamente cerrado y el endometrio se relaja. Las concentraciones plasmáticas de progesterona se correlacionan estrechamente con el crecimiento, mantenimiento y regresión del cuerpo amarillo.

La mayor parte de los períodos estrales pueden detectarse por observación cuidadosa de las vacas cuando menos dos veces al día (10).

#### **4.1.2 FOLICULOGÉNESIS, MADURACIÓN DEL ÓVULO Y OVULACIÓN:**

El ovario realiza dos funciones principales: a) producción cíclica de óvulos fecundables y b) producción de una proporción balanceada de hormonas esteroides que mantienen el desarrollo del aparato reproductor, facilitan la migración del embrión incipiente y aseguran su implantación y desarrollo exitosos en el útero. El folículo es el compartimiento ovárico que permite al ovario cumplir su doble función de gametogénesis y esteroidogénesis (10).

##### **4.1.2.1 Foliculogénesis:**

De la reserva de folículos primordiales, formados durante la vida fetal o poco después del nacimiento, algunos comienzan a crecer para no dejar de hacerlo durante toda la vida o cuando menos hasta que dicha reserva se agota. Este crecimiento es consecuencia de cambios en la forma de las células foliculares de planas a cuboidales. Cuando algún folículo sale de esta

reserva, sigue creciendo hasta la ovulación o hasta que degenera como ocurre en la mayor parte de los folículos. El folículo de mayor tamaño se encarga de casi toda la secreción de estrógeno por el ovario durante el estro; dicha secreción disminuye con rapidez hacia el momento del pico de hormona luteinizante.

La vaca ovula de un solo folículo, el cual puede identificarse por sus dimensiones unos tres días antes del inicio del estro, cuando hay uno o dos folículos grandes en los ovarios (10).

#### **4.1.2.2 Crecimiento Folicular:**

El crecimiento y la maduración folicular representan una sucesión de transformaciones subseculares y moleculares de diversos componentes del folículo como del oocito, granulosa y teca regidas por varios factores intraováricos e intrafoliculares y señales hormonales que conducen a la secreción de andrógenos y estrógenos.

En el crecimiento folicular intervienen la proliferación y la diferenciación inducidas por las hormonas de células de teca y de la granulosa, lo que en última instancia causa un incremento en la capacidad de los folículos de producir estradiol y de reaccionar a las gonadotropinas. La producción de estradiol determina cual folículo adquirirá los receptores de LH necesarios para la ovulación y la luteinización. Las perturbaciones en la reactividad de granulosa y teca a las señales gonadotropínicas, que estimulan y mantienen velocidades máximas de biosíntesis de estrógenos y andrógenos, interrumpen el crecimiento folicular e inician la atresia (10).

#### **4.1.2.3 Reclutamiento y selección de folículos ováricos:**

El folículo ovárico es una unidad fisiológica equilibrada cuyo funcionamiento y estructura dependen no sólo de factores extracelulares como las gonadotropinas, sino también de un complejo sistema de relaciones intrafoliculares.

#### **4.1.2.4 Líquido folicular:**

Se origina principalmente en el plasma periférico por trasudación a través de la lámina basal folicular y se acumula en el antro formado por la coalescencia de pequeños sacos con líquido. Es importante en los aspectos fisiológicos, bioquímicos y metabólicos de la maduración nuclear y citoplásmica del oocito, en la liberación del óvulo a partir del folículo roto y en la hiperactivación de espermatozoides (10).

#### **4.1.2.5 Endocrinología del crecimiento folicular y la ovulación:**

El crecimiento, maduración, ovulación y luteinización del folículo de Graaf dependen de patrones apropiados de secreción, concentraciones suficientes y proporciones adecuadas de FSH y LH en el suero. Entre las hormonas participantes se incluyen esteroides, prostaglandinas y glucoproteínas, todos secretados por las células B del lóbulo anterior de la hipófisis.

La FSH tiene una participación importante en el inicio de la formación del antro. Esta gonadotropina estimula la mitosis de las células de la granulosa y la formación del líquido folicular. El estradiol favorece el efecto mitótico de la FSH, la cual estimula las células de la granulosa a través de receptores de membrana cuyo número por célula permanece constante durante el crecimiento folicular. Además, la hormona folículo estimulante induce la sensibilidad de las células de la granulosa hacia la hormona luteinizante al incrementar el número de receptores para esta última (10).

#### **4.1.2.6 Esteroidogénesis:**

La actividad esteroidógena del folículo también depende de la acción de FSH y LH sobre las células de la granulosa y de la teca respectivamente. El principal esteroide secretado suele ser el 17- $\beta$ -estradiol. Sin embargo, también se producen progestinas y andrógenos.

#### **4.1.2.7 Crecimiento folicular durante las fases folicular y de cuerpo amarillo:**

Durante la parte del ciclo estral llamada fase de cuerpo amarillo, están presentes cuerpos amarillos activos. En los ovarios al parecer la fase folicular es corta de cuatro a cinco días en las vacas. Sin embargo, la presencia de folículos antrales durante toda la fase de cuerpo amarillo sugiere que la duración real de la fase folicular es mayor de dos a cinco días, si por fase folicular se entiende el período que va desde la formación del folículo antral a la ovulación. Por lo tanto la fase de cuerpo amarillo se superpone parcialmente a la fase folicular verdadera, oscureciendo la relación entre las concentraciones plasmáticas basales de FSH y LH y el crecimiento folicular (10).

#### **4.1.2.8 Atresia folicular:**

Los folículos ováricos experimentan cambios degenerativos durante los cuales pierden su integridad. La mayor parte de los oocitos se pierde en fases variables de su crecimiento, así como en todas las etapas del ciclo ovárico. Esta pérdida ocurre más a menudo en las etapas avanzadas del crecimiento folicular.

La atresia se relaciona con diversos cambios morfológicos, bioquímicos e histológicos que varían mucho con la etapa del crecimiento folicular y con la especie animal. Dichos cambios pueden a su vez estar relacionados con disfunción de células de la granulosa y con trastornos en el paso de sustancias nutritivas del plasma hacia los folículos. La degeneración se acompaña de pérdida del oocito, células de la granulosa y receptores por varias hormonas, lo que deja las células de la teca, que son células glandulares intersticiales ováricas, con las características de tejidos esteroidógenos (10).

#### **4.1.2.9 Factores que influyen en la atresia:**

Varios factores regulan la atresia folicular: edad, fase del ciclo reproductivo, preñez, lactación, equilibrio entre estrógenos y andrógenos de origen extra ovárico e intraovárico, un programa genético, nutrición e isquemia. Varios procesos y mecanismos de la atresia dependen de la etapa del crecimiento folicular; los diferentes tratamientos hormonales influyen en la velocidad con que los folículos se hacen atrésicos. La capacidad de un folículo en desarrollo de liberar altas concentraciones de estrógenos, que estimulan el crecimiento y la diferenciación celular de la granulosa, es fundamental en la selección de un folículo para que madure y ovule. La interrupción de la producción de estrógeno en cualquier paso causa atresia de los folículos.

El efecto del cuerpo amarillo sobre el folículo ovárico es determinado por el tipo de folículo y la etapa de gestación. El decremento en el diámetro del folículo más grande y la acumulación de los folículos de tamaño intermedio se deben al efecto del cuerpo amarillo de reducir la rapidez de crecimiento y atresia foliculares (10).

#### **4.1.2.10 Ovulación:**

Los folículos preovulatorios experimentan tres cambios principales durante el proceso ovulatorio: a) maduración citoplásmica y nuclear del oocito, b) pérdida de la cohesividad de las células del montículo ovárico entre las células de la capa granulosa y c) adelgazamiento y rotura de la pared folicular externa. Después de la oleada ovulatoria de gonadotropinas, el flujo hemático aumenta hacia todas las clases de folículos. Sin embargo, el folículo destinado a ovular no solo recibe el mayor volumen de sangre en términos absolutos (ml/min), sino también tiene capilares más permeables que los de otros folículos (10).

#### **4.1.2.11 Sitio de ovulación:**

En vacas la ovulación ocurre al azar respecto al ovario que contiene el cuerpo amarillo previo (10).

#### **4.1.2.12 Fenómenos celulares:**

Varias capas de tejido separan al oocito del exterior del folículo: epitelio superficial, túnica albugínea, teca externa, membrana basal y membrana granulosa. Antes de la ovulación, todas las capas tisulares se desintegran. Además, el incremento necesario en la elasticidad folicular durante el crecimiento preovulatorio se asocia a cambios en las relaciones entre células de la granulosa y de la teca. Tales cambios son también un prerrequisito para la mayor organización del cuerpo amarillo.

Cuando el folículo en crecimiento comienza a hacer protrusión en la superficie ovárica, su vascularidad superficial aumenta excepto en el centro, que parece privado de vasos sanguíneos. Esta zona avascular es el futuro punto de rotura (10).

#### **4.1.2.13 Mecanismos de la ovulación:**

La ovulación ocurre en respuesta a una combinación de mecanismos y factores fisiológicos, bioquímicos biofísicos entre los que se incluyen: a) procesos neuroendocrinos y endocrinos, esteroides y prostaglandinas, b) procesos neurobioquímicos y farmacológicos, c) mecanismos neuromusculares y neurovasculares, así como interacciones enzimáticas (10).

#### **4.1.2.14 Mecanismos bioquímicos de la ovulación:**

La oleada preovulatoria de gonadotropina inicialmente induce un incremento inmediato y temporal en las concentraciones de esteroides debido a un aumento en la secreción de progesterona y progestinas relacionadas. Más tarde, la secreción de estradiol y  $\text{PGF}_{2\alpha}$  también aumenta. La inhibición de la síntesis de prostaglandinas o de esteroides, impide la ovulación. De este modo, la oleada de gonadotropina induce la ovulación por una cascada de cambios bioquímicos (10).

#### **4.1.3 REGULACIÓN ENDOCRINA:**

El ciclo estral está regulado por mecanismos endocrinos y neuroendocrinos, a saber, hormonas hipotalámicas, gonadotropinas y esteroides secretadas por los ovarios.

La regulación de la secreción de gonadotropina durante el ciclo estral requiere un delicado equilibrio entre interacciones hormonales complejas. Un componente que se sabe influye de manera importante es la hormona liberadora de hormona luteinizante (LHRH). Los cambios en estas velocidades de síntesis y liberación de LHRH, así como la rapidez de degradación de dicha hormona, son factores adicionales que modifican su efecto en la liberación de gonadotropinas.

A nivel del ovario, el período estral se caracteriza por secreción elevada de estrógenos a partir de folículos de Graaf preovulatorios. Los estrógenos estimulan el crecimiento uterino por un mecanismo en el que participan la interacción de la hormona con receptores y el incremento en procesos sintéticos dentro de las células. Los estrógenos también estimulan la producción de prostaglandinas por el útero. Por otro lado, la indometacina ejerce un efecto inhibitor sobre la producción de prostaglandinas por el útero y otros tejidos e impide la formación de productos enzimáticos, lo cual influye en diversos procesos reproductivos (10).

Al final del estro ocurre la ovulación seguida de la formación del cuerpo amarillo, lo cual propicia la secreción de progesterona. El cuerpo amarillo está constituido por dos tipos distintos de células esteroideas, que contribuyen significativamente a la secreción total de progesterona durante la fase de cuerpo amarillo del ciclo estral. Las células luteínicas pequeñas secretan poca progesterona a menos que sean estimuladas por LH, mientras que las grandes la secretan espontáneamente en grandes cantidades. El cuerpo amarillo de la preñez es resistente al efecto luteolítico de la prostaglandina F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>).

La PGF<sub>2α</sub> es la hormona luteolítica uterina en varias especies de mamíferos. La PGF<sub>2α</sub> uterina controla la duración del cuerpo amarillo, que a su vez regula la duración del ciclo. Si la hembra es preñada debe anularse la influencia luteolítica del útero, ya que la progesterona secretada por el cuerpo lúteo es necesaria para el mantenimiento de la preñez.

El período de actividad del cuerpo amarillo se llama **fase de cuerpo amarillo** que dura de 16 a 17 días en las vacas. La **fase folicular** que va de la regresión del cuerpo lúteo a la ovulación es de 3 a 6 días. Esta fase folicular no refleja la duración real del crecimiento de los folículos de Graaf. Así la duración del ciclo estral se relaciona estrechamente con la duración de la fase de cuerpo amarillo. La regresión del cuerpo lúteo no es causada por un decremento en la secreción de hormonas luteotrópicas hipofisarias (LH y prolactina), sino por la acción de un factor luteolítico, prostaglandina F<sub>2α</sub> (10).

## 4.2 PUERPERIO

El puerperio es un proceso fisiológico de modificaciones que ocurren en el útero en la fase inmediata después del parto, cuando este órgano se recupera de las transformaciones sufridas durante la gestación y debe prepararse para una nueva gestación.

Se considera la finalización del puerperio, al primer estro posparto en el que se puede restablecer la gestación. Para ello la involución anatómica e histológica uterina debe haberse

completado y el eje hipotálamo - hipófisis - gonadal debe funcionar normalmente para permitir el estro, la ovulación, concepción, implantación, formación y persistencia del cuerpo lúteo de gestación y preñez a término. Este concepto tan amplio hay que tenerlo presente cuando se pretende diagnosticar, tratar o determinar la eficacia de tratamientos en el útero (17).

En el desarrollo del puerperio fisiológico se identifican dos grandes fases:

#### **4.2.1 Primera fase uterina o secundinación.**

Esta primera fase uterina posparto de secundinación (alumbramientos o decíduación), se puede considerar desde el punto de vista embriológico una vez que ha concluido, como la finalización verdadera del parto.

En la hembra bovina debido a que su placenta cotiledonaria requiere un esfuerzo expulsivo superior, la decíduación sucede normalmente durante algunas horas; por eso es difícil distinguir al principio, con exactitud, la eliminación placentaria fisiológica de la llamada retención de membranas fetales.

#### **4.2.2 Puerperio propiamente dicho (segunda fase de involución uterina pospartal):**

Se caracteriza por el regreso del útero a su condición normal pregestacional y su aptitud para una nueva preñez, esto ocurre por eliminación, disolución y reabsorción decidual que determina evidentemente disminución del volumen del órgano. Se divide en tres subfases:

**4.2.2.1 Puerperio temprano:** A partir de la eliminación de las secundinas hasta el día noveno, la regresión uterina está concluida, las barreras defensivas se han completado.

**4.2.2.2 Puerperio clínico:** Llega hasta el día 21 postparto, el útero involuciona hasta aproximadamente el tamaño del órgano no grávido.

**4.2.2.3 Puerperio total:** Ocurre a las seis semanas posparto, donde las modificaciones del endometrio causadas por la gestación ya no existen, se ha concluido la regeneración histológica completa (17).

#### **4.2.3 Modificaciones que suceden durante el puerperio:**

1. Restablecimiento de la forma del cérvix.
2. Disminuyen la luz y el volumen uterino.
3. Involución caruncular y reparación endometrial.

4. Ciclo de eliminación de los loquios.
5. Flora bacteriana, infección uterina y mecanismos de defensa (17).

#### **4.2.4 Reinicio de la ciclicidad:**

Después del parto, el eje hipotálamo-hipofisario reanuda la secreción normal de FSH. Una a dos semanas después del parto, las concentraciones de FSH aumentan durante 2 a 3 días. Esto inicia la aparición de la primera onda folicular postparto y la selección del primer folículo dominante, éste puede:

- Ovular y desarrollar un cuerpo lúteo.
- Atresarse, seguida de una segunda onda folicular 2 a 3 días más tarde.
- Transformarse en quístico, lo que retrasa la ovulación y suprime la aparición de la segunda onda durante un período variable.

La primera ovulación raras veces va acompañada de la expresión concomitante de celo, y la duración del primer ciclo suele ser corta (8 a 12 días). La regresión precoz del cuerpo lúteo puede deberse a la liberación prematura de PGF $2\alpha$ , que a su vez es el resultado de la falta anterior de progesterona entre el parto y la primera ovulación.

El intervalo desde el parto hasta la primera ovulación es afectado por la condición corporal (CC) antes y después del parto (17).

#### **4.2.5 Pautas para el control puerperal**

- ❖ **Cérvix:** forma, tamaño y ubicación.
- ❖ **Cuernos uterinos:** disminución del volumen, consistencia, tono, contractibilidad, fluctuación, estrías longitudinales.
- ❖ **Ovarios:** tamaño y estructuras cíclicas o no cíclicas.
- ❖ **Vulva:** forma, edematización, lesiones, descargas.

Esta evaluación es siempre secundaria a determinar el estado corporal de la vaca. La evaluación se hace por palpación rectal. Es muy importante en la evaluación de los ovarios la utilización de ecografía para definir correctamente el tamaño de los ovarios y las estructuras presentes (17).

#### **4.2.6 Funcionamiento ovárico en el puerperio:**

El intervalo desde el parto hasta la primera ovulación presenta considerable variabilidad. Las vacas multíparas ovulan antes que las primíparas. La lactación y el nivel nutricional demoran la primera ovulación postparto en vacas de engorde. La incidencia de la

primera ovulación postparto sin comportamiento estrual es relativamente elevada. De este modo, es posible que el primer estro no refleje el reinicio de los ciclos ováricos. En vacas lecheras, por lo general el primer estro posparto se observa hacia los 35 días posteriores al parto. La tasa de concepción es menor en dicho estro que en períodos estruales subsecuentes. Las vacas lecheras reciben servicio a los 50 días posparto y deben concebir hacia los 80 días para mantener un intervalo de 12 meses entre partos (10).

### 4.3 ESTRÉS CALÓRICO

El estrés por calor aparece cuando la capacidad de la vaca para perder calor es menor al calor que está ganando. El balance final de calor es el resultado entre el calor interno generado por el metabolismo y el resultante de la temperatura exterior, humedad, movimiento del aire y radiación solar (13).

El estrés calórico reduce la tasa de concepción y la eficiencia de la detección del celo, afectando numerosos parámetros fisiológicos en la vaca. La depresión estacional de la eficiencia reproductiva en la vaca es principalmente resultado de la elevada temperatura ambiental durante el verano. Otros factores contribuyen a la variación estacional en la eficiencia reproductiva, pero el **calor** y la **elevada humedad** son las preocupaciones primarias. Una disminución estacional en el desempeño reproductivo es un problema serio y tangible para lecherías localizadas en áreas templadas, subtropicales y tropicales (18).

El estrés tiene dos componentes

- a) El agente estresor, el ambiente.
- b) Los cambios fisiológicos del animal para adaptarse.

#### 4.3.1 Efectos:

Los efectos sobre el animal pueden ser de dos tipos:

1. Directos: Son las alteraciones del metabolismo para acomodarse al incremento de calor.
2. Indirectos: Cuando ocurre alteración de la calidad y cantidad del alimento así como en la población de microorganismos causantes de enfermedad.

Entre los factores que influyen el grado de afección por estrés calórico se pueden mencionar:

- 4 Raza
- 4 Estado fisiológico
- 4 Nivel de producción láctea
- 4 Edad
- 4 Color de la piel
- 4 Exposición al ambiente
- 4 Variación propia de los animales

Es conocido que los animales *Bos indicus* son más resistentes que los *Bos taurus* al estrés calórico, esto es debido a las características de adaptación al clima y a la escasez de alimento aprovechando las ventajas de la termorregulación para ambas situaciones, pero en su lugar han sacrificado las características productivas y reproductivas (9).

#### **4.3.2 Respuestas fisiológicas de los bovinos al estrés por calor:**

La termorregulación es el proceso por medio del cual un animal mantiene su temperatura corporal, a través de la ganancia o pérdida de calor de su propio metabolismo o su ambiente.

El calor metabólico incluye el producido para mantenimiento más los incrementos por ejercicio, crecimiento, gestación y digestión. Las altas tasas de estas actividades darán como resultado una ganancia en la producción de calor. En adición a esta se puede ganar calor ambiental directa o indirectamente por los procesos de conducción o convección, estos dos últimos se llevan a cabo si la temperatura ambiente es más alta que la temperatura de la piel o si el animal está en contacto con una superficie más caliente.

Las pérdidas de calor ocurren a través de la eliminación en productos del metabolismo (heces, orina, sudor, leche) y factores del ambiente como radiación, convección y evaporación.

Estos tres fenómenos requieren de un gradiente térmico, por lo tanto cuando la temperatura ambiente efectiva se aproxima a la temperatura corporal, la evaporación se convierte en la única forma disponible de pérdida de calor, afortunadamente la humedad relativa desciende si la temperatura aumenta debido a la expansión del aire.

La radiación es una importante forma de eliminación calórica si los alrededores tienen una temperatura menor a la del animal, esto es de mayor importancia en la noche (9).

La humedad relativa alta en el ambiente, ya sea en la intemperie o bajo alojamiento en los animales criados en el trópico húmedo puede ser la causa de estrés por calor. Esto es un

problema debido a que la termorregulación se limita porque el animal no puede eliminar el calor a través de la eliminación de sudor ya que el ambiente no puede tomar esa humedad (9).

La temperatura corporal usualmente es mantenida por el sistema termorregulador con variaciones de 1º centígrado bajo condiciones normales. Si la temperatura ambiente se incrementa, la temperatura corporal también se eleva y por consiguiente se inicia el proceso de estrés calórico. Un indicador práctico de evaluación, es la temperatura rectal, el incremento de esta indica que el animal ya está perdiendo la capacidad termorreguladora (9).

En resumen el efecto del estrés calórico es incrementar la pérdida de calor por evaporación y descenso en la producción metabólica de calor.

Los rumiantes no sudan tan intensamente como los humanos o caballos y dependen más de pérdida de calor en la respiración. Esto tiene un efecto negativo en la producción animal, pues si se incrementa la tasa respiratoria se necesita una reducción en la ingestión de alimentos y rumia. Adicional al incremento en la tasa respiratoria, los rumiantes almacenan el calor y ellos son incapaces de disiparlo satisfactoriamente. Esto sucede en animales que no están bajo sombra acumulándolo durante el día y disipándolo en la noche. Se ha calculado que en un animal de 500 kg. el aumento de la temperatura corporal en un 1º centígrado representa alrededor de 410 kcal. de calor almacenado para disipar. El efecto negativo de este fenómeno es sobre el metabolismo pues el animal tiende a reducir su propio calor metabólico para acomodarse a la carga extra de calor exógeno (9).

#### **4.3.3 Respuestas hormonales de los bovinos al estrés por calor:**

El estrés térmico altera el metabolismo de los bovinos lo cual requiere cambios en el sistema endocrino para regularlo.

Los mecanismos endocrinos asociados con la adaptación al estrés por calor son:

- 4 Hormona antidiurética (ADH)
- 4 Hormona del crecimiento (STH)
- 4 Tiroxina
- 4 Catecolaminas
- 4 Glucocorticoides
- 4 Aldosterona

El estrés calórico da como resultado un descenso de la tasa metabólica, reflejándose ésta en una baja de las concentraciones plasmáticas de STH, tiroxina y glucocorticoides, pero no de insulina (9).

#### **4.3.3.1 Hormona antidiurética:**

Las concentraciones de esta hormona están íntimamente relacionadas con las necesidades de conservar agua y la ingestión de agua para compensar las pérdidas respiratorias y cutáneas. El incremento en la excreción de agua requiere un incremento asociado en el balance electrolítico de sodio y potasio para movilizar el agua a través de los fluidos corporales a las superficies de evaporación. Esta hormona es más importante en los bovinos que en los monogástricos debido a que en los bovinos difiere en cuanto a la localización de sodio y potasio durante esta alteración (9).

Los bovinos producen sudor que es alto en potasio y bajo en sodio, esto está relacionado con el hecho de que las dietas de los rumiantes típicamente contienen más potasio y acorde a lo que impone el estrés calórico los rumiantes necesitan conservar el potasio (9).

El incremento en la sudoración y pérdida de agua por evaporación en la respiración se refleja en un incremento de la concentración de ADH plasmática ya que durante el período de intensa sudoración la pérdida excesiva de potasio a nivel cutáneo requiere un aumento compensatorio en la excreción de sodio por el riñón. Esto provoca un descenso de aldosterona sanguínea y se incrementa la movilización de sodio y potasio. El mayor cambio de estos perfiles hormonales se observa durante la fase aguda de esta alteración y es razonable si se considera que el agua perdida por evaporación es la ruta principal de intercambio calórico con el ambiente cuando la temperatura ambiental se aproxima a la corporal (9).

#### **4.3.3.2 Prolactina:**

Las concentraciones de esta hormona se elevan durante el estrés calórico aunque su papel no está completamente definido, sí se sabe del papel como hormona metabólica en la regulación de fluidos y electrolitos. El aumento dietético de potasio y la administración de STH reducen marcadamente las concentraciones plasmáticas de prolactina en animales con esta alteración (9).

#### **4.3.3.3 Tiroxina:**

El estrés calórico está asociado con la reducción en la actividad tiroidea y se conoce que el hipotiroidismo produce reducción en la motilidad intestinal. Se ha encontrado que la provisión

dietética de tiroproteína en animales con tiroides dañada favorece la tasa de pasaje de ingesta. Lo anterior sugiere una asociación entre motilidad intestinal reducida y tasa de pasaje por influencia hormonal tiroidea. La aplicación de STH también reduce la concentración de estas hormonas, tal vez debido a un mecanismo de retroalimentación negativa para no incrementar la producción de calor (9).

#### **4.3.3.4 Hormona del crecimiento:**

Las concentraciones plasmáticas de esta hormona descienden moderadamente durante el estrés calórico y como no posee la actividad catalítica de la tiroxina ha sido usada para restablecer o aliviar la baja en la producción y contenido de materia grasa láctea en animales con estrés calórico moderado. Esta hormona mejora la eficiencia en la utilización de los substratos alimenticios probablemente debido a la homeorrexis. Esta hormona ha tenido mucho auge en los últimos años por su uso para incrementar la producción de leche, pero se ha cuestionado el papel de ésta en agravar el estrés calórico, algunos han encontrado que no ejerce efecto significativo y otros sí, pero se recomienda que los animales bajo este tratamiento sean manejados en tal forma que evite la exposición severa al estrés calórico pues se cree que estos animales son menos capaces de compensar los desajustes (9).

#### **4.3.3.5 Aldosterona:**

Esta hormona esteroide producida por la corteza adrenal provoca resorción renal de sodio y de manera concomitante aumento del flujo sanguíneo a este órgano. Durante el estrés agudo se incrementa su concentración y desciende si el proceso se cronifica, todo esto como reflejo en la necesidad de incrementar la eliminación de sodio (9).

#### **4.3.3.6 Glucocorticoides:**

Las concentraciones de estos esteroides se encuentran elevadas durante el estrés agudo pero no durante el crónico. Las razones de esto pueden deberse a la alteración del metabolismo de estas glándulas y se propone que en este último caso se encuentra bloqueada la transformación de progesterona a cortisol, ya que las concentraciones de la primera se encuentran incrementadas (9).

#### **4.3.3.7 Catecolaminas:**

Las concentraciones de adrenalina y noradrenalina se encuentran elevadas tanto en la fase aguda como la crónica de este proceso, este incremento puede estar relacionado con la actividad

exacerbada de las glándulas sudoríparas, pues en los bovinos no están inervadas directamente pero están bajo estímulo adrenérgico (9).

#### **4.3.3.8 Prostaglandinas:**

Se ha visto que están involucradas en el mecanismo de neurotransmisión a nivel central en el centro de termorregulación, mayormente en terneros.

Colectivamente estas modificaciones indican que el descenso del metabolismo energético es la principal adaptación al estrés calórico crónico. Así mismo el incremento en el metabolismo hídrico y electrolítico están asociados a las adaptaciones para el enfriamiento por evaporación requerido por la alta temperatura ambiental (9).

#### **4.3.4 Efectos sobre los requerimientos de nutrientes:**

La disponibilidad de fuentes de agua y alimento en ambientes cálidos ejercen influencia sobre la temperatura corporal a través de las interacciones del metabolismo energético e hídrico (9).

El mayor efecto del estrés calórico en rumiantes se relaciona con las estrategias de compensación que ayudan al mantenimiento de la temperatura corporal. Desgraciadamente estas respuestas fisiológicas, generalmente no optimizan las funciones productivas y alteran los requerimientos nutricionales de los animales. El conocimiento de estos fenómenos debe servir de base para mejorar las prácticas de manejo.

Las áreas principales a considerar son:

- a) Consumo de alimento
- b) Digestión
- c) Absorción de nutrientes
- d) Alteración del metabolismo de nutrientes específicos (9)

##### **4.3.4.1 Consumo de alimento:**

La ingestión de alimento por el animal está relacionada directamente con todos los aspectos del metabolismo energético que se relacionan con la liberación del calor para las actividades de mantenimiento y producción. Los cambios en la cantidad y calidad de la comida alteran la intensidad de la producción del calor (9).

Es ampliamente aceptado que la reducción de la ingestión voluntaria de alimento en los períodos en que la temperatura ambiente se aproxima o supera el nivel más alto de tolerancia por los animales, es el que ejerce mayor influencia negativa en la productividad. Sin embargo no hay que olvidar que otros factores climáticos tales como la velocidad del viento, humedad relativa y radiación solar también afectan directamente la homeotermia bajo condiciones naturales y probablemente están interrelacionados con la temperatura ambiente para afectar el consumo. La temperatura ambiente a la cual el consumo de alimento empieza a declinar está influenciado también por la composición de la dieta. La reducción en la ingestión de alimento es principalmente debido a la reducción en el consumo de materia seca. El consumo de alimento de buena calidad favorece la tasa metabólica e incrementa los requerimientos de agua para el metabolismo intermediario y termorregulación y por otro lado la ingestión de forraje fibroso reduce el consumo y la tasa metabólica energética e hídrica pero el incremento de calor producido por su digestión incrementa la temperatura corporal y al reducir la ingestión de materia seca, se intenta reducir el calor generado por la digestión ruminal y de esta manera ayudar al metabolismo corporal a mantener el balance calórico. Adicionalmente la tasa elevada de respiración y la ingestión de agua resultantes de la elevada temperatura ambiental, conduce a una concomitante reducción de la motilidad intestinal y rumia, debido al efecto físico de la repleción intestinal. Las concentraciones ruminales disminuyen cuando la temperatura ambiente se incrementa (9).

La reducción en la ingestión de alimentos puede producir deficiencias de elementos esenciales y energía neta, esta consecuencia es nociva particularmente en rumiantes de pastoreo a menos que se den suplementos que provean los requerimientos de éstos. Por esta razón se sospecha que éstos son más afectados que los explotados en forma intensiva.

Se ha encontrado que al administrar STH en animales con estrés calórico la ingestión de materia seca no varía, pero la condición corporal se ve afectada.

Otro efecto negativo directo puede ser debido a que la excesiva temperatura afecta el centro del apetito en el hipotálamo y disminuya el consumo al reducir el pasaje de la ingesta a través del rúmen, debido a que estas actividades pueden ser alteradas por los efectos de la hipófisis sobre el metabolismo basal por mecanismos endocrinos vía STH y tiroxina (9).

#### **4.3.4.2 Digestión:**

La digestión es la segunda función de adquisición de alimento y el estrés térmico afecta la dinámica de la actividad digestiva y los factores endocrinos que la influyen.

El clima cálido tiene efectos sobre la calidad de las plantas, consumo y también la digestibilidad del alimento ingerido. Clásicamente se conjetura que una variedad de factores

afectan la digestibilidad por ejemplo: Consumo voluntario, calidad de alimento, composición nutricional, tasa de pasaje y volumen de los compartimientos estomacales. Todos a su vez son influenciados por la temperatura. Por lo tanto, el consumo reducido y la pobre calidad del alimento reducen la digestibilidad. Se ha reportado que el estrés calórico puede alterar la digestibilidad, ya sea por el tránsito lento o por la disminución en la tasa de pasaje. En general las tasas de pasaje de la ingesta son lentas y el tiempo promedio de retención ruminal es mayor, ayudado por el gran volumen ruminal, esto permite mayor tiempo de permanencia lo que potencializa la digestión del alimento, resultando de todos modos en menor disponibilidad de nutrientes (9).

#### **4.3.4.3 Absorción de nutrientes:**

Este es el siguiente paso crítico en el tránsito de nutrientes por el tracto digestivo, el ingreso de los elementos nutritivos al torrente sanguíneo para su aprovechamiento. Una de las adaptaciones importantes durante el estrés calórico, es la vasodilatación e incremento del flujo sanguíneo como acomodamiento a la evaporación y convección; la pérdida de calor con la consiguiente reducción de la irrigación sanguínea a los órganos internos tales como el aparato reproductivo y compartimientos estomacales (9).

#### **4.3.5 Alteración del metabolismo de nutrientes específicos**

##### **4.3.5.1 Metabolismo energético:**

En bovinos de pastoreo la mayor parte de la disponibilidad de energía metabolizable está en los ácidos grasos volátiles productos de la fermentación ruminal. El estrés calórico reduce la producción de éstos debido a la poca ingestión de alimentos. Aunque la digestibilidad tanto de la energía dietética como de la fibra se favorece en un ambiente cálido, la eficiencia en la utilización de la energía se reduce; esto es debido al metabolismo corporal incrementado, a la actividad para contrarrestar el efecto de la retención de calor y a la reducción en la ingestión de alimento. Se ha encontrado que el jadeo incrementa los requerimientos de energía entre 7 y 28 % dependiendo de la intensidad (9).

##### **4.3.5.2 Balance hídrico:**

El agua es indudablemente uno de los elementos más importantes para los animales bajo estrés calórico por lo que necesita incrementar la ingestión de agua para compensar las pérdidas por evaporación. Un indicador de que el animal ha perdido la capacidad de compensar el

exceso de calor es el incremento en la temperatura rectal por lo que necesita incrementar la ingestión de agua para compensar las pérdidas por evaporación.

Los requerimientos de este elemento para los animales son aportados por:

- 4 El agua metabólica producto de la oxidación tisular de los sustratos orgánicos
- 4 El agua contenida en el alimento ingerido
- 4 El agua ingerida

Esta última es cuantitativamente más significativa para reunir las necesidades de los animales afectados. El incremento en consumo de agua es la principal respuesta al estrés calórico y ésta ejerce efectos en la comodidad del animal debido al enfriamiento del rumen y retículo, y sirve como vehículo primario para el transporte de calor y disipación a través de la sudoración y jadeo. Se ha demostrado que la ingestión de agua puede aumentar en un 29 % y la pérdida fecal se reduce en un 33 %. La pérdida en orina, piel y respiración se incrementa entre un 15 y 59 % y en las hembras en producción es mayor.

La privación conjunta de agua y alimento, como podría suceder durante la época seca en nuestro medio, tiene serias implicaciones sobre la actividad de la microflora ruminal, se ha visto que bajo estas situaciones la capacidad fermentativa se reduce en un 75 % y puede tardar en recuperarse 5 días. (9).

#### **4.3.5.3 Minerales:**

Desde que el animal reduce la ingestión voluntaria, durante el estrés calórico es lógico que la ingestión mineral sea menos que óptima, también las necesidades de los macro elementos se incrementan. Es importante puntualizar el efecto sobre las necesidades de potasio y sodio; se ha determinado que las pérdidas son mayores en el potasio, pero cuando el estrés es excesivo también hay pérdida de magnesio, calcio y cloro, pero no de fósforo. Hay una correlación significativa de estas pérdidas con la transpiración y la capacidad termorreguladora de los animales se ve altamente dañada por la deficiencia de éstos.

Los efectos directos del estrés calórico sobre los elementos minerales en animales en pastoreo no han sido caracterizados, sin embargo muchos ingredientes de la dieta son relativamente bajos en sodio y se necesita suplementarlos para corregir las deficiencias. Además la deficiencia de estos elementos reduce la producción de leche.

El descenso de potasio reduce la liberación de aldosterona para no seguir perdiéndolo en la orina y se incrementa la excreción de sodio, esto es consistente con el criterio de aportar estos dos elementos en el período crítico (9).

#### **4.3.5.4 Alteración del equilibrio ácido-base:**

Las consecuencias de este problema producen un efecto sobre la digestión por el descenso del bicarbonato en la saliva disponible para amortiguar el pH ruminal. A nivel sanguíneo se incrementa el pH y desciende la presión parcial de dióxido de carbono y bicarbonato revelando que se induce una alcalosis metabólica. Pero en general los animales se adaptan bien a los agentes estresantes (9).

#### **4.3.5.5 Metabolismo protéico:**

El ganado bajo estrés frecuentemente sufre de balance nitrogenado negativo porque se ha reducido la ingestión de alimento y como consecuencia hay menos proteína para las funciones productivas.

De manera conjunta la deficiencia de agua se complica pues los desechos nitrogenados tienen que eliminarse junto con agua, y también se altera el balance electrolítico (9).

### **4.4 RELACION FISIOLÓGICA ENTRE TENSIÓN AMBIENTAL Y REPRODUCCIÓN**

La mayoría de los investigadores creen que la tensión en general ejerce su influencia a través del sistema endocrino (Figura 1). El mecanismo aún está en debate, pero se ha dado considerable atención al papel de las hormonas de la corteza suprarrenal. Se sabe que la tensión provoca la liberación de ACTH de la hipófisis anterior, la cual, a su vez, estimula la liberación de cortisol y otros glucocorticoides. Los glucocorticoides inhiben la liberación de cortisol y otros glucocorticoides. Los glucocorticoides inhiben la liberación de LH, por lo tanto, en un animal que está en tensión en un período crítico del ciclo estral (al final del proestro o en el estro) habrá una suspensión de LH inducida por los glucocorticoides, lo cual es probable que retrase o evite la ovulación y puede reducir la libido en los machos (4).

La tensión calórica provoca liberación de ACTH y de glucocorticoides. A medida que el animal se adapta a las altas temperaturas, los glucocorticoides regresan a sus niveles previos a la tensión; pero esto requiere de varios días. Por lo tanto, al iniciarse la tensión calórica, la respuesta reproductora es similar a la observada en otras formas de tensión. Además de este efecto sobre la glándula suprarrenal, la tensión calórica disminuye el apetito y reduce la actividad de la tiroides con la obvia reducción del índice metabólico. Hay poca adaptación a esto, pues el apetito reducido y los índices metabólicos bajos se observan durante todo el verano. La tensión calórica difiere de otras tensiones en este punto, puesto que otras tensiones tienen poco efecto o, por lo contrario, estimulan el apetito y la actividad tiroidea. Un apetito y una función tiroidea disminuidas

contribuyen a la presentación de estros más cortos y silenciosos y el nacimiento de crías más pequeñas (4).

También hay pruebas de que la tensión calórica tiene un efecto directo sobre la eficacia de la reproducción, además de su efecto a través del sistema endocrino. Parece ser que el aumento de la temperatura interna de una hembra puede producir daño en:

- 4 Los espermatozoides que están en la fase de capacitación en el aparato femenino
- 4 El ovocito después de la ovulación
- 4 El embrión durante las primeras divisiones
- 4 Los dos últimos casos a la vez

Estos efectos, combinados con los cambios endocrinos que ocurren durante la tensión calórica, son la causa de que ésta tenga efectos más pronunciados que otros tipos de tensión.

Para entender la variabilidad de la respuesta reproductora a la tensión se da a entender que los animales se adaptan a tensiones específicas. (Figura 1) Los animales que se mantienen en un ambiente frío se reproducirán en forma normal. Por otro lado, la adaptación a la tensión por frío puede hacerlos más susceptibles a otro tipo de tensiones. Si además de la tensión del frío se somete a una hembra en estro a viento y lluvia o se le transporta a un local diferente, se pueden disparar los mecanismos fisiológicos que impiden la reproducción. Muy a menudo, simples modificaciones en el manejo disminuirán las posibilidades de que haya tensión alrededor del momento del estro y de la inseminación (4).

## **4.5 TERMORREGULACIÓN**

El manejo para aliviar una tensión indeseable incluye el reconocimiento y la eliminación de la causa de tensión. Cualquiera que ésta sea, el período más crítico se extiende desde finales del proestro hasta el metaestro. En virtud de que es más predecible la reducción de la eficacia de la reproducción en casos de tensión calórica, y que puede haber problemas en la detección del estro en la concepción y en el crecimiento fetal, se necesita un conocimiento mayor de las respuestas del animal a la tensión calórica. Esto ayudará a que el encargado de los animales adopte prácticas para incrementar la eficacia de la reproducción durante el verano (4).

La termorregulación se define como la forma en que un animal mantiene su temperatura corporal (Figura 2), esto incluye un balance entre las ganancias de calor a partir del metabolismo y el medio ambiente, y también las pérdidas a partir de esas dos vías. Básicamente, el calor que se gana del metabolismo es el necesario para la vida, la producción y la reproducción. El hombre

ha limitado el control sobre la pérdida o la ganancia del calor a partir del metabolismo. Esto se regula dentro del animal, principalmente a través del hipotálamo y sistemas relacionados. Por lo tanto, el calor que se gane del medio ambiente debe balancearse con el calor que se pierda hacia el medio ambiente. Si la ganancia de calor a partir del medio ambiente es mayor que la pérdida, se elevará la temperatura. Además, ocurrirán ajustes fisiológicos para reducir la ganancia de calor a partir del metabolismo. Estos ajustes provocan una reducción de la productividad. La respuesta a la tensión y el incremento de la temperatura corporal también disminuirán las posibilidades de gestación con el incremento asociado de calor metabólico (Figura 2). Para lograr el máximo de la eficacia reproductiva durante el verano, se deben adoptar medidas que reduzcan la ganancia de calor, facilitar la pérdida de calor hacia el medio ambiente, o ambos factores (4).

#### **4.5.1 Factores que alteran el éxito de la reproducción durante el estrés calórico:**

En los climas tropicales y subtropicales, la tasa de concepción comienza a disminuir a partir de los 25 °C. La detección de celo también se ve alterada por una disminución en el tiempo del estro y en sus manifestaciones externas, trayendo como consecuencia una reducción en el número total de inseminaciones y la proporción de las mismas que resultan en preñez (Figura 11) (15).

#### **4.5.2 Alteraciones en la endocrinología de la reproducción y en la funcionalidad ovárica:**

Se ha encontrado que la fertilidad es más sensitiva al estrés calórico durante los 12 días anteriores al estro, especialmente en el día 2 antes del estro, el día después del estro y en los primeros 7 días postinseminación artificial. Los disturbios en la fase folicular pueden perjudicar el desarrollo folicular, la ovulación y la función subsiguiente del cuerpo lúteo. Se ha observado, que durante el estrés calórico se afectan las concentraciones basales, los picos máximos de producción y las amplitudes en el pulso de secreción de FSH y LH. También se ha observado que las vacas pueden clasificarse en dos grupos, con niveles altos o bajos de E2 y que en estas últimas son más afectados los niveles en la gonadotrofinas mencionadas. En este sentido, se ha sugerido que vacas con niveles plasmáticos altos de E2 tienen un folículo dominante, estrogénicamente activo tanto en la primera como en segunda ola de crecimiento folicular. En vacas con niveles bajos el folículo de la primera ola puede haberse vuelto atrésico y el de la segunda puede haber tenido un desarrollo pobre. El estrés de calor puede afectar la secreción de LH reduciendo la cantidad de factores liberadores de gonadotrofinas durante cada pulso, reduciendo consecuentemente la síntesis de gonadotrofinas y por lo tanto las reservas pituitarias

de estas hormonas. Esto deberá considerarse al aplicar GnRH exógenas a vacas con concentraciones plasmáticas bajas de E2 (15).

Otros estudios han determinado que el estrés de calor afecta las olas de crecimiento folicular. En la primera ola, la curva se ve alterada mediante el crecimiento de mayor número de folículos. Esto hace que la dominancia folicular se encuentre alterada durante esta ola por lo que se permite el crecimiento de más de un folículo grande, lo cual se ve reflejado en una reducción de folículos de tamaño mediano. Como consecuencia de esta alteración, se ve alterada la segunda ola de dominancia y preovulación folicular emergiendo más temprano. Lo anterior, debido a que no fueron alterados el tiempo del estro ni de la ovulación, presume la ovulación de folículos más viejos, lo cual, puede traer como consecuencia una reducción de la fertilidad.

Por otro lado se determinó que se alteraron las concentraciones de E2 e inhibina, los cuales juegan un papel importante en el desarrollo folicular al actuar como retroalimentadores en la secreción de FSH necesaria para el crecimiento folicular. Sin embargo, se hace mención que los niveles de inhibina no fueron estadísticamente diferentes por lo que este parámetro debe interpretarse con precaución (Figura 3) (15).

## **4.6 FERTILIDAD EN LA VIDA REPRODUCTIVA DE VACAS**

Se cuenta con numerosas formas de medir los grados de fertilidad, en cuanto a las diferentes fases del estado reproductivo tomando en cuenta manejo y edad (1).

### **4.6.1 Porcentaje de concepción en los primeros servicios:**

Se refiere a la efectividad de la primera inseminación en las vaquillas que van al primer servicio, tanto como a las vacas después de un parto y que se pretende que entren en gestación para el parto siguiente. Presenta la ventaja de basarse en una población que aún no ha sido seleccionada. Esto se debe a que las vacas estériles no inciden más de una vez en la medida. Por lo tanto, es útil para juzgar la fertilidad de lotes de 20 o más vacas que es lógico esperar que sean fértiles, lo cual se pone en duda cuando ha ocurrido más de un servicio sobre ellas (1).

### **4.6.2 Número de servicios por concepción:**

Es una medida muy usual para juzgar la fertilidad en hatos pequeños en los que se pueden identificar las vacas estériles con facilidad para que sean eliminadas rápidamente, pero hay interpretación caprichosa cuando incluye repetidas veces vacas que se inseminan, pero son parcial o totalmente estériles.

Hay dos posibilidades de confundir los datos: por la exclusión de vacas que han recibido varios servicios y no conciben, o por la inclusión de un número indefinido de servicios sobre ellas. La forma de dar mayor precisión a la medida es especificando que se tomen todos los servicios efectuados sobre una población hasta un máximo de 4, o en algunas ocasiones, 5. Estas decisiones son arbitrarias y ahí radica la limitación de la medida. Por ejemplo: en un hato de 10 vacas que hayan requerido los siguientes números de servicios para lograr una gestación: 1, 1,2; 1,1; 2,1; 3, 4, si detenemos la cuenta en 4 servicios obtendremos un promedio de 1.9 en el hato. Pero supongamos que la última vaca es semi estéril y continúa requiriendo servicios hasta 8, y posiblemente en ese servicio sí quede preñada, ahora el promedio de servicios para el hato de 10 vacas se convierte en 2.3 (1).

#### **4.6.3 Período de servicio:**

Se refiere al tiempo transcurrido entre el parto y el primer servicio efectivo. Es por lo tanto idéntico al parámetro de días abiertos de las vacas gestantes, pero no debe ser confundido con el número de días abiertos de todo el hato. En este último aparecen días abiertos de todas las vacas vivas en un momento dado, ya sea que ciclen y no se cubran, que no conciban o que se encuentren en anestro total. El período de servicio puede ser excesivo por dos causas totalmente diferentes: número excesivo de servicios por gestación o período prolongado entre parto y primer celo (1).

#### **4.6.4 Porcentajes de concepción y de parición:**

Estos dos conceptos causan frecuente confusión y son los mismos que a veces se clasifican como eficiencia reproductiva. Tienen un significado diferente, dado que la aparición del parto después de más o menos 282 días post servicio efectivo, tiene mayor importancia económica que el porcentaje de concepción que se puede determinar por palpación rectal desde los 35 días. Pero las dos medidas no son idénticas, dado que la palpación, además de los errores del palpador, está sujeta a desaparición de gestaciones por muerte embrionaria, abortos, reabsorciones, momificaciones, etc. En el ganado lechero con partos a lo largo de todo el año, la referencia a 100 vacas expuestas a servicio pierde su significado, pues no hay fechas de renovación de esa base por eliminación de las estériles y la aparición de un período nuevo de empadre y una nueva cuenta de vacas expuestas a servicio. En cambio, en un establo lechero bien organizado, bajo servicio natural o artificial, se cuenta con las fechas de los servicios. Con ello se formula una estadística de concepciones o pariciones de acuerdo con el número de

servicios que se tomen en cuenta. Si se incluyen únicamente las concepciones o pariciones a un servicio, la estadística es idéntica a la de porcentaje de concepción a primeros servicios.

Por eso en ganado lechero, cuando se hacen comparaciones en eficiencia reproductiva es indispensable que hagan siempre hasta el mismo número de servicios y con referencia a un número básico de inventario (1).

#### **4.6.5 Tasa de no retorno a servicio:**

La obtención de esta medida ha sido de gran utilidad en el estudio de grandes poblaciones sometidas a inseminación. Es una técnica inexacta, pero fácil de obtener en gran escala, de cualquier centro de inseminación artificial que conserve y analice copias con identificación de todas las vacas inseminadas con cada uno de sus toros y por sus inseminadores.

La técnica asume que una vez inseminada una vaca, si no vuelve a un nuevo servicio es porque está preñada. En una población grande, la suposición es suficientemente cercana a la verdad para ignorar los errores. Pero en pequeñas poblaciones, en establos en que se conservan toros, sobre todo cuando éstos se utilizan en vacas repetidoras el número de los errores de muestreo puede llegar a cancelar la utilidad de la técnica (1).

Además de estar gestante, una vaca no puede volver al servicio de ese centro de inseminación por: fallecimiento, venta, cubrición por servicio natural, cambio a otro servicio de inseminación. Los errores son peculiares en el cambio de un servicio de inseminación a otro, por ejemplo: servicios que garantizan una segunda inseminación por el mismo costo de la primera son servicios que aparecen con mucha exactitud en los archivos del centro de inseminación. En el otro extremo se encuentran las ventas de semen por precio de la dosis individual sin que quede en el archivo ningún apunte sobre su utilización. Tampoco aparecerá la identificación del número de vacas que se usaron, ni las dosis de esa partida sobre la misma vaca; en este caso, el centro de inseminación es incapaz de obtener estadísticas sobre fertilidad de la población de vacas.

También conviene no hacer comparaciones entre tasas de no retorno efectuadas a diferentes períodos postinseminación. Esto es motivo de errores por la desaparición de gestaciones que se inician pero no llegan a su término. Así, un cálculo de tasa de no retorno efectuada entre 30 y 60 días postinseminación dará un porcentaje mayor de no retorno que si se efectúa a 60 a 90 o aún lapsos mayores (1).

#### **4.6.6 Intervalo entre partos:**

Este parámetro se basa en el nacimiento de la cría y es mejor reflejo de la verdadera fertilidad que las estimaciones por no retorno. Pero en su misma cualidad radica su mayor

defecto: presenta un diagnóstico tardío de fertilidad; cuando se descubre un intervalo excesivo entre partos, la disminución de productividad es un hecho ya consumado y muy costoso a la producción. Es uno de los aspectos en que el ganado tropical es más deficiente, debido a la aparición del período de anestro invernal, solo o combinado con penuria alimenticia (1).

#### **4.6.7 Índice de estado reproductivo del hato:**

Esta medida requiere el conocimiento de las fechas de parición y servicio de cada una de las vacas en un hato y la determinación de gestación por palpación rectal entre los 35 y 64 días después del servicio (1).

#### **4.7 ANESTRO POSPARTO:**

El estado hormonal posparto se caracteriza por una disminución en la circulación de estrógenos y progestágenos por igual, pero con variaciones individuales muy pronunciadas en la aparición de descargas de hormonas luteinizantes..

Lo importante es resaltar que el primer celo aparente o fértil está precedido de cierta actividad hormonal con manifestaciones variables, pero insuficientes para iniciar el primer ciclo estral. El primer indicio de crecimiento folicular antecede en ocasiones hasta por más de 60 días al primer ciclo observado. Ese crecimiento folicular en ocasiones se detiene por completo por ausencia del pulso ascendente de la hormona luteinizante que provoque el crecimiento folicular completo. Pero la capacidad de la pituitaria para liberar hormona luteinizante está presente desde algunos días después del parto. Se ha encontrado incapacidad de vacas lecheras para responder a inyecciones de hormona liberadora de gonadotropinas únicamente en los primeros 5 días posparto entre 7 y 19 vacas responden como que tuvieran 70 días de paridas.

En una investigación japonesa sobre endocrinología de la vaca destetada a tres días del parto, se confirmó la aparición de una primera ovulación seguida de un ciclo corto de 17.6 días, y niveles subnormales de progesterona, además en 9 de 14 vacas el celo no acompañaba la primera ovulación. A pesar de la ausencia de lactancia, el periodo de servicio se prolongó a 72 días (1).

Estas investigaciones ponen de manifiesto que la vaca es perfectamente capaz de volver a concebir a partir de los 10 días después de parida. Si no lo hace es porque interfieren

obstáculos que pone ella misma para proteger la especie (insuficiencia de la alimentación para sostener conjuntamente lactancia con la nueva gestación) y que el manejo de la vaca en lactancia y el manejo artificial del estado hormonal (inducción o sincronización de celos) tendrán un éxito muy variable según el individuo, su raza, su estado nutricional, su edad y la forma del ordeño (1).

## 4.8 ULTRASONOGRAFÍA

El diagnóstico ultrasonográfico en escala de grises es un método no invasivo que permite la visualización de la anatomía interna de órganos reproductores. Las ondas de alta frecuencia son usadas para producir imágenes de tejidos suaves o de órganos internos. En las vacas, el escaneo transrectal es usado con el transductor colocado directamente en el recto sobre los órganos de interés (8).

La corriente eléctrica es aplicada a cristales en el transductor, produciendo vibraciones características de los cristales y resultando en ondas sonoras. El operador dirige las ondas sonoras a través de los tejidos por medio del movimiento o variación del ángulo deseado del transductor.

La distancia corta entre el área de contacto y el área de visualización permite el uso de escáneres de alta frecuencia que producen imágenes con mucho detalle.

Los sonidos que pasan a través de los tejidos son muy delgados y una “rebanada” de tejido es mostrada. Las imágenes de dos dimensiones vistas en la pantalla son parecidas a un corte histológico.

Los tejidos tienen distintas habilidades para propagar o reflejar las ondas sonoras. La proporción de las ondas sonoras que es reflejada por el transductor, se convierte en impulsos eléctricos y se muestra como un eco en la pantalla del ultrasonido (8).

Las características de varias interfaces en los tejidos determinan la proporción de las ondas sonoras que serán reflejadas. La porción reflejada es representada en la imagen del ultrasonido por medio de sombras de grises, extendiéndose desde negro hasta blanco. Los líquidos no reflejan las ondas sonoras y se dice que son anecoicas o no ecogenicas, así, estas imágenes se verán negras en la pantalla. Por otro lado, los tejidos densos reflejan más las ondas sonoras y aparecerán blancas en la pantalla. Estos tejidos son ecogenicos. Otros tejidos se ven

en varias sombras de gris dependiendo de su ecogenicidad o habilidad para reflejar las ondas sonoras (8).

Los instrumentos modernos de ultrasonido para examinar el tracto reproductor de animales están en el modo B, escáneres de tiempo real. El modo B se refiere a la modalidad de brillo, en la cual la imagen ultrasónica es un despliegue bidimensional de puntos. El brillo de los puntos es proporcional a la amplitud del regreso de ecos. Las imágenes de tiempo real se refieren al despliegue de movimiento en el cual los ecos son grabados continuamente y los eventos, como movimientos de piernas del feto y latido cardíaco pueden ser observados conforme van ocurriendo. Algunos escáneres tienen capacidad para grabar en vídeo, así el movimiento puede ser preservado. El movimiento de las imágenes también puede ser congelado para facilitar medidas de reproducción fotográfica (8).

#### **4.8.1 Ondas y ecos:**

Las ondas sonoras de un tambor que viajan a través del aire, se reflejan en una pared de montaña y son captadas por el tímpano, son comparables a las ondas que viajan a través de los tejidos y son captadas por los cristales del transductor del ultrasonido que luego se procesan para ser vistas en la pantalla del escáner. (Figura 4).

El diagnóstico ultrasónico se origina de cristales piezoeléctricos que se expanden y contraen cuando están sujetos a una corriente eléctrica (8).

#### **4.8.2 Usos clínicos:**

1. Determinación de la fase estacional en que se encuentran los ovarios.
2. Determinación de la pubertad en las hembras.
3. Monitoreo de folículos para diagnóstico o tratamiento.
4. Diferenciación entre folículos ovulatorios simples y dobles y ovulaciones.
5. Establecer el tiempo de ovulación o fallo de la misma.
6. Monitoreo del cuerpo lúteo.
7. Estimación del estado del ciclo estral.
8. Diferenciación entre persistencia luteal y condiciones anovulatorias.
9. Determinación de exposición endometrial a estrógenos.
10. Estimación del tiempo apropiado de crianza.
11. Detección de semen en útero.
12. Colección de oocitos foliculares por aspiración transvaginal..
13. Evaluación del potencial de un animal como receptor de transferencia embrionaria.

14. Detección y estudio temprano del embrión.
15. Detección de embriones gemelos y en yeguas, eliminación manual de uno de ellos.
16. Diagnóstico de gemelos (membrana gemelar) durante el estado fetal tardío.
17. Determinación del sexo del feto.
18. Determinación de viabilidad fetal y posición preparto.
19. Evaluación de la involución uterina posparto.
20. Diagnóstico preciso de muerte embrionaria (ausencia de latido cardíaco.)
21. Diagnóstico de condiciones patológicas en ovarios como quistes luteales y ovárico, quistes peri ováricos, tumores ováricos y folículos hemorrágicos.
22. Diagnóstico de patologías de órganos tubulares como hidrosalpinx, piómetra, quistes uterinos, colección de fluido uterino intraluminal (8).

#### **4.8.3 Cambios detectados durante el ciclo estral por medio del ultrasonido en el útero de vacas:**

Hay una asociación temporal entre el incremento de estradiol circulante y el incremento de número de zonas en la escala de grises en las imágenes del endometrio, aumento del grosor de la pared uterina y el desenvolvimiento de la porción craneal de los cuernos uterinos. Las tres características son atribuibles a edema o al fluido que llega a los espacios del tejido endometrial. El desenvolvimiento de la porción craneal de los cuernos durante el flujo o fluido puede reflejar el aumento de la presión dentro de la estructura tubular. El aumento del edema endometrial y del fluido luminal está relacionado cercanamente al aumento del estradiol, pero la disminución del edema ocurre gradualmente después del esperado pico de estradiol comparado a la pérdida de fluidos luminales. Esto parece razonable, ya que la pérdida de fluido luminal puede ocurrir rápidamente a través del cérvix, mientras que la pérdida de fluidos tisulares requiere mayor tiempo de absorción o pasaje al lumen. El pasaje de fluido al endometrio, ocurre aproximadamente en 1 día en la mayoría de ganado, como lo indica el moco teñido de sangre (sangrado metaestral). Este fenómeno puede relacionarse a la disminución del volumen de fluido luminal (8).

#### **4.8.4 Glándulas luteales**

El cuerpo lúteo produce progesterona, la cual concluye el comportamiento del estro y mantiene al animal en un estado no receptivo. La progesterona también prepara al túbulo genital para la potencial recepción del embrión. Si la vaca no queda preñada, el cuerpo lúteo regresa. La vaca luego retorna al estro y se produce una nueva oportunidad para que quede preñada. Si la

vaca queda preñada, el cuerpo lúteo es mantenido y continúa produciendo progesterona, la cual es esencial para que continúe la preñez (8).

Debido al papel rotativo del cuerpo lúteo, la evaluación y detección por medio del ultrasonido, provee información valiosa para el diagnóstico. La presencia y estado de la glándula luteal no puede ser averiguado durante el desarrollo y estado regresivo por palpación rectal. Uno de los mejores usos de la ultrasonografía en la biología reproductiva, involucra la detección y evaluación inmediata de la glándula luteal. Serie fotográfica 1 (8).

(A) Nuevo sitio ovulatorio.

(B, C) Cuerpo lúteo temprano con cavidades. En el sonograma C, la cavidad interconectante, tiene la apariencia de folículos.

(D) Cuerpo lúteo con una papila a las 7 en punto.

(E) Cuerpo lúteo con una cavidad grande.

(F) Cuerpo lúteo con una cavidad intermediaria.

(G, H) Cuerpo lúteo sólido.

(I-L) Cuerpo lúteo regresivo (cuerpo blanco), temprano en el siguiente ciclo. Ambos el nuevo (derecha) y viejo (izquierda) son mostrados en el sonograma J.

El sitio ovulatorio (A, J) es indistinto, pero algunas veces puede ser delineado especialmente cuando la localización de la forma preovulatoria del folículo es conocida. Un borde bien definido es visible aproximadamente (Día 3).

(D) Una papila ovulatoria es detectada en sitio solo ocasionalmente.

La mayoría de cavidades luteales centrales son ultrasonicamente anecoicas, rodeadas por tejido luteal relativamente ecoico. Sin embargo, ocasionalmente hay bandas ecoicas cursando el atrio de la cavidad (8).

#### **4.8.4.1 Detección del sitio ovulatorio y cuerpo lúteo temprano:**

La frecuencia de primera o última detección son muestras relativas de la primera o segunda ovulación de un ciclo estral. El nuevo cuerpo lúteo en formación o sitio de ovulación fue detectable en el día cero (el día en que el folículo se ha ido) en la mayoría de las vaquillas. La detección del cuerpo lúteo temprano o sitio de ovulación en el día de ovulación es una consideración importante. Cuando la frecuencia de los exámenes está hecha, la principal indicación obvia es la ausencia de un folículo grande, que estuvo presente en la evaluación previa. Además, la ovulación puede ser confirmada unos pocos días después por la presencia de un cuerpo lúteo (8).

Los biólogos de granjas tienen tradicionalmente el uso del estro como punto primario de referencia. Paradójicamente muchos investigadores determinan el día de ovulación por medio del ultrasonido, pero cuando reportan perfiles de cambios en las concentraciones hormonales y desarrollo folicular, usan el estro como punto de partida. El criterio de comportamiento usado para definir estro, es difícil de estandarizar en los laboratorios, experimentos e investigaciones, mientras que determinado ultrasónicamente es objetivo. El tiempo de ovulación, en contraste a los estros variantes en tiempo entre especies y animales, puede ser definido por ultrasonido, limitado solo por la frecuencia de determinaciones. Además, se pueden dar consideraciones a múltiples ovulaciones que ocurren en tiempos diferentes. Otra ventaja de la ovulación como punto de referencia, involucra su división de distintos ambientes hormonales. El tiempo requerido para la determinación de la ovulación es mínimo si las facilidades eficientes están disponibles (8).

#### **4.8.4.2 Dos series de desarrollo luteal (serie fotográfica 2):**

El desarrollo de un cuerpo lúteo sólido con una cavidad central grande es mostrado arriba y debajo de la línea punteada, respectivamente. El inicio del desarrollo luteal está basado en el tiempo de ovulación a partir de una observación continua. Las flechas muestran el desarrollo de la estructura luteal en algunos sonogramas. Se debe observar la forma de cambio del folículo dominante como resultado de la presión de la cavidad luteal que se expande (8).

#### **4.8.4.3 Localización de los cursores en la pared folicular para medir el diámetro:**

Se ha vuelto común determinar y reportar el tamaño de los folículos en diámetro debido que la dimensión del diámetro es fácilmente obtenida y comprendida. El punto de cruz de la línea vertical y horizontal de un cursor es centrado en la interfase entre la pared folicular y el fluido antral. Esta técnica de medida es usada porque el borde entre el atrio y la pared folicular interna es más fácil de distinguir que la pared externa y el estroma. La localización del cursor hace que los reportes sobre las medidas de los folículos varíen, por ello la localización de los cursores debe ser estandarizada y consistente. La calibración puede ser hecha por medio de la medición de objetos de diámetro conocido o midiendo la distancia entre marcas de graduación en la pantalla del ultrasonido. La mayoría de los modelos de escáneres miden lo más cercano a 1 milímetro. Algunos modelos recientes miden cercano a 0.1 mm, lo cual puede ser importante en estudios de investigación (8).

La determinación del diámetro de folículos está sujeta a variación debido a las formas irregulares. El diámetro de folículos que no son esféricos puede ser estimado promediando el punto más largo y el punto más ancho o ajustando mentalmente la forma irregular a un

aproximado equivalente a una forma circular. Los errores experimentales pueden reducirse al calcular el significado de múltiples mediciones y al usar solo un operador. Para propósitos clínicos, la precisión y estandarización de medidas puede no ser requerida. Figura 8 (8).

#### **4.8.4.4 Búsqueda:**

Determinar la localización de cada folículo y rastrear folículos individuales a partir del examen es un procedimiento fuerte para la investigación. El diámetro de los folículos y cuando es factible, la distancia entre estructuras, puede ser determinada al congelar la imagen. Las señales incluyen los ligamentos ováricos, los polos ováricos, las superficies libres, la localización relativa de otros folículos, el cuerpo lúteo y el tamaño de los folículos (8).

#### **4.8.5 Túbulo genital**

Antes del desarrollo de las técnicas de imagen por ultrasonido, los estudios clínicos y las investigaciones del ciclo uterino, cervical, y vaginal durante el ciclo estral en vacas estaba limitado a la palpación rectal y a biopsias endometriales, citología y endoscopia, así como la palpación transvaginal.

El entendimiento de la anatomía con el uso del ultrasonido es esencial para la evaluación del tracto reproductor. La función del útero como sitio de desarrollo embrional y fetal enfatiza la importancia de la sonografía uterina. El útero también sirve de guía para localizar y orientar el transductor durante el examen con ultrasonido. Solo con el conocimiento de la anatomía uterina y orientación el sonógrafo puede asegurar que todo el útero ha sido examinado para encontrar vesículas o procesos patológicos (8).

#### **4.8.6 Útero:**

*Sonogramas de cuernos uterinos en el ganado bovino durante el ciclo estral (serie fotográfica 3):* (A-F) Sonogramas de estro y de (G-I), mitad del estro. En las vistas longitudinales o sagitales (A-D, G, H), la localización aproximada del mesometrio está indicada por las flechas, la localización precisa de la periferia del cuerno, frecuentemente no es clara. En la vista transversal (F-I), el tejido uterino está indicado por las flechas. El endometrio durante el estro, está en promedio, aparentemente más moteado que durante el diestro. El moteado resulta de áreas ecoicas grandes y de distintas áreas anecoicas o fluido en el lumen. Fluido intraluminal moderado es mostrado en el sonograma A (flecha grande). Una gran cantidad de fluido intraluminal está presente en los sonogramas D (segmento 2, flecha grande) y E (segmento 4) de una sola vaquilla, mientras que no se detecta fluido en el cuerno uterino de la vaca usada para el sonograma B y C.

Además los cuernos uterinos están más gruesos durante el estro que durante el diestro, como lo muestra la figura 9 (8).

#### **4.9 REPRODUCCIÓN Y NUTRICIÓN**

Es evidente que la nutrición juega un papel general muy importante en el desarrollo y funcionamiento de los órganos de la reproducción, pero en realidad su significado es mucho más amplio. También es evidente que a pesar de que no existen sustancias que sean necesarias para los órganos de la reproducción y que no lo sean para otros tejidos, los procesos metabólicos que siguen algunos de los nutrientes abastecidos por la corriente sanguínea difieren de aquellos que se han identificado en otros órganos (14).

Se han realizado estudios en los que se ha suplementado con granos y concentrado a vacas en pastoreo durante el verano y esto no ha afectado la producción, a pesar de que la temperatura corporal se encontraba más elevada en el grupo alimentado al sol que en el grupo alimentado a la sombra (11).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 MATERIALES:

#### 5.1.1 Recursos Humanos:

- 4 1 Médico Veterinario
- 4 3 Vaqueros
- 4 Estudiante responsable
- 4 Dueño de la finca

#### 5.1.2 De Campo:

- 4 1 ultrasonido para veterinaria
- 4 1 regulador de voltaje
- 4 1 extensión eléctrica
- 4 Guantes de palpación
- 4 Gel para ultrasonido
- 4 Agua
- 4 Jabón
- 4 Lazos
- 4 Papel
- 4 Tinta de impresión
- 4 Termómetro ambiental
- 4 Medidor de humedad

#### 5.1.3 De tipo biológico:

- 4 90 vacas F1 (Brahman-Holstein), condición corporal mayor o igual a 2.5.

#### 5.1.4 Centros de Referencia:

- 4 Finca Nueva San Jerónimo
- 4 INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología)
- 4 Ingenio Guadalupe

## **5.2 MÉTODOS:**

El trabajo se realizó en la finca Nueva San Jerónimo que posee un hato de ganado mixto de 200 vacas, en el que se encuentran vacas de razas lecheras puras (Holstein y Jersey), vacas F1 (Brahman-Holstein) y vacas Brahman puras.

La finca se encuentra ubicada en el municipio de la Gomera, departamento de Escuintla, latitud 14°01'N, longitud 91°06'O. Cuenta con una temperatura media de 27 °C, humedad relativa media de 75.95 % y precipitación pluvial promedio de 0.22 mm.

Se evaluaron únicamente las vacas F1 (Brahman-Holstein), con condición corporal mayor o igual a 2.5. Para evaluar la actividad ovárica de las vacas se realizó palpación rectal y luego ultrasonido para corroborar el diagnóstico, con el objeto de evitar errores humanos y tener certeza de la evolución folicular. Se definió a una vaca ciclando, como aquella que posee un cuerpo lúteo en alguno de los ovarios.

El trabajo se realizó durante los meses de verano, (noviembre 2003 a abril 2004). La temperatura ambiental y humedad se tomaron del Ingenio Guadalupe, que es el centro de referencia para el INSIVUMEH.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar los resultados obtenidos en el presente estudio se observa que los meses en los que se registraron temperaturas más elevadas durante el verano 2003-2004 fueron los meses de marzo y abril y el mes en que se registró un porcentaje de humedad relativa menor fue marzo (tabla 2, gráfica 1).

Al comparar las temperaturas registradas con la figura 4 se observa que durante los meses de noviembre a febrero el estrés calórico bajo el cual estuvieron sometidas las vacas, se clasifica como moderado; mientras que durante los meses de marzo y abril estuvieron en el nivel clasificado como estrés (19).

Se logró determinar por medio del coeficiente  $R^2$ , que no existe relación entre la presentación de la actividad ovárica posparto en vacas F1 (Brahman-Holstein) y la temperatura, durante los meses en que se realizó el estudio ( $R^2 = 15.17\%$ ) (tabla 3, gráfica 2). Tampoco hubo relación entre la presentación de actividad ovárica en vacas F1 (Brahman-Holstein) y el porcentaje de humedad media, durante el mismo período de tiempo ( $R^2 = 2.8\%$ ) (tabla 4, gráfica 3).

Durante el período de verano estudiado, solamente 6 vacas no presentaron celo; éstas no fueron incluidas en el estudio debido a que su fecha de parto fue a finales del mes de marzo o durante el mes de abril, por lo que su actividad ovárica hubiera tenido que ser evaluada durante el inicio del invierno (tabla 1).

Se registró que el promedio del intervalo parto-primer celo fue de 76.8 días, siendo el intervalo menor de 40 días y el mayor de 213. Los resultados de este intervalo pueden observarse en la gráfica 5, en donde se aprecia que del grupo de 84 vacas, el 75% (63 vacas) presentó su primer celo posparto debajo de los 90 días, el 14.28% (12 vacas) lo hizo entre 91 y 120 días, el 4.76% (4 vacas) entre 121 y 150 días y el 5.95% (5 vacas) entre 151 y 213 días.

Dentro de las metas de parámetros reproductivos relacionados con la detección del celo se establece que el 85% de las vacas sean observadas en celo antes del día 60 posparto (2) por lo que al compararlo con los resultados, estos se encontraron dentro de lo aceptable, considerando que el parámetro ideal de presentación de celo posparto está basado en un porcentaje anual, mientras que en este estudio solo se está tomando la época de verano.

En la tabla 1 se observa que varía el período de tiempo posparto en que las vacas quedaron preñadas luego de haber ciclado, para este resultado debe tomarse en cuenta que hubo variación del personal encargado de inseminar y además hubo épocas en que las vacas fueron servidas únicamente por el toro. En la gráfica 4 se observa que de las 84 vacas que presentaron

actividad ovárica posparto 55 (65.47%) quedaron cargadas y solamente 29 vacas (34.52%), no lo hicieron.

También se debe considerar que dentro de las vacas negativas a preñez, 13 vacas presentaron celo a finales del verano (tabla 1), por lo que no se observó si en los primeros meses de invierno (mayo o junio) quedaron preñadas. Además se ha visto que cuando las temperaturas son elevadas las vacas presentan celo manifiesto durante la noche y que muchos de los celos son silenciosos, por lo tanto no logran ser observados (3).

Existen diversos factores que pueden afectar el intervalo parto – primer celo, siendo los de menor influencia: edad, raza, producción de leche, ocurrencia de partos distócicos, abortos y enfermedades. Los de mayor influencia son la presencia del ternero y la nutrición de la madre.

Se sabe que la presencia del ternero afecta negativamente la aparición de los pulsos de LH, retrasando la aparición del celo posparto. Esta influencia del ternero es transportada a través del sistema neuroendocrino de la madre (3).

Los efectos nutricionales se vinculan de manera indirecta a través de su relación con la síntesis y liberación de las hormonas y/o modificando la respuesta del órgano sensible a la acción hormonal. Estos efectos son producidos por una compleja interrelación entre cantidad y calidad de alimento consumido, nivel de reservas acumuladas en el organismo y competencias por el destino de los nutrientes en relación con la función fisiológica que se encuentra desempeñando en ese momento (lactancia); es decir, que el organismo animal prioriza ciertas funciones y hasta que éstas no son abastecidas, no habrá disponibilidad para las demás. La reanudación de los ciclos estrales se encuentra entre las últimas de la lista (5).

Debido a que la condición corporal es una guía confiable para evaluar el estatus nutricional de las vacas, dentro del estudio se incluyeron únicamente las vacas con una alimentación adecuada y con condición corporal mayor o igual a 2.5 (5).

Se ha reportado, que a medida que la temperatura aumenta, el ganado Jersey reduce el consumo de alimentos, a fin de disminuir las cargas internas adicionales de calor en sus cuerpos, y por lo tanto, mantienen mejor la producción de leche y las temperaturas normales del cuerpo por más tiempo que el ganado Holstein. Aunque posteriormente, esto les cuesta a las vacas una pérdida de peso, debido a la deficiencia energética ocasionada por la reducción del consumo alimenticio. Por lo tanto el que el ganado tenga un menor consumo de alimento, produce un efecto negativo sobre el ciclo reproductivo (12).

En vacas de razas europeas se ha observado que las condiciones climáticas cálidas producen a menudo anestro posparto, debido a que las glándulas suprarrenales pueden secretar grandes cantidades de progesterona (3).

Se ha observado un efecto marcado en la época de verano sobre la ciclicidad ovárica y reproductiva en las vacas, consistiendo en una acción frenadora ocasionada por el estrés calórico sobre el desencadenamiento hormonal del cual depende el ciclo reproductivo de estos animales (7).

En un estudio realizado recientemente se observó que si las vacas no se reproducen como es debido es porque hay altas concentraciones de hormonas produciéndose anormalmente y el problema ambiental se constituye como un freno en su proceso reproductivo, por lo que no puede haber preñez a tiempo, ni población de terneros y con ello surge una disminución en la producción de leche, logrando de esta manera disminuir la producción durante el verano (7). Además se sabe que el estrés calórico provoca la liberación de glucocorticoides, lo cual produce una respuesta reproductora similar a otras formas de tensión; aunado a esto la actividad tiroidea se reduce provocando un índice metabólico reducido (9).

El conocimiento de los factores que norman la longitud del intervalo transcurrido para la aparición del primer calor o estro posparto en ganado lechero es importante. Este intervalo se relaciona directamente con la eficiencia reproductiva; en consecuencia las variaciones en la longitud del mismo afectarán la meta de toda explotación lechera, esto es, obtener una lactancia por año (16).

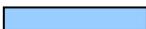
Con el presente estudio observamos que las vacas F1 (Brahman-Holstein), no son afectadas en la presentación de actividad ovárica posparto durante el verano si están con una condición alimenticia y corporal adecuadas, por lo cual si se les da un manejo adecuado la eficiencia reproductiva de los hatos lecheros puede mejorarse.

**Tabla 1 Comportamiento reproductivo del hato de vacas F1 (Brahman-Holstein) durante los meses de noviembre 2003 a abril 2004**

	REGISTRO	COLLAR	V1 NOV	V2 NOV	V DIC	V1 ENE	V2 ENE	V FEB	V1 MAR	V2 MAR	V ABR
1	193/99	82						ciclo 41			
2	99/52R	112								ciclo 56	
3	918	1									ciclo 56
4	72/00 R	124							celo 50		
5	939	8						ciclo 52			
6	00/362	138								ciclo 59	
7	116/00	144						ciclo 46			
8	00/62 R	170						celo 45			
9	68/109	173									celo 43
10	98/202	58						celo 51			
11	98/352	55						celo 67			
12	956	27							ciclo 60		
13	98/71	57						ciclo 44			
14	064/12	185							ciclo 73		
15	51/99	63								celo 60	
16	00/492	154									sef 47
17	010/0	163									celo 68
18	165/99	69					ciclo 47	celo 60			
19	240/98	64									ciclo 58
20	139	17								celo 50	
21	96/99	53									celo 52
22	99/101	75									celo 45
23	0/124	167									celo 45
24	212	16								celo 44	
25	137/99	87									ciclo 55
26	00/81C	111				ciclo 182					
27	65/99	81				celo 139					
28	103/99	114			ciclo 120						
29	98/241	56					celo 160				
30	98/61	21					ciclo 169				
31	6113/11	11					celo 159				
32	17	10					celo 140				
33	102/1	189								213 celo	
34	14//1	162		ciclo 77	ciclo 97						
35	99/231	174		ciclo 74			ciclo 136				
36	46/00	117		celo 40							
37	155/99	52				celo 80					
38	138/99	108					celo 96				
39	351/00	105					celo 85				
40	24/99	73					celo 108				
41	382/00	118					ciclo 105				
42	130/99	91					celo 103				
43	89/98	41					ciclo 104				
44	401/00	127					celo 86				
45	795/11	28							celo 125		
46	245/99	97				celo 70					
47	206/99	178					celo 73				
48	99/472	179					celo 86				
49	113/4	8					celo 84				
50	173/00	121					celo 60				
51	86	12							celo 110		

52	309/98	32						celo 97			
53	99/142 c	120					celo 84				
54	301/00	101					celo 48				
55	274/00	126					celo 70				
56	124/7	17								celo 125	
57	952	111					celo 88				
58	582	42					ciclo 71				
59	137/8	28					celo 83				
60	262/00 c	133						celo 73			
61	959	43								celo 105	
62	270/98	37								celo 110	
63	17/00	134					ciclo 53				
64	3333	45							celo 93		
65	111/01	147					celo 62				
66	98/122	54					ciclo 50				
67	102/00 c	131						ciclo 69			
68	154/99	48					ciclo 43				
69	5141	175								celo 117	
70	52/99	99					celo 49				
71	118/6	12A					celo 50				
72	152	9							celo 46		
73	3480	22							celo 70		
74	311/99	29					celo 40				
75	260/98	24					ciclo 49				
76	114/4	9A									celo 85
77	144/10	35								celo 64	
78	49/99	128						celo 59			
79	153/99	89						ciclo 45			
80	221/01	149								ciclo 49	
81	121/6	15A									sef 68
82	0/127	168									celo 57
83	29/58	33					celo 49				
84	13/99	66									celo 63
85	251/00	106									ciclo 58
86	10/00	137									sef 58
87	181/99	61									ciclo 52
88	116/01C										sef 55
89	22/00										sef 53
90	01/211										sef 53

**Intervalo parto primer celo = Promedio 76.8 días**

-  Preñada
-  Posparto
-  En actividad ovárica
-  Sin actividad ovárica

**Tabla 2. Promedios de Temperatura y Humedad**

Fecha	Temperatura °C	% Humedad
Noviembre 1- noviembre 26	26.5	85.9
27 Noviembre -16 diciembre	24.0	84.2
17 Diciembre - 5 enero	23.7	80.8
6 Enero -25 enero	24.9	82.0
26 Enero - 15 febrero	25.5	75.4
16 Febrero - 8 marzo	26.6	77.6
9 Marzo - 28 marzo	28.9	69.3
29 Marzo - 18 abril	28.6	71.5
19 Abril - 30 abril	32.0	75.9

**Tabla 3. Correlación entre el día que las vacas F1 (Brahman-Holstein) presentaron actividad ovárica y la temperatura media durante el verano. Coeficiente  $R^2 = 15.17\%$**

	Registro	Día que presentó Actividad ovárica posparto	T media °C
1	193/99	41	26.6
2	99/52R	56	26.6
3	918	56	28.6
4	72/00 R	50	32
5	939	52	28.9
6	00/362	59	26.6
7	116/00	46	28.6
8	00/62 R	45	26.6
9	68/109	43	26.6
10	98/202	51	32
11	98/352	67	26.6
12	956	60	26.6
13	98/71	44	28.9
14	064/12	73	26.6
15	51/99	60	28.9
16	010/0	68	32
17	165/99	60	32
18	240/98	58	26.6
19	139	50	32
20	96/99	52	28.6
21	99/101	45	32
22	0/124	45	32
23	212	44	32
24	137/99	55	28.6
25	00/81C	182	32
26	65/99	139	24.9
27	103/99	120	24.9
28	98/241	160	23.7
29	98/61	169	25.5

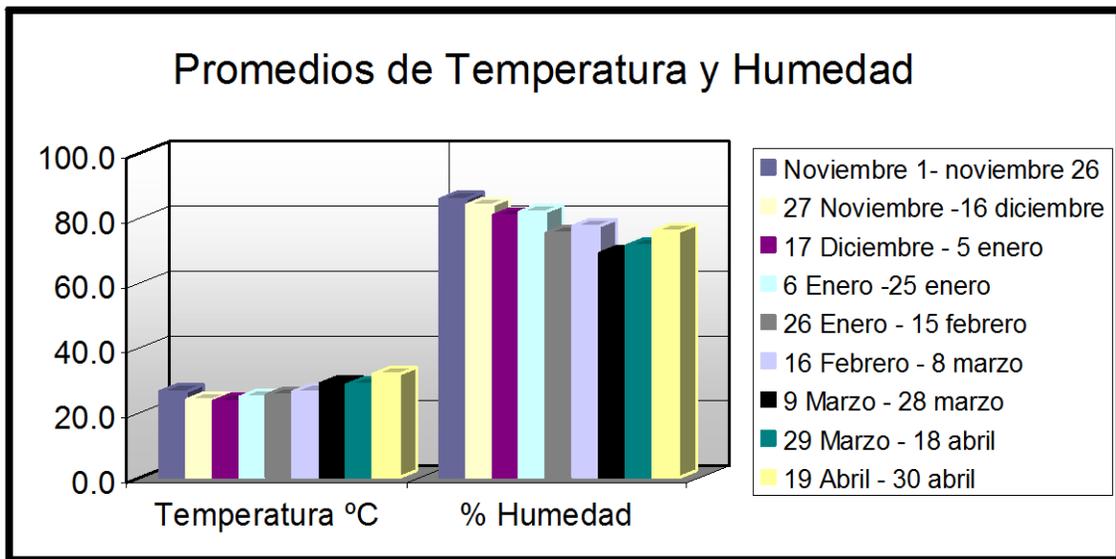
30	6113/11	159	25.5
31	17	140	25.5
32	102/1	213	25.5
33	14//1	77	28.6
34	99/231	74	24
35	46/00	40	24
36	155/99	80	24
37	138/99	96	24.9
38	351/00	85	25.5
39	24/99	108	25.5
40	382/00	105	25.5
41	130/99	103	25.5
42	89/98	104	25.5
43	401/00	86	25.5
44	795/11	125	25.5
45	245/99	70	28.9
46	206/99	73	24.9
47	99/472	86	25.5
48	113/4	84	25.5
49	173/00	60	25.5
50	86	110	25.5
51	309/98	97	28.9
52	99/142 c	84	26.6
53	301/00	48	25.5
54	274/00	70	25.5
55	124/7	125	25.5
56	952	88	28.6
57	582	71	26.6
58	137/8	83	25.5
59	262/00 c	73	28.9
60	959	105	26.6
61	270/98	110	28.6
62	17/00	53	28.6
63	3333	93	25.5
64	111/01	62	28.9
65	98/122	50	26.6
66	102/00 c	69	25.5
67	154/99	43	26.6
68	5141	117	25.5
69	52/99	49	28.6
70	118/6	50	26.6
71	152	46	26.6
72	3480	70	28.9
73	311/99	40	28.9
74	260/98	49	26.6
75	114/4	85	26.6
76	144/10	64	32
77	49/99	59	28.6
78	153/99	45	28.9
79	221/01	49	28.9
80	0/127	57	32
81	29/58	49	32
82	13/99	63	26.6
83	251/00	58	32
84	181/99	52	32

**Tabla 4. Correlación entre el día que las vacas F1 (Brahman-Holstein) presentaron actividad ovárica y el porcentaje de humedad media durante el verano**  
**Coeficiente R<sup>2</sup> = 2.8 %**

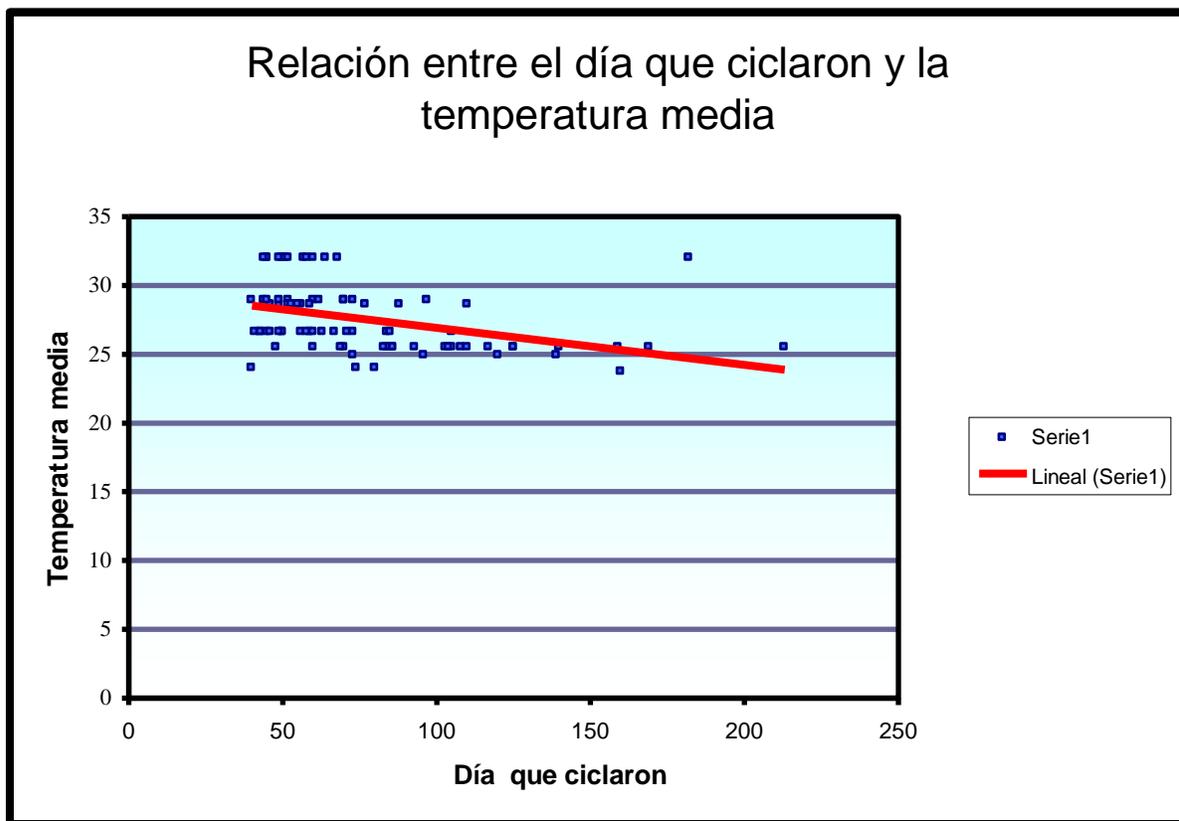
	Registro	Día que cicló	% H Media
1	193/99	41	77.6
2	99/52R	56	77.6
3	918	56	71.5
4	72/00 R	50	75.9
5	939	52	69.2
6	00/362	59	77.6
7	116/00	46	69.2
8	00/62 R	45	77.6
9	68/109	43	77.6
10	98/202	51	75.9
11	98/352	67	77.6
12	956	60	77.6
13	98/71	44	69.2
14	064/12	73	77.6
15	51/99	60	69.2
16	010/0	68	75.9
17	165/99	60	75.9
18	240/98	58	77.6
19	139	50	75.9
20	96/99	52	71.5
21	99/101	45	75.9
22	0/124	45	75.9
23	212	44	75.9
24	137/99	55	71.5
25	00/81C	182	75.9
26	65/99	139	81.9
27	103/99	120	81.9
28	98/241	160	80.8
29	98/61	169	75.4
30	6113/11	159	75.4
31	17	140	75.4
32	102/1	213	75.4
33	14//1	77	71.5
34	99/231	74	84.1
35	46/00	40	84.1
36	155/99	80	84.1
37	138/99	96	81.9
38	351/00	85	75.4
39	24/99	108	75.4
40	382/00	105	75.4
41	130/99	103	75.4
42	89/98	104	75.4
43	401/00	86	75.4
44	795/11	125	75.4
45	245/99	70	69.2
46	206/99	73	81.9
47	99/472	86	75.4

48	113/4	84	75.4
49	173/00	60	75.4
50	86	110	75.4
51	309/98	97	69.2
52	99/142 c	84	77.6
53	301/00	48	75.4
54	274/00	70	75.4
55	124/7	125	75.4
56	952	88	71.5
57	582	71	77.6
58	137/8	83	75.4
59	262/00 c	73	69.2
60	959	105	77.6
61	270/98	110	71.5
62	17/00	53	71.5
63	3333	93	75.4
64	111/01	62	69.2
65	98/122	50	77.6
66	102/00 c	69	75.4
67	154/99	43	77.6
68	5141	117	75.4
69	52/99	49	71.5
70	118/6	50	77.6
71	152	46	77.6
72	3480	70	69.2
73	311/99	40	69.2
74	260/98	49	77.6
75	114/4	85	77.6
76	144/10	64	75.9
77	49/99	59	71.5
78	153/99	45	69.2
79	221/01	49	69.2
80	0/127	57	75.9
81	29/58	49	75.9
82	13/99	63	77.6
83	251/00	58	75.9
84	181/99	52	75.9

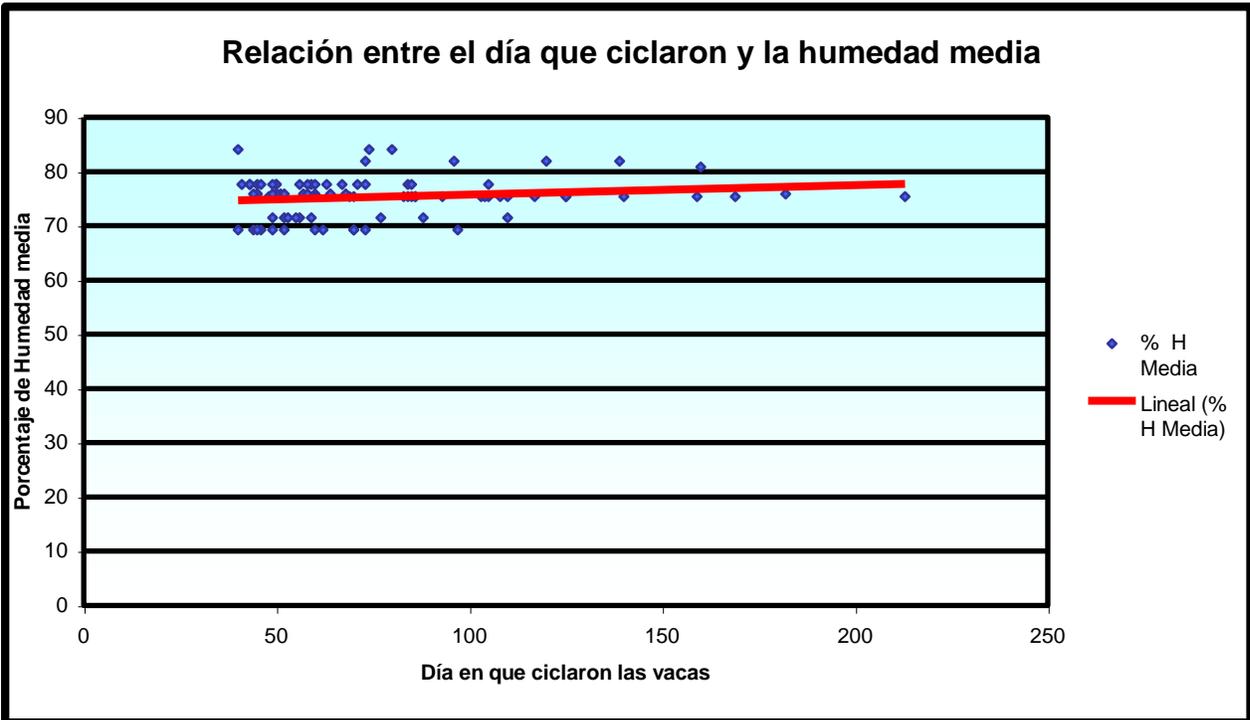
Gráfica 1



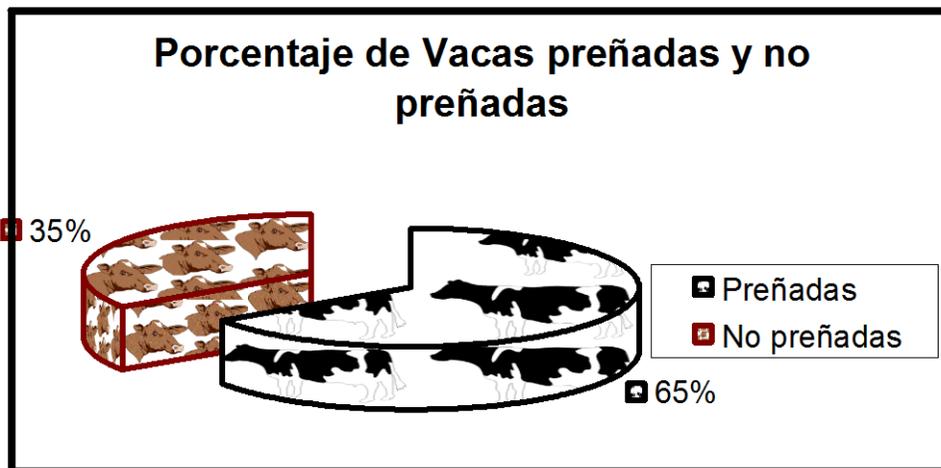
Gráfica 2



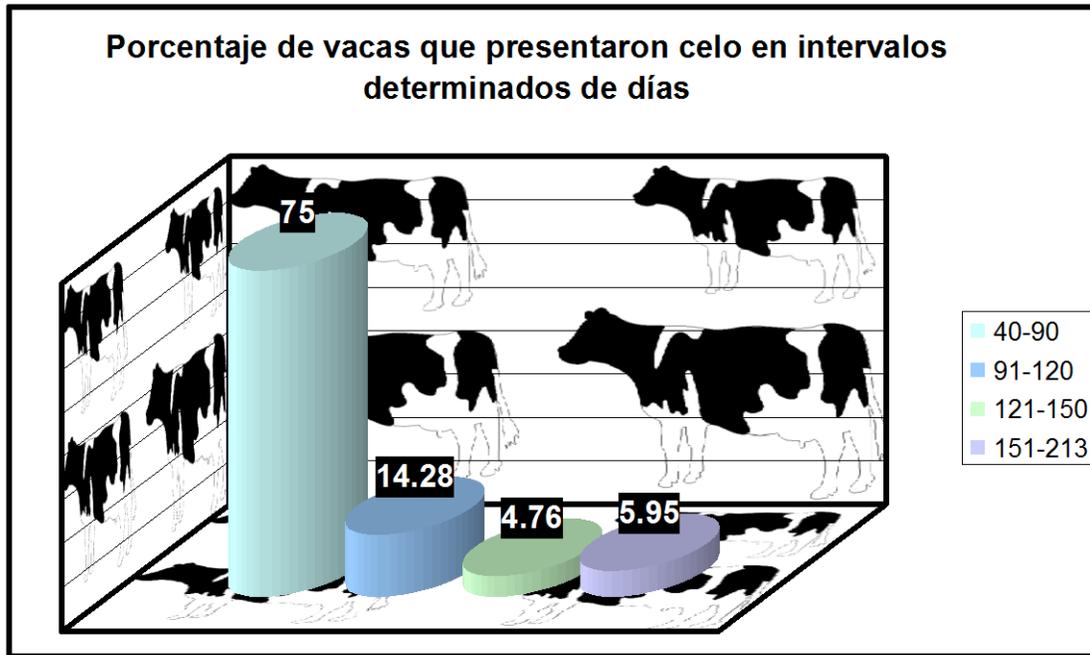
Gráfica 3



Gráfica 4



Gráfica 5



## VII. CONCLUSIONES

1. No se encontró relación entre la temperatura ambiente y la presentación de la actividad ovárica en un hato de vacas F1 (Brahman-Holstein), durante los meses de verano (noviembre 2003-abril 2004).
2. No se encontró relación entre el porcentaje de humedad y la presentación de la actividad ovárica en vacas F1 (Brahman-Holstein) durante el período estudiado.
3. Los meses que presentaron temperaturas más elevadas durante el período estudiado fueron abril y marzo, mientras que el mes que presentó menor porcentaje de humedad fue marzo.
4. Durante los meses de estudio se observó que a pesar de las temperaturas elevadas solamente seis vacas (6.66%) no presentaron actividad ovárica posparto, mientras que 84 vacas (93.33%) sí presentaron actividad ovárica, esto indica que si las vacas se encuentran con una condición corporal adecuada, el reinicio de la actividad ovárica no se verá afectado.
5. El 75% de las vacas presentó celo por debajo de los 90 días, señalando así un adecuado índice de intervalo parto-primer celo, pues se debe tomar en cuenta que la época de estudio fue verano.
6. La condición corporal es un parámetro que sirve de guía para evaluar el estado nutricional de las vacas, siendo este último un factor que afecta el índice intervalo parto-primer celo.
7. En hatos de ganado F1 (Brahman-Holstein), para producción lechera, es importante evaluar y manejar correctamente los factores que intervienen en la eficiencia reproductiva, con el fin de obtener mejores resultados.
8. A diferencia de las razas europeas, las vacas F1 (Brahman-Holstein) no se vieron afectadas en la presentación de actividad ovárica posparto durante el verano en la costa sur de Guatemala, lo cual indica que se puede obtener mayor provecho al tener estas vacas.
9. El ultrasonido, es un método de diagnóstico complementario de la palpación rectal ya que corrobora o elimina la veracidad del diagnóstico humano.

10. Es importante la evaluación constante de las vacas durante el puerperio, ya que podemos detectar patologías que prolonguen el número de días vacíos al realizar esta práctica; a la vez se debe tener un control adecuado por medio de un sistema de registros para evitar pérdidas en la producción de nuestro hato.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Continuar el presente estudio durante la época de invierno para determinar la actividad ovárica posparto en vacas F1 (Brahman-Holstein) durante todo el año.
2. Empezar a sustituir en los hatos de la costa sur de Guatemala, las razas europeas puras por ganado F1 (Brahman-Holstein), pues este último se adapta mejor a las condiciones climáticas de esa área.
3. Llevar un control adecuado de la alimentación y condición corporal de las vacas en lactación, principalmente en época de verano, pues, se ha visto que estos factores son incidentes en la presentación de actividad ovárica posparto.
4. Realizar estudios que relacionen otros factores que influyan en el comportamiento reproductivo posparto en vacas F1 (Brahman-Holstein), con el objeto de mejorar la producción en estas vacas.
5. Utilizar el ultrasonido como ayuda diagnóstica en hatos de ganado bovino, para disminuir los errores humanos.
6. Aplicar medidas que disminuyan la presentación de estrés calórico y que contribuyan a elevar la producción en hatos de ganado lechero.

## IX. RESUMEN

Para la realización del trabajo se utilizó un hato de ganado mixto de 200 vacas, localizado en el municipio de la Gomera, Escuintla, en el que se encuentran 169 vacas F1 (Brahman-Holstein), siendo el resto de vacas, razas lecheras puras (Holstein y Jersey) y vacas Brahman puras.

En el estudio se incluyeron 90 vacas F1 (Brahman-Holstein), con una condición corporal de 2.5 en adelante, que se encontraron posparto durante el verano, que incluye los meses de noviembre 2003 a abril de 2004.

La actividad ovárica se evaluó con intervalos de 21 días, se definió a una vaca ciclando como aquella que presenta un cuerpo lúteo en uno de los ovarios; para el diagnóstico se utilizó palpación rectal que fue corroborada con ultrasonido.

Para evaluar la temperatura media diaria y porcentaje de humedad media diaria se utilizaron los datos colectados por el Ingenio Guadalupe, que es el centro de referencia para el INSIVUMEH. Se realizó un promedio de temperatura y humedad en períodos de veinte días para poder relacionarlos con los días en que las vacas presentaron actividad ovárica posparto.

Los resultados se analizaron por medio del coeficiente  $R^2$ , indicando que no hubo relación entre la temperatura media y presentación de la actividad ovárica posparto de vacas F1 (Brahman-Holstein) ( $R^2 = 15.17\%$ ), ni tampoco hubo relación entre el porcentaje de humedad media y la actividad ovárica posparto ( $R^2 = 2.8\%$ ).

El estudio demostró que en el ganado F1 (Brahman-Holstein) para producción lechera en la costa sur de Guatemala, con una condición alimenticia y corporal adecuadas, la presentación de la actividad ovárica posparto y por lo tanto el período de días abiertos en vacas gestantes no se vio afectado por la temperatura ni por la humedad ambiental durante los meses de noviembre 2003 a abril 2004.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. Alba, J de. 1985. Reproducción Animal. México, La Prensa Médica Mexicana. p. 329-336.
2. ASOCEBU (Asociación Nacional de Jueces de la Raza Cebú, CO). s.f. Colombia, ASOCEBU. p. 155.
3. Bath, DL; Dickinson, FN; Tucker, HA; Applemal, RD. 1982. Ganado lechero, principios, prácticas, problemas y beneficios. 2 ed. México. Editorial Interamericana. P. 302.
4. Bearden, HJ; Fuquay JW. 1982. Reproducción Animal Aplicada. Trad. H Sumano López; L Ocampo Camberos. México, El Manual Moderno. p. 258-260.
5. Camps, DN; González, GO; García, J. 2001. Condición corporal: una interesante herramienta para monitorear el programa nutricional de los rodeos de cría. (en línea). Consultado 22 oct. 2004. Disponible en: <http://www.portalveterinaria.com>
6. Evaristo, RR; Echeverría, LC. 1999. Factores que afectan el intervalo parto primer servicio en vacas lecheras de crianza intensiva. (en línea). Consultado 17 oct. 2004. Disponible en <http://www.visionveterinaria.com>
7. Fuenmayor, C. 2004. En los llanos centrales el estrés calórico afecta la eficiencia reproductiva de las vacas. (en línea). Consultado 19 oct. 2004. Disponible en <http://www.ceniap.gov>
8. Ginther, OJ. 1995. Ultrasonic imaging and animal reproduction: Fundamentals. US, Equiservices Publishing. 3 v.
9. González, F. 2003. Curso II de Medicina Veterinaria. Guatemala, s.e. 11p.
10. Hafez, ESE. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales. Trad. R Palacios Martínez. 6 ed. México, McGraw-Hill. 542 p.

11. IIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias) Universidad de Chile. 2000. Efecto de la temperatura y la suplementación energética sobre la producción de leche en vacas lecheras a pastoreo (en línea). Consultado 4 ene. 2004. Disponible en <http://www.scielo.cl/scielo.php>
12. Las vacas lecheras responden en forma diferente a las temperaturas elevadas. 2004. (en línea). Consultado 17 oct. 2004. Disponible en <http://www.pcca.com>
13. Martín Richard, M. 2003?. Estrés por calor en vacas lecheras (en línea). Consultado 3 dic. 2003. Disponible en <http://exopol.com/general/indcir.html>
14. Maynard, LA; Loosli, JK; Hintz, HF; Warner, RG. 1981. Nutrición Animal. Trad. A Ortega Said. 7 ed. Cuarta ed. en español. México, McGraw-Hill. p.506
15. Prem González, JJ. 1997. Interrelación de factores que afectan la sobrevivencia embrionaria durante el estrés calórico en bovinos. Trabajo de Investigación de Posgrado. San José, Costa Rica, Universidad Nacional. 22 p.
16. Ramírez Gómez, R; Segura Correa, JC. 1992. Comportamiento reproductivo de un hato de vacas Holstein en el noreste de México. (en línea). Consultado 19 oct. 2004. Disponible en <http://www.cipav.org>
17. Rutter, B. 2002. Puerperio bovino (en línea). Consultado 12 de abril de 2004. Disponible en <http://www.portalveterinaria.com/servicios.php>
18. Shaw, DW. 2002?. Efectos del estrés calórico en la función reproductiva de las vacas lecheras. Trad. (en línea). Consultado 8 ene. 2004. Disponible en [http://www.manant.unt.edu.ar/Departamentos/pro\\_animal/General\\_1/Estres2.htm](http://www.manant.unt.edu.ar/Departamentos/pro_animal/General_1/Estres2.htm)
19. Wiersma, S. 1990. Tabla de índice de temperatura-humedad para estimaciones de estrés de calor. Arizona, US; Department of Agricultural Engineering. 1 p.

# **XI. ANEXOS**

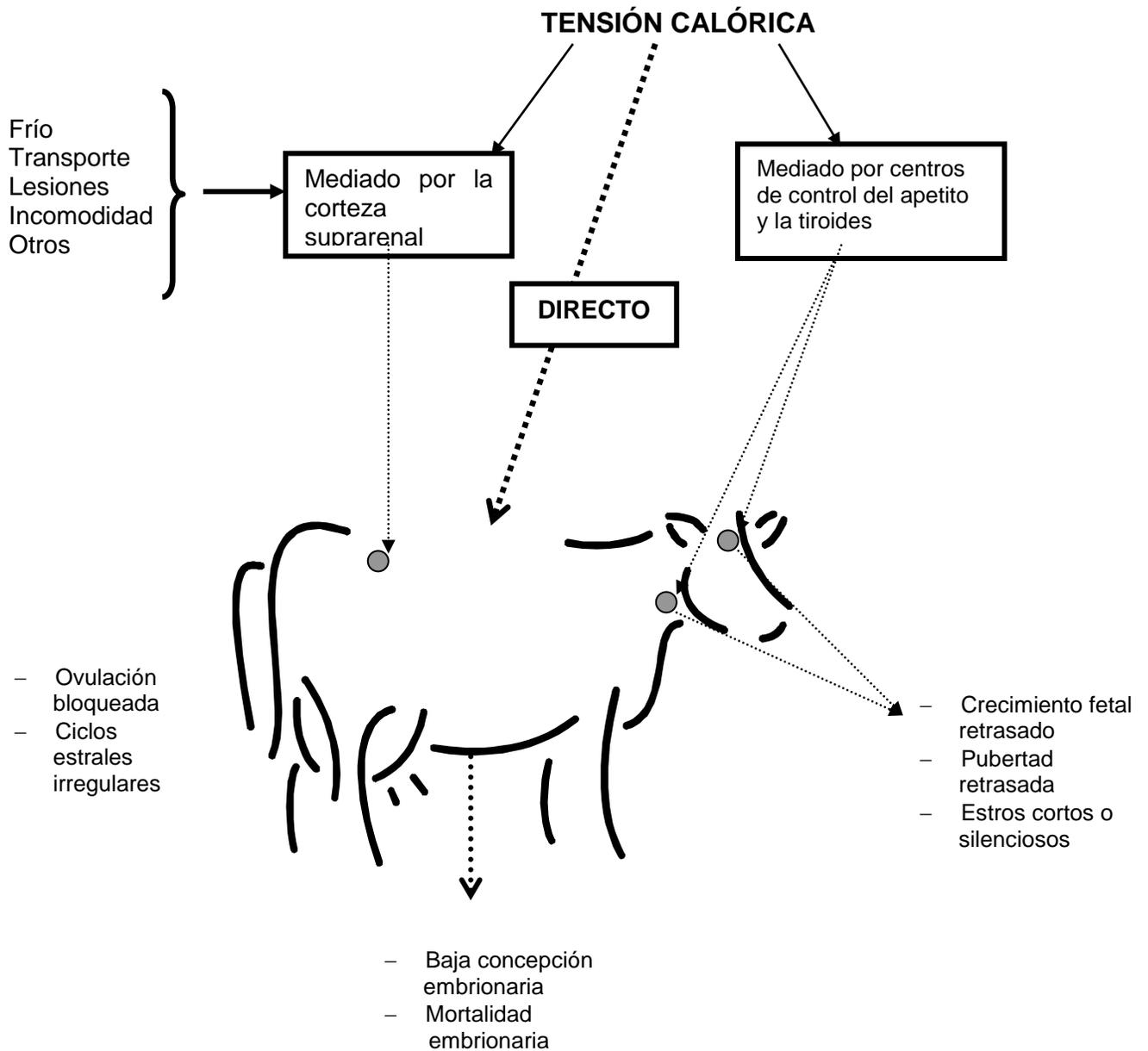
## 11.1 PRINCIPALES HORMONAS DE LA REPRODUCCIÓN EN VACAS

Cuadro 1 (10)

FUENTE	HORMONAS LIBERADORAS	ACTIVIDADES FISIOLÓGICAS
HIPOTÁLAMO	<p>4 Hormona liberadora de hormona luteinizante (LHRH)</p> <p>4 Hormona liberadora de hormona del crecimiento (GR.)</p> <p>4 Hormona inhibidora de hormona del crecimiento (GHIH)</p> <p>4 Hormona liberadora de tirotropina (TRH)</p> <p>4 Factor inhibidor de prolactina (PIF)</p> <p>4 Hormona liberadora de corticotropina (CRH)</p>	<p>4 Estimula la liberación de FSH y LH.</p> <p>4 Estimula la liberación de hormona del crecimiento.</p> <p>4 Inhibe la liberación de hormona del crecimiento.</p> <p>4 Estimula la liberación de TSH y prolactina.</p> <p>4 Inhibe la liberación de prolactina.</p> <p>4 Estimula la liberación de ACTH.</p>
HIPÓFISIS ANTERIOR	<p>4 Hormona folículo estimulante (FSH)</p> <p>4 Hormona Luteinizante (LH)</p> <p>4 Prolactina (PRL)</p>	<p>4 Estimula el crecimiento folicular, la espermatogénesis y la secreción de estrógeno.</p> <p>4 Estimula la ovulación, funcionamiento del cuerpo amarillo y la secreción de progesterona, estrógeno y andrógeno.</p> <p>4 Promueve la lactación, estimula el funcionamiento del cuerpo amarillo y la secreción de progesterona, promueve el comportamiento materno.</p>
HIPÓFISIS POSTERIOR	<p>4 Oxitocina (almacenada en la hipófisis posterior, también producida en el ovario).</p>	<p>4 Estimula las contracciones uterinas, el parto y el transporte de óvulos. Facilita la eyección de leche.</p>
PLACENTA	<p>4 Lactógeno placentario y proteína B de la preñez.</p>	<p>4 Regulan el transporte de nutrimentos de la madre al feto.</p>

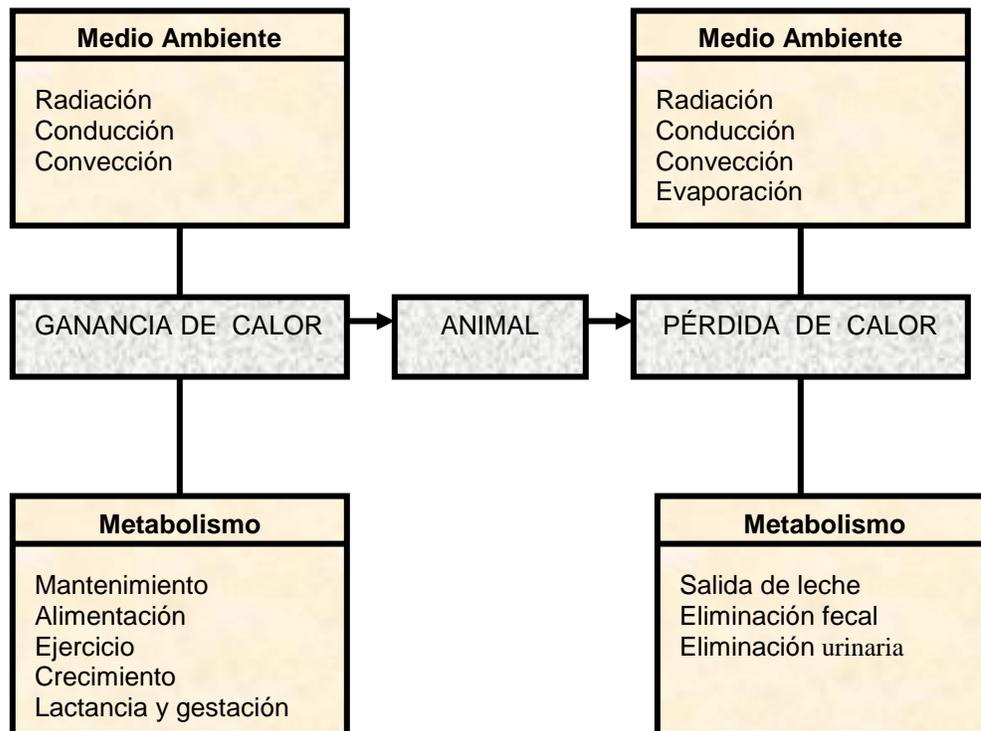
OVARIO	<p>4 Estrógenos (E)</p> <p>4 Progestinas (progesteronas) (P)</p>	<p>4 Promueven el comportamiento materno, estimulan las características sexuales secundarias, contracciones uterinas y crecimiento de los conductos mamarios. Controlan la liberación de gonadotropina, estimulan captación de calcio en huesos tienen efectos anabólicos.</p> <p>4 Actúan sinérgicamente con estrógenos en la promoción del comportamiento estrual y en la preparación del aparato reproductor para la implantación.</p>
UTERO	<p>4 Relaxina</p> <p>4 Prostaglandinas</p>	<p>4 Dilata el cuello uterino.</p> <p>4 Producen contracciones uterinas y son luetolíticas.</p>

**11.2 FENÓMENOS DE LA REPRODUCCIÓN ALTERADOS POR TENSIONES Y POSIBLES MECANISMOS FISIOLÓGICOS DE ACCIÓN. Figura 1 (4)**



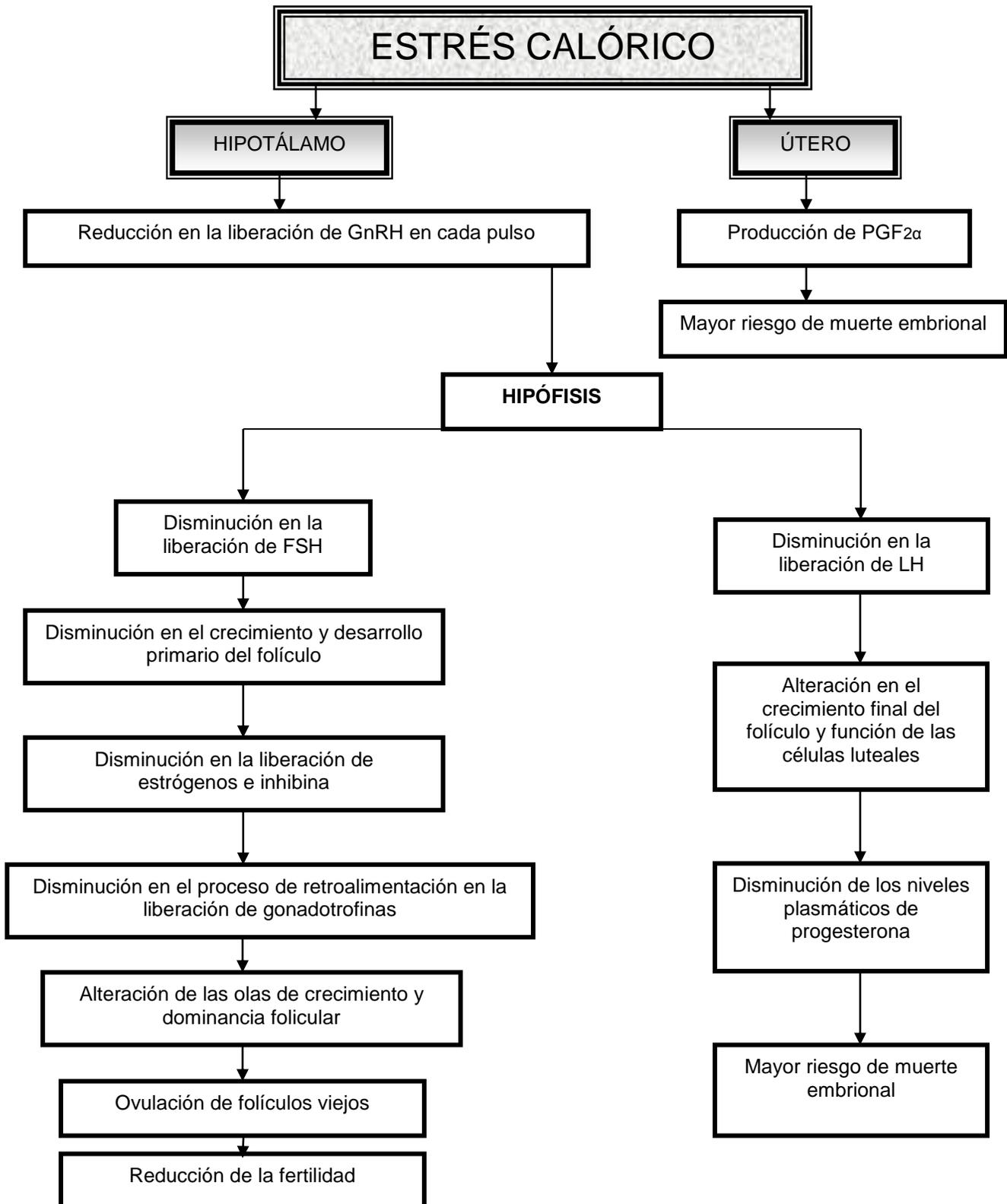
### 11.3 EQUILIBRIO DEL INCREMENTO DE LA GANANCIA DE CALOR Y LA PÉRDIDA DE CALOR QUE CONTRIBUYE A LA TERMORREGULACIÓN EN UN ANIMAL

Figura 2 (4)

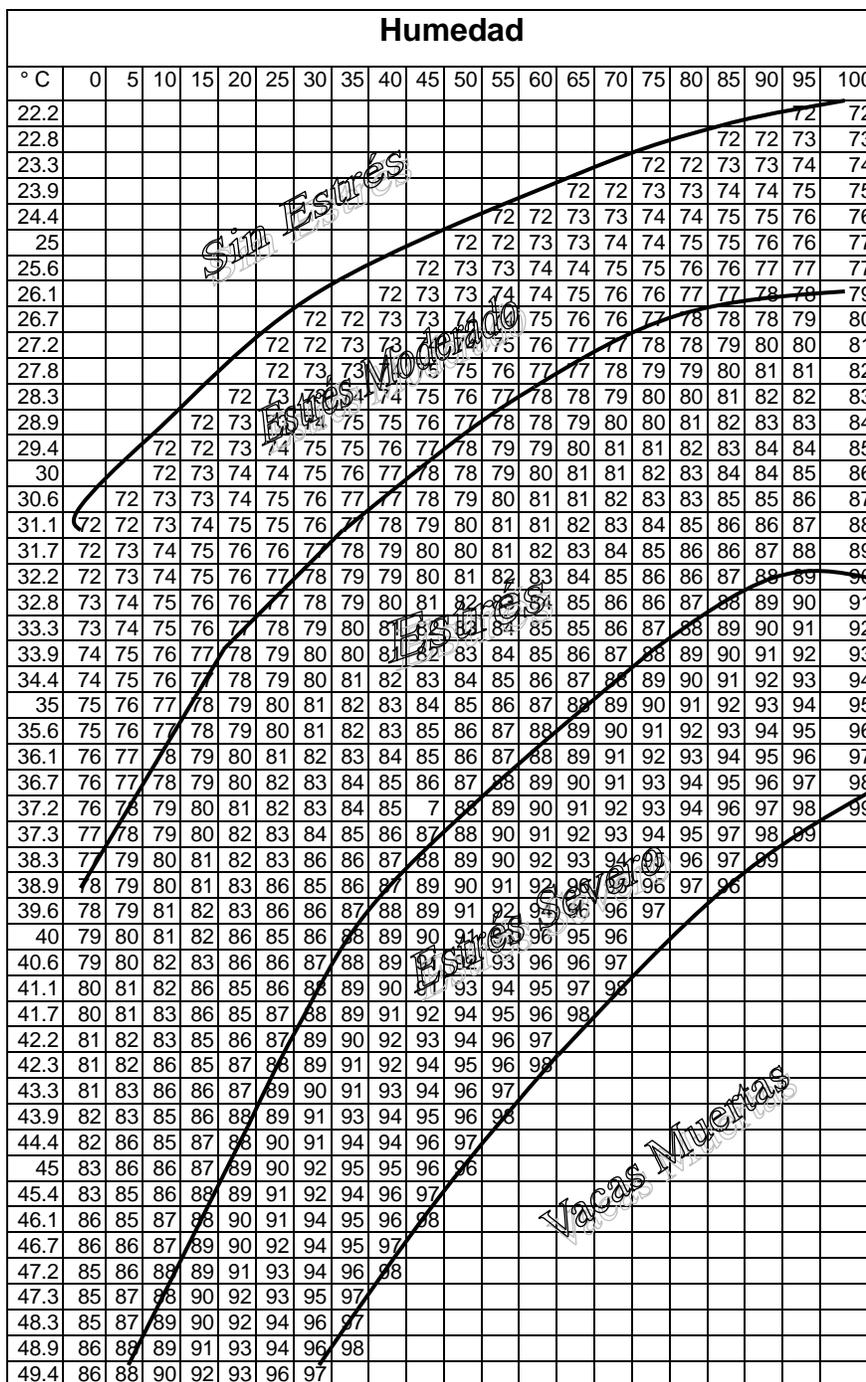


## 11.4 ALTERACIONES ENDOCRINAS PRODUCIDAS POR EL ESTRÉS DE CALOR

Figura 3 (15)

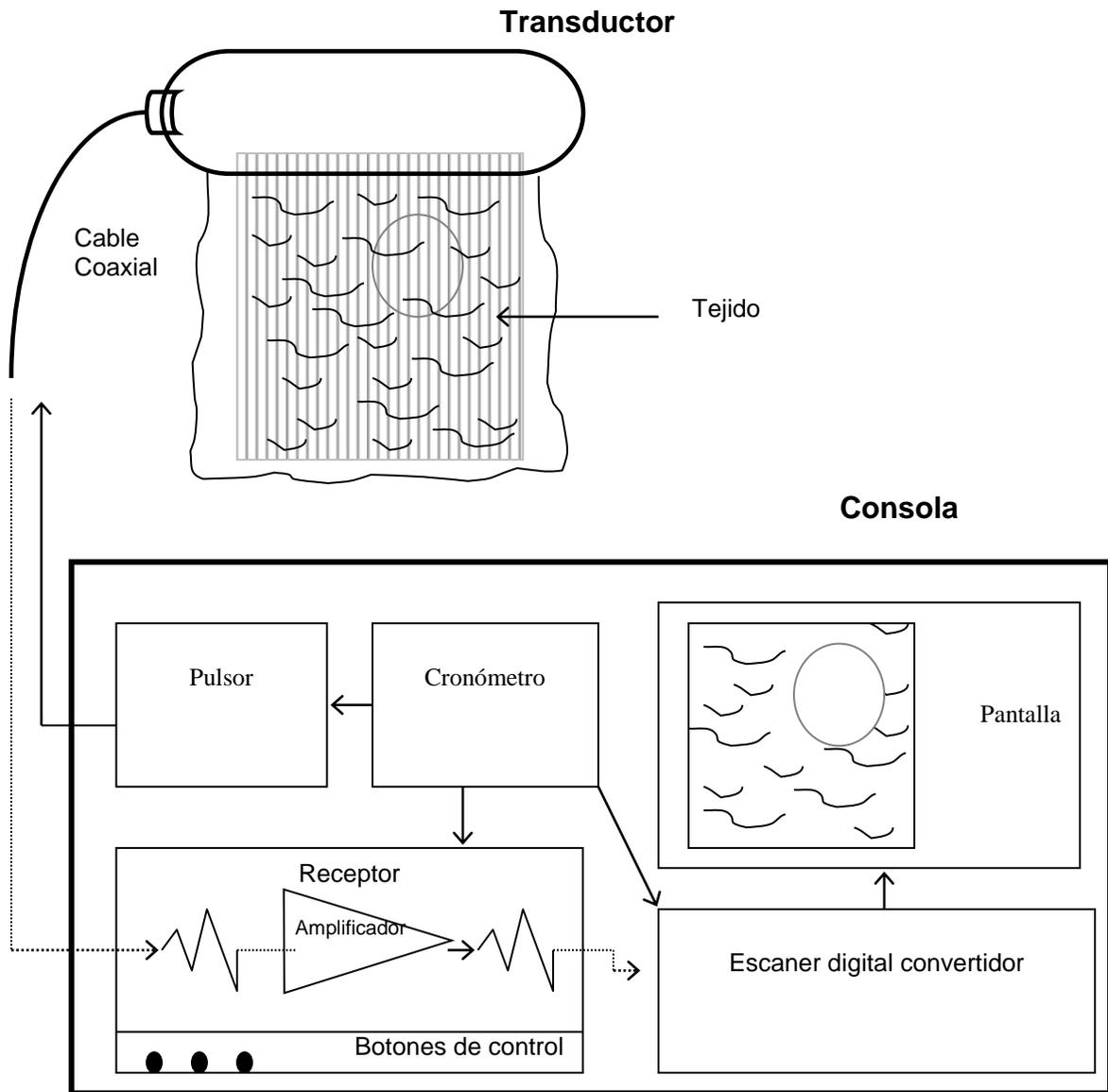


# 11.5 INDICE DE TEMPERATURA-HUMEDAD PARA ESTIMACION DE ESTRÉS DE CALOR Figura 4 (19)



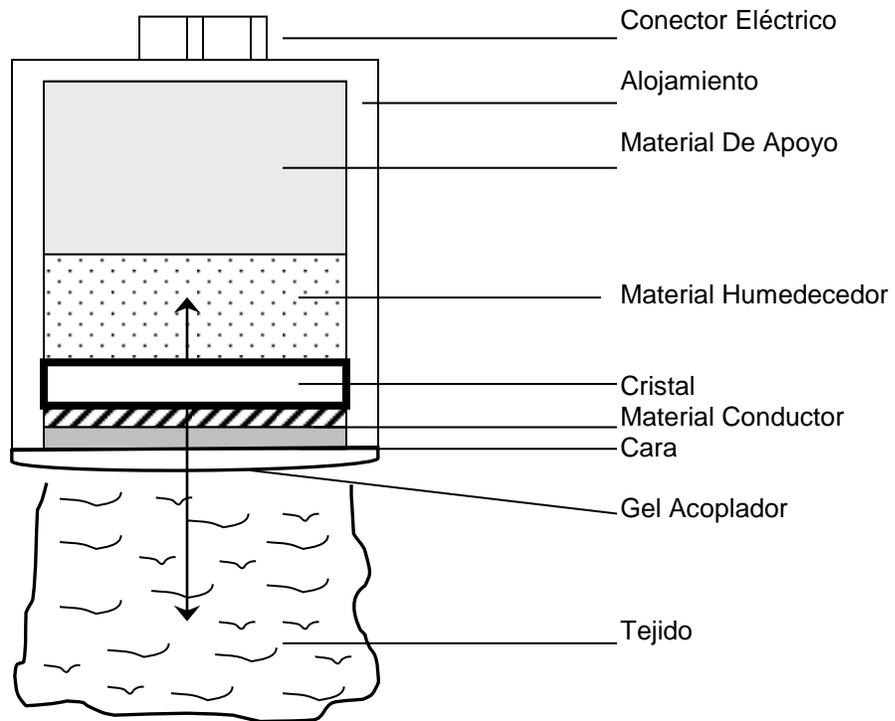
## 11.6 COMPONENTES DE UN ESCANER

Figura 5 (8)



## 11.7 PRODUCCIÓN DE PULSOS

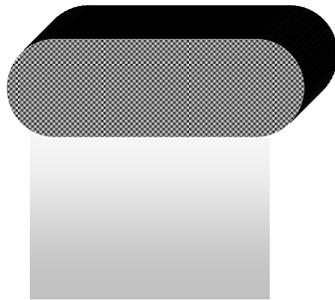
Figura 6 (8)



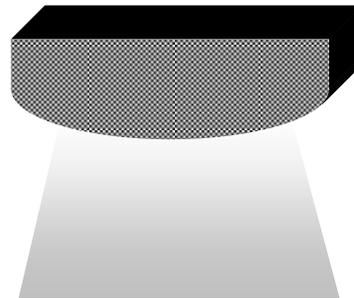
## 11.8 TIPOS DE TRANSDUCTOR

Figura 7 (8)

Lineal



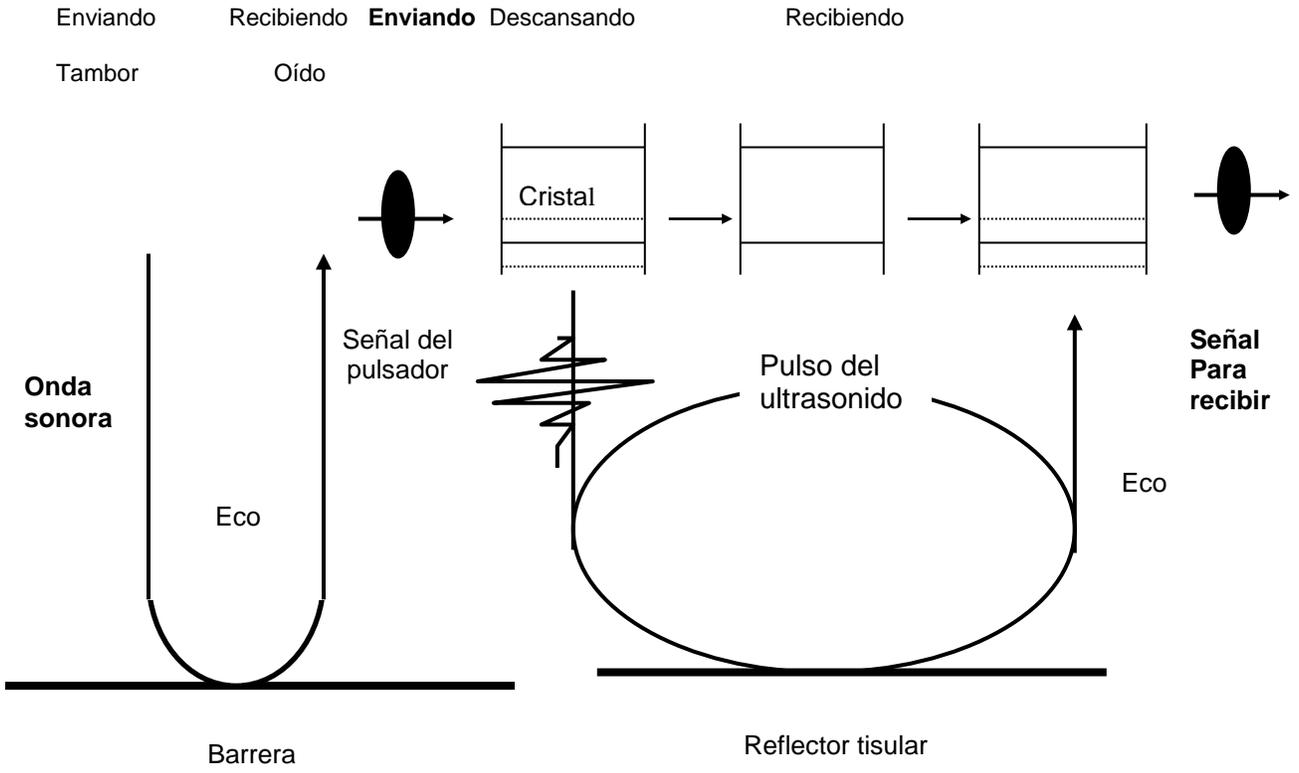
Convexo



Vista lateral

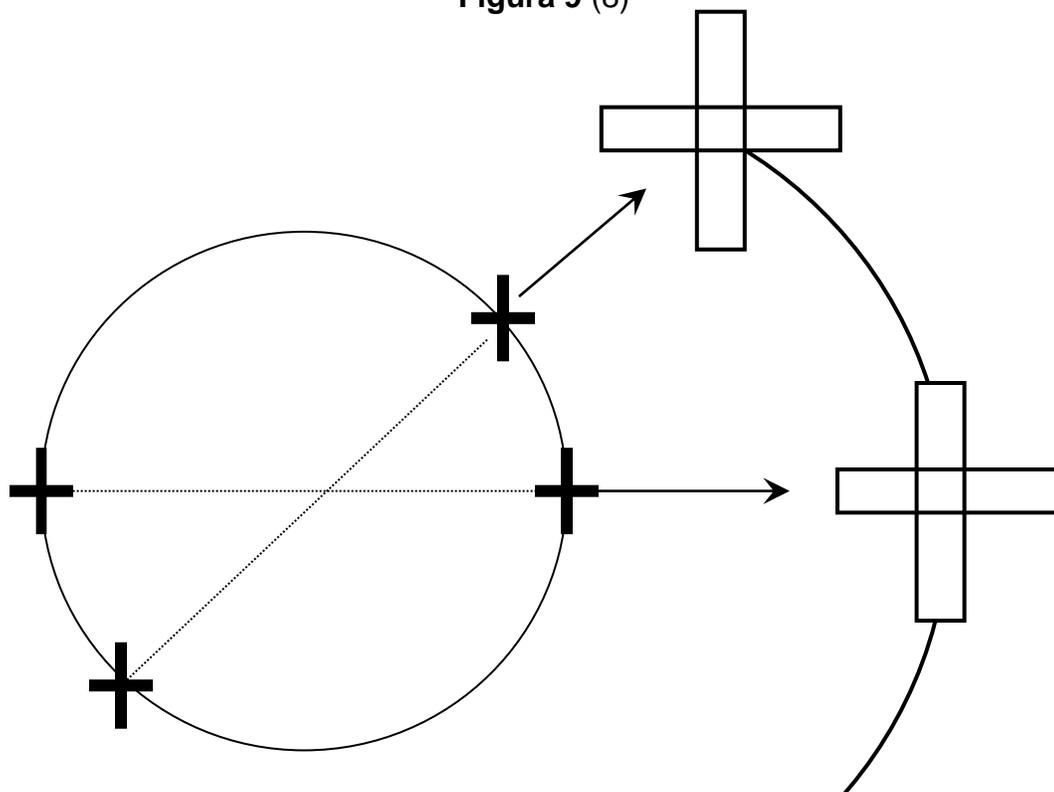
# 11.9 RECEPCIÓN DE ECOS

Figura 8 (8)



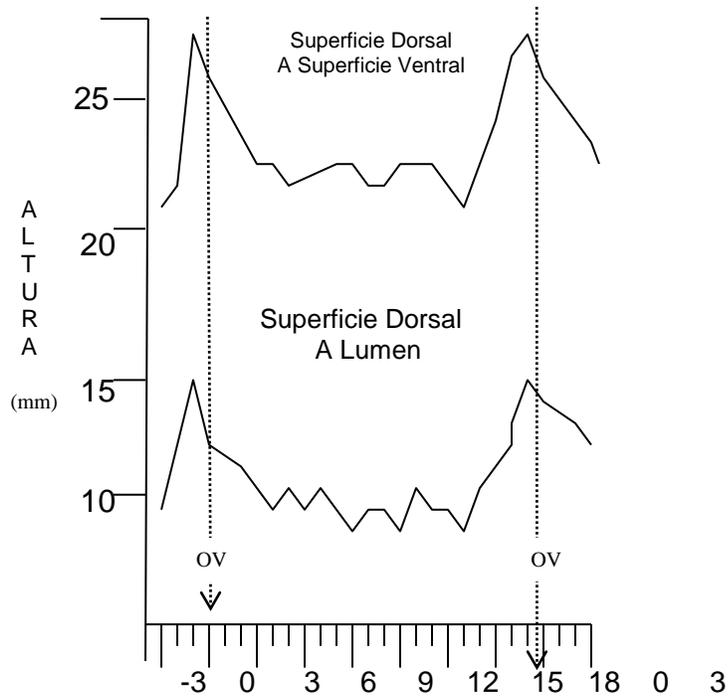
**11.10 LOCALIZACIÓN DEL CURSOR PARA MEDIR EL DIÁMETRO DE LA PARED FOLICULAR**

**Figura 9 (8)**



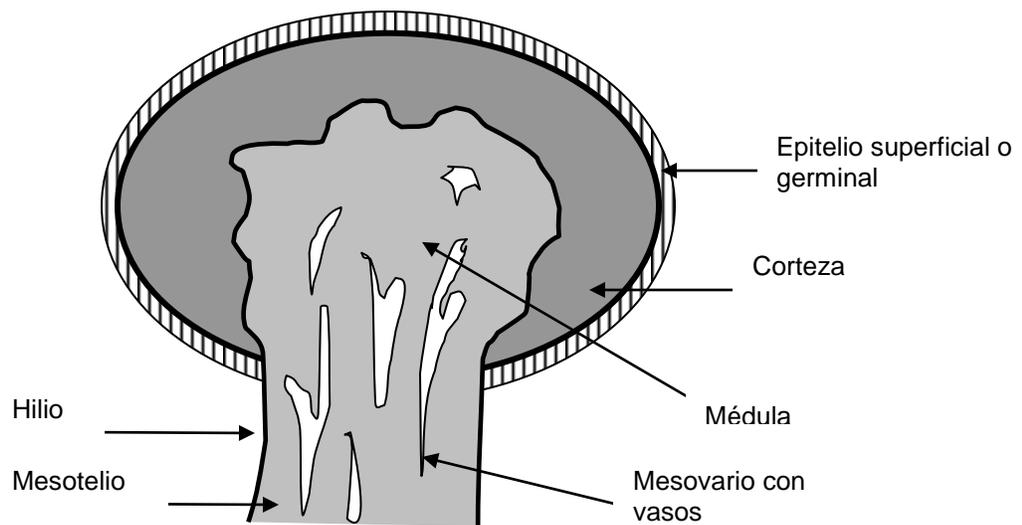
### 11.11 NÚMERO DE DÍAS DESDE LA OVULACIÓN

Figura 10 (8)



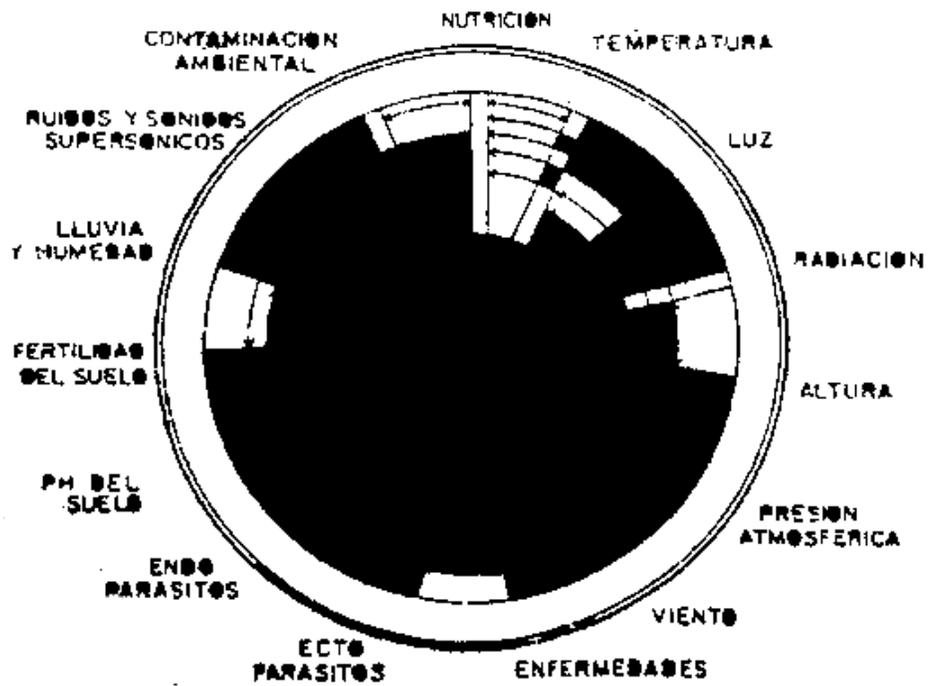
### 11.12 ANATOMÍA OVÁRICA

Figura 11 (8)

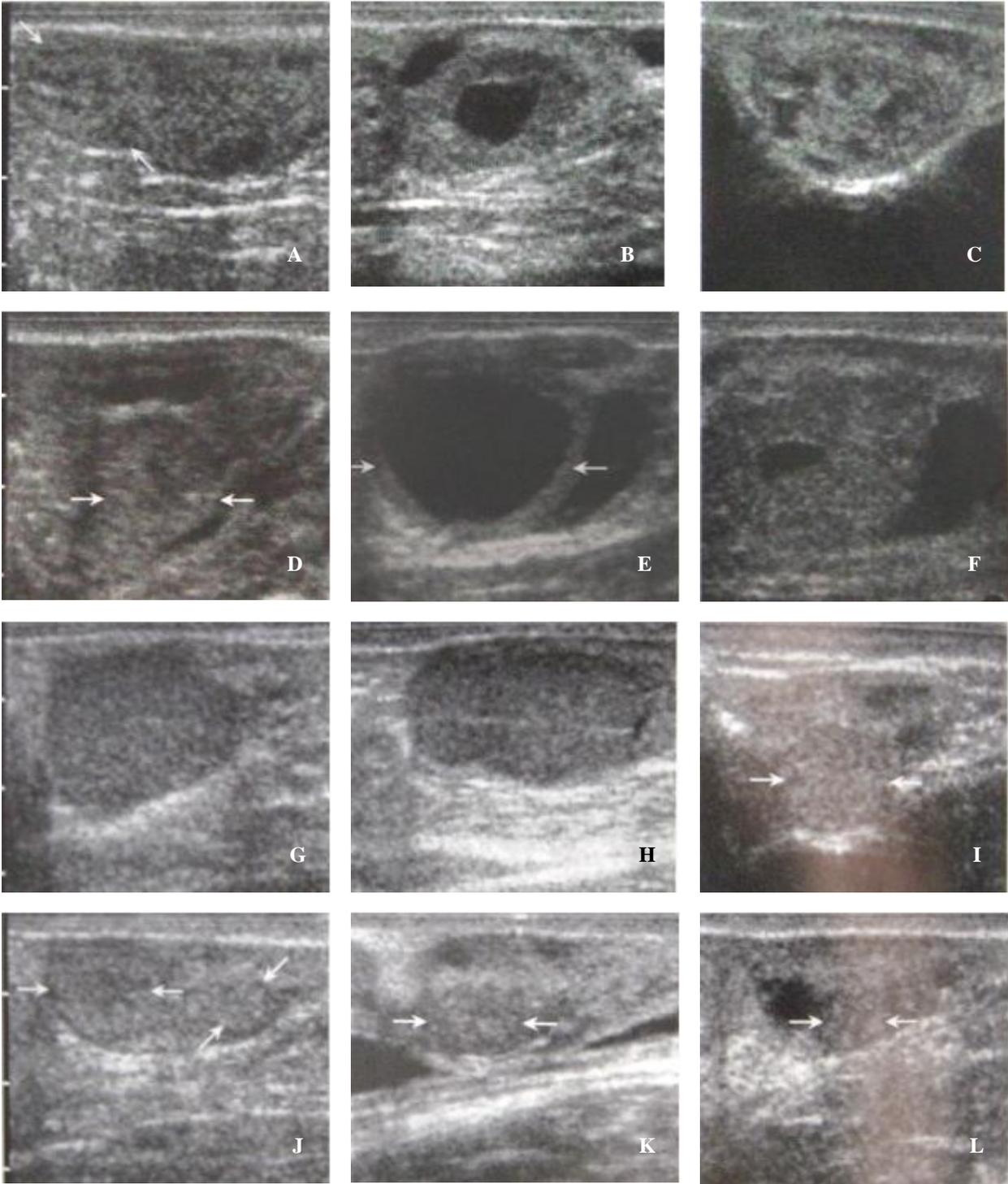


### 11.13 ECOLOGÍA DEL GANADO

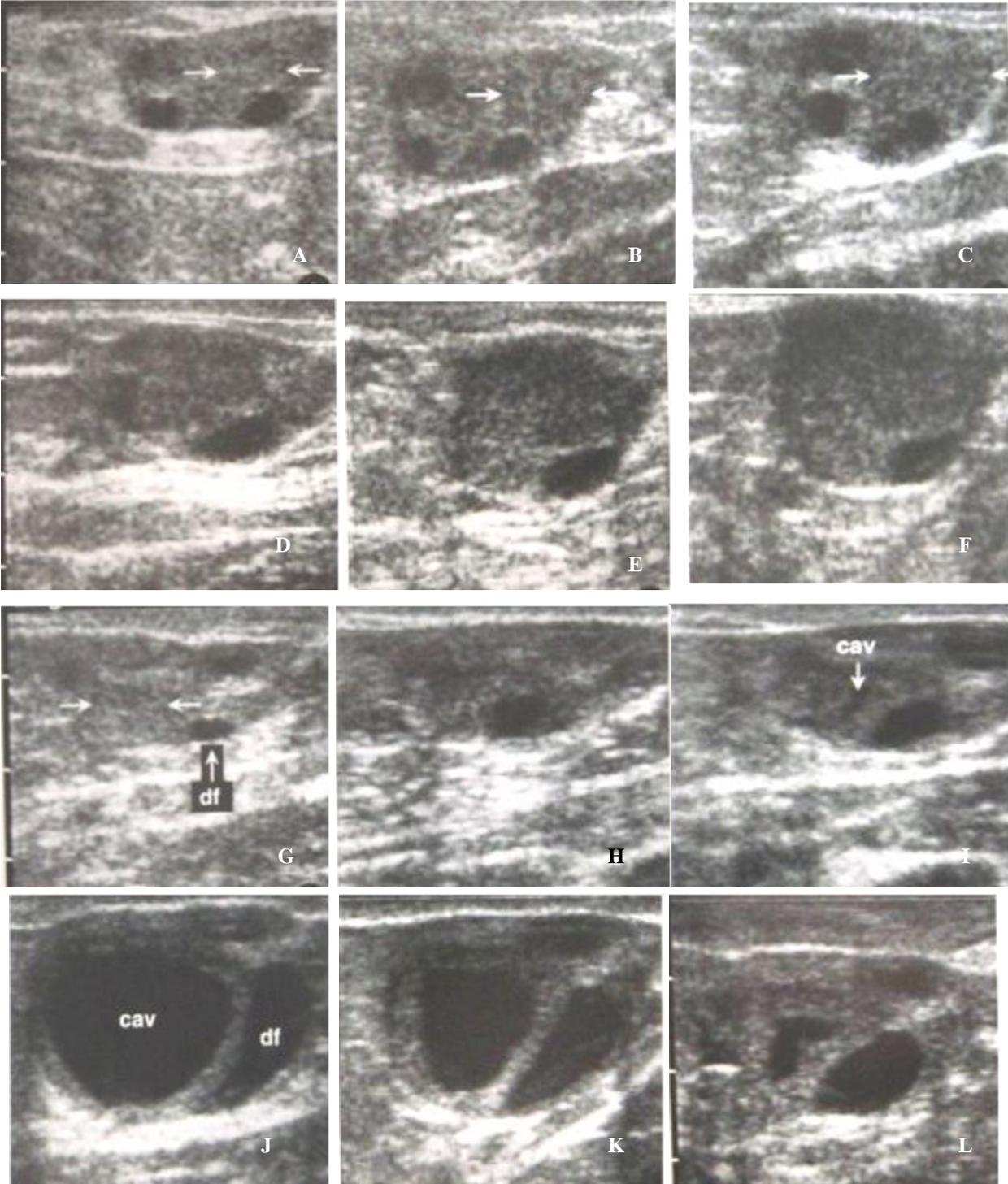
Figura 12 (13)



11.14 Ultrasonidos del cuerpo lúteo. Serie fotográfica 1 (4)



11.15 Serie fotográfica 2: (4)



11.16 Serie fotográfica 3: (4)

