



# UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

APORTE BIBLIOGRÁFICO SOBRE EL ESTRO SILENCIOSO EN LA  
HEMBRA BOVINA, ETIOLOGÍA Y REPERCUSIONES

SERVICIO PROFESIONAL QUE PRESENTA

**P.M.V.Z RIGOBERTO VAZQUEZ PEÑA**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO

ZOOTECNISTA

ASESOR MP. FERNANDO PINTOR RAMOS

Morelia, Michoacán de Ocampo, Agosto del 2011



# UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

APORTE BIBLIOGRÁFICO SOBRE EL ESTRO SILENCIOSO EN LA  
HEMBRA BOVINA, ETIOLOGÍA Y REPERCUSIONES

SERVICIO PROFESIONAL QUE PRESENTA

**P.M.V.Z RIGOBERTO VAZQUEZ PEÑA**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO

ZOOTECNISTA

Morelia, Michoacán de Ocampo, Agosto del 2011

## AGRADECIMIENTOS

A MI MADRE

SRA. MARÍA EULALIA PEÑA SALGADO

QUE POR TU COMPRENSIÓN Y AMOR INFINITOS, POR TUS CUIDADOS QUE SIEMPRE ME HAS PROFESADO, TU AYUDA INCONDICIONAL SIN RESTRICCIONES NI LIMITACIONES, POR ESA FE INIMAGINABLE QUE SIEMPRE ME TUVISTE, NO ME ALCANZARÁ LA VIDA PARA AGRADECERTE POR TODO LO QUE HAS HECHO POR MI, AL ENSEÑARME VALORES Y RESPETO. GRÁCIAS MAMÁ, QUE ESTE TÍTULO SEA TUYO TAMBIÉN.

A MIS NIÑAS

A BRENDA DONAJI: GRÁCIAS POR LA PACIENCIA AL ESPERARME TANTO TIEMPO, POR TODO LO QUE HAS SUFRIDO Y QUE NO SERÁ EN VANO.

† A KEISI YELITZA: QUE POR TU SACRIFICIO ME ESPERAS EN EL CIELO; GRÁCIAS POR ENSEÑARME QUE TODOS TENEMOS UN DESTINO EN ÉSTA VIDA. Q.E.P.D.

A MI ESPOSA

DRA. MARÍA GUADALUPE NAVARRETE DAMIÁN

A TI MI INSEPARABLE COMPAÑERA, QUE LO HAS DADO TODO Y PERDIDO MUCHO POR ESTAR CONMIGO, QUE CREISTE EN MI, EMPRENDIENDO ÉSTE CAMINO PARA CAMBIAR MIS ESTRELLAS. GRÁCIAS.

A MIS TÍOS (Q. E. P. D.)

† CIRILO VAZQUEZ SUÁREZ  
† MARÍA CRISTINA MIRAMON SALGADO

QUE DONDE QUIERA QUE ESTÉN, SE SIENTAN ORGULLOSOS DE MI, PORQUE A PESAR DE NO ESTAR FISICAMENTE SIEMPRE HAN ESTADO CONMIGO, ADEMÁS DE SU EJEMPLO DE VIDA QUE ME LEGARON.

A MIS SUEGROS

SR. ISIDRO NAVARRETE SAN ELÍAS

SRA. ROCIO DAMIÁN DELGADILLO

POR TODO EL AMOR Y CUIDADOS QUE LE DIERON A MI HIJA POR MI DURANTE ÉSTA EMPRESA.

A MIS AMIGOS

AGRADEZCO TODO EL APOYO QUE HE RECIBIDO; QUE DIOS ME DIÓ UNOS HERMANOS EN USTEDES. ADAL: GRÁCIAS PORQUE SI BIEN NO NACIMOS DEL MISMO VIENTRE, TE CONSIDERO MI HERMANO. A MI COMPADRE, AMIGO Y HERMANO LUIS: QUE ESTUVISTE CONMIGO EN LA ETAPA MAS DIFICIL. AMELIA, NELSI, CLAUDIA, MABEL, ABIGAIL, GUADALUPE, EDITH, WILMA, JOSÉ LEVI, GILBERTO VICTORINO, CIRILO, DAHIR, EFRÉN, MOISÉS, VICENTE, CARLOS DAVID, FELIPE, ITSAIN, JOSÉ PASCUAL, ANDRÉS, JOSÉ SALVADOR, NESTOR Y CRUZITO: POR SU AMISTAD Y APOYO, QUE DURANTE ESTE TIEMPO ME HAN PRIVILEGIADO, GRÁCIAS, PORQUE HAN SIDO, SON Y SERÁN PARTE DE MI VIDA.

A MI ASESOR

DR. FERNANDO PINTOR RÁMOS

A MI PROFESOR, ASESOR Y AMIGO, POR SU INMENSA PACIENCIA PARA CONMIGO, AL ENSEÑARME UN POCO DE SU BASTO CONOCIMIENTO, Y POR SU INTACHABLE CONDUCTA, YA QUE ES UN EJEMPLO A SEGUIR.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

Introducción.....	4
1 Pubertad y el inicio de la actividad cíclica.....	5
2 El ciclo estral de la vaca .....	7
2.1 Anestro.....	8
2.2 Proestro .....	8
2.3 Estro.....	9
2.4 Diestro.....	10
2.5 Metaestro .....	11
3 El hipotálamo.....	12
3.1 Anatomía y fisiología del hipotálamo.....	12
4 La hipófisis.....	13
4.1 Anatomía y Fisiología de la hipófisis .....	15
5 Ovarios .....	16
5.1 Anatomía de los ovarios.....	17
5.2 Fisiología del ovario .....	17
5.3 Dinámica folicular bovina .....	19
6 Hormonas .....	22
6.1 Definición de hormona .....	23
6.2 Hormona gonadotropina (GNRH).....	23
6.3 Hormona folículo estimulante (FSH) .....	24
6.4 Hormona Luteinizante (LH) .....	25
6.5 Estrógenos.....	26
6.6 Progesterona.....	27
6.7 Colesterol como precursor hormonal .....	28
7 Regulación neuroendocrina del ciclo estral .....	29
7.1 Fase folicular o de regresión lútea (proestro).....	31



7.2	Fase periovulatoria (estro y metaestro).....	31
7.3	Fase luteal (diestro) .....	33
8	<i>El celo</i> .....	33
8.1	Manifestaciones fisiológicas.....	34
8.2	El celo silencioso.....	36
8.2.1	Factores que lo causan .....	37
8.2.1.1	Problemas de desarrollo .....	38
8.2.1.2	Infeciosos .....	39
8.2.1.2.1	Endometritis .....	40
8.2.1.2.2	Piómetra.....	41
8.2.1.2.3	Específicas por organismos infecciosos.....	42
8.2.1.3	Subfertilidad funcional.....	46
8.2.1.4	Nutrición.....	46
8.2.1.4.1	Relación entre la fertilidad y el desbalance energía / proteína en la dieta .....	48
8.2.1.4.2	Deficiencia de elementos traza .....	49
8.2.1.4.3	Deficiencia de vitamina e y/o selenio .....	49
8.2.1.5	Estrés.....	50
8.2.1.6	Problemas específicos de reproducción .....	51
8.2.1.6.1	Distocia .....	51
8.2.1.6.2	Retención placentaria.....	53
8.2.1.6.3	Inactividad ovárica .....	53
8.2.1.6.4	Quistes ováricos.....	55
8.2.1.6.5	Formación lútea prolongada.....	56
8.2.1.6.6	Defectos ovulatorios.....	58
8.2.1.6.7	Adherencias óvaro-bolsa.....	58
8.2.1.6.8	Retraso en la ovulación.....	59
8.2.1.6.9	Desequilibrio hormonal. ....	60
9	<i>Métodos de control del estro y ovulación</i> .....	61
9.1	Prostaglandinas y otros análogos .....	63
9.2	Control progesterona .....	65
9.3	Tratamientos combinados.....	66
9.3.1	Progestágenos en combinación con la prostaglandina .....	67
9.3.2	Combinado de progestágenos-GNRH-prostaglandinas .....	67
9.3.3	Combinación GNRH-prostaglandinas.....	68
9.3.4	Combinación estradiol-progestágenos .....	69

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



10	Identificación del celo silencioso .....	70
10.1	Observación directa .....	70
10.2	Palpación .....	71
10.3	Ecografía.....	71
10.4	Progesterona en leche. ....	72
	<b>Conclusiones.....</b>	<b>73</b>
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>74</b>

---

### ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1.	Fluctuación hormonal durante el ciclo estral. ....	8
Figura 2.	Funciones del folículo y del cuerpo lúteo. ....	9
Figura 3.	Esquema de la dinámica folicular durante un ciclo estral bovino, surgido de estudios realizados por medio de Ultrasonografía. ....	21
Figura 4.	Representación esquemática de la vía de síntesis de estradiol-17 $\beta$ en los folículos ováricos. ....	29
Figura 5.	Esquema simplificado de las interrelaciones hormonales del eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero. ....	30
Figura 6.	a) Moco filante, transparente, viscoso; b) Mucus ensuciando cola, pelos demudados, raspaduras; c) vaca en celo en posición de cubrición, aceptando la monta por otra. ....	35
Figura 7.	a) Apoyo del mentón, b) Monta craneal .....	35
Figura 8.	a) Monta activa, b) Monta pasiva. ....	36
Figura 9.	Combinación de tratamientos empleados en el control del celo en las vacas. ....	66





## Introducción

La reproducción es la piedra angular de la producción animal, ya que de ella depende la supervivencia de la especie, el nacimiento de nuevos individuos trae consigo muchos beneficios como la producción de leche, nuevos reemplazos de vientres, obtención de sementales, etc.

En condiciones normales, la hembra fisiológicamente cumple un ciclo estral y reproductivo, donde, periódica o estacionalmente entra en celo, mostrando una conducta específica que denota dicha condición, teniendo así un curso normal el manejo posterior de monta, inseminación artificial o bien por trasplante de embriones, pero, en raras ocasiones se encuentran hembras que si bien presentan un ciclo estral adecuado y una maduración folicular, no evidencian el comportamiento como tal que denote el estro, también llamado **celo silencioso**.

Si el manejo reproductivo se ve afectado por causa del estro silencioso, el ganadero o criador se podría enfrentar a un panorama serio de problemas económicos repercutiendo en los diferentes sectores de la sociedad, que directa o indirectamente se benefician de los ingresos generados por las explotaciones ganaderas.

En la naturaleza el parto se produce en la primavera, la época más favorable para la descendencia, durante el período de aumento de luz, calor y también en el momento donde la madre dispone de abundante comida para asegurar una adecuada lactancia suficiente para mantener a su cría. En las condiciones de la alimentación y las instalaciones suministradas por la domesticación, la temporada de reproducción tiende a alargarse, y algunas especies, en particular el ganado bovino, pueden reproducirse en cualquier momento durante el año, todos los animales domesticados, sin embargo, muestran una tendencia constante a volver a la época de reproducción natural (Noakes y col. 2001).



## 1 Pubertad y el inicio de la actividad cíclica

El animal joven no muestra evidencia de períodos recurrentes o ciclos de la receptividad sexual. El inicio de estos cambios, cuando la hembra entra en la madurez sexual y es capaz de reproducirse, es que se refiere a la pubertad. Entre las hembras de las especies domésticas, la pubertad precede al desarrollo de madurez física y, a pesar de que es capaz de reproducirse, su eficiencia, particularmente con respecto a su fecundidad, no ha alcanzado su máximo.

El inicio de la pubertad es en gran medida una función de la edad del animal y la madurez, ya la hembra nace con un potencial genético para la actividad reproductiva, siempre que las influencias ambientales son favorables en ese momento, entonces una vez que el "Reloj biológico" se ha iniciado, continuará durante todo el tiempo, siempre y cuando el medio ambiente siga siendo favorable.

Cuando la hembra llega a la pubertad los órganos genitales aumentan de tamaño. Durante la período pre-púber, el crecimiento de los órganos genitales es muy similar a la de otros sistemas de órganos, pero en la pubertad, su tasa de crecimiento se acelera, donde la talla media de los cuernos uterinos se incrementa en un 58%, el peso medio del útero en un 72% y el peso medio de los ovarios en un 32% (Noakes y col. 2001).

En bovinos, se han descrito de dos a tres olas a lo largo del ciclo estral, que se inician aproximadamente los días 1, 9 y 16 del ciclo. Cada ola se caracteriza por un pico transitorio de la hormona folículo estimulante (FSH), que estimula el crecimiento de alrededor de cinco folículos de diámetro entre 4 y 5 mm; este periodo se conoce como reclutamiento cíclico, una etapa de selección, en la cual uno de estos folículos es elegido para continuar creciendo (folículo dominante) y por último, la dominancia que ejerce este folículo sobre el crecimiento de los folículos que comenzaron a crecer con él (folículos subordinados).



Todos los folículos que no son seleccionados como dominantes, sufren un proceso degenerativo conocido como atresia folicular mediante el cual son eliminados del ovario. Por otro lado, si la lisis del Cuerpo Lúteo coincide con la dominancia folicular en una de las tres olas, el folículo dominante podrá ovular, sí esto no sucede, este folículo al igual que sus contemporáneos será eliminado del ovario por el proceso de atresia (Torres y Sánchez.2008).

Las hembras de especies domésticas llegan a la edad de la pubertad en las siguientes edades:

- Yegua: 1-2 años
- Vaca: 7-18 meses
- Oveja: 6-15 meses
- Perra: 6-20 meses

El tiempo de inicio de la pubertad está determinado por el genotipo, las razas pequeñas tienden a ser ligeramente más precoces.

Sin embargo, puede ser influenciada por una serie de factores externos.

- Nutrición. Existe buena evidencia de que en la mayoría de las especies domésticas, la edad de la pubertad está estrechamente relacionada con el peso corporal, por lo tanto, no es sorprendente que la nutrición es un factor importante.
- Estación del año. En aquellas especies que son estacionales, como la oveja, yegua y gata, la edad en que ocurre la pubertad es influenciada por el efecto de la temporada del año.
- La proximidad del macho. Los estudios realizados en ovejas y cerdos han demostrado que la exposición al macho de la especie, avanzará el momento de la aparición de la pubertad. Es llamado



"efecto carnero o de cerdo", es probablemente mediada por señales sensoriales feromonal y otros que influyen al hipotálamo la secreción de GnRH.

- Enfermedad. Cualquier enfermedad que pueda influir en la tasa de crecimiento, ya sea directamente o debido a la interferencia con la alimentación y utilización de los nutrientes, que retrase la aparición de la pubertad (Noakes y col. 2001).

## 2 El ciclo estral de la vaca

La combinación de los acontecimientos fisiológicos que comienzan en un período estral y terminan en el siguiente, reciben el nombre de ciclo estral.

La hembra bovina no gestante, pos puberal, sana, bien alimentada y en condiciones ambientales normales de domesticación es un animal poliéstrico anual, que se mantiene así desde la pubertad hasta los 10-15 años, cuando comienzan los signos de senilidad. Aunque la vaca no es un animal de reproducción estacional, su máxima fecundidad coincide con la primavera, y la mínima con el invierno y el verano. Este efecto estacional es más evidente cuanto más nos alejamos del ecuador (Bavera. 2005).

Existen diferencias entre especies y razas con respecto a la duración y la intensidad del comportamiento estral. La duración del estro en ganado *Bos indicus* es significativamente menor (11horas) que en ganado *Bos taurus* (18 horas). Diferencias en la intensidad del estro entre ganado *Bos taurus* y *Bos indicus* ha sido reportada, en general el comportamiento estral es menos intenso en el ganado tropical (Grajales y col. 2010).

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*

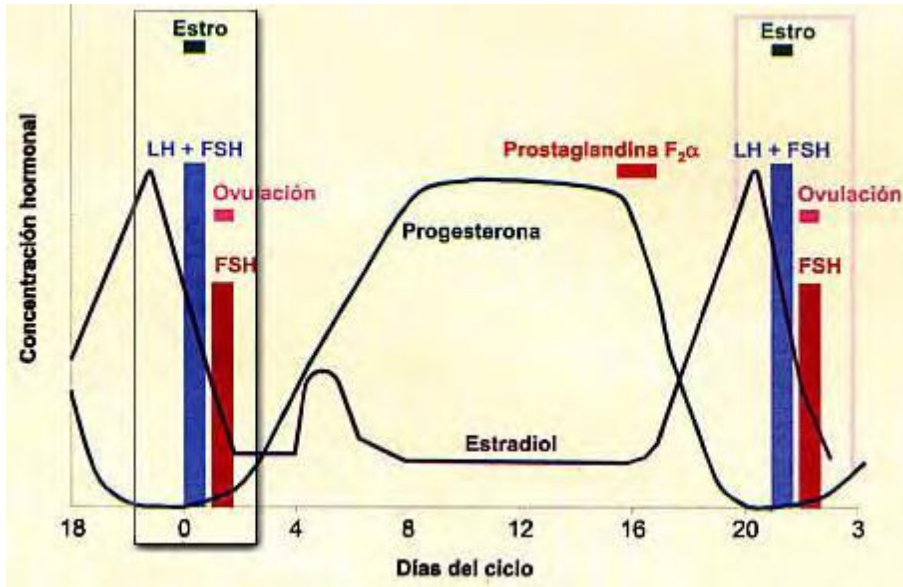


Figura 1. Fluctuación hormonal durante el ciclo estral (Bavera. 2005)

Tradicionalmente, el ciclo estral se divide en fases.

## 2.1 Anestro

El prolongado período de reposo sexual durante el cual el aparato genital, está principalmente en reposo, el desarrollo folicular es mínimo, el cuerpo lúteo, a pesar de ser identificado, ha retrocedido y no es funcional. Las secreciones son escasas, el cuello uterino se estrecha, y la mucosa vaginal es pálida (Noakes y col. 2001).

## 2.2 Proestro

La fase inmediatamente anterior al estro. Hay crecimiento folicular y regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior (en las especies policíclicas). El útero aumenta muy ligeramente, el endometrio se congestiona y edematosa, y sus glándulas muestran evidencia del aumento de la actividad secretora. La mucosa vaginal se hace

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



hiperémica, el número de capas de células del epitelio comienza a aumentar (Noakes y col. 2001).

El período del proestro se caracteriza por crecimiento folicular y producción de estradiol, el cual aumenta el aporte sanguíneo al aparato genital tubular y produce edema del mismo desde la vulva a los oviductos. Los procesos de crecimiento son estimulados a lo largo de todo el aparato genital, pero especialmente en el útero. La vulva se edematiza, el vestíbulo se torna hiperhémico y las glándulas del cuello uterino y de la vagina producen una secreción serosa que recuerda un flujo vaginal claro. El crecimiento del folículo es suficiente para elevarlo y hacer protrusión sobre la superficie del ovario (folículo de De Graaf).

Este período dura de 2 a 4 días, y es donde culminan los preparativos del aparato genital femenino. En este período la hembra puede atraer al macho, pero no permite la monta (Bavera. 2005).



Figura 2. Funciones del folículo y del cuerpo lúteo (Bavera. 2005).

### 2.3 Estro

El inicio y el final de la fase son los únicos puntos con precisión mensurables en el ciclo estral y por lo tanto, se utilizan como base para la determinación de la longitud del ciclo de los animales (Noakes y col. 2001).



El estro, celo o vaca alzada, es el período del deseo sexual, resultante de la acción del estradiol sobre el sistema nervioso central, lo que da origen a las manifestaciones síquicas características. El útero es estimulado en grado suficiente como para que a la palpación rectal el miometrio revele un fuerte tono y el útero se encuentre ligeramente firme y erecto (Bavera. 2005).

El útero, cuello del útero y las glándulas vaginales segregan cantidades crecientes de moco, el epitelio vaginal y el endometrio se torna hiperémica y congestionada, el cuello uterino esta relajado. La ovulación se produce durante esta fase del ciclo en todas las especies domésticas, con la excepción de la vaca, donde se produce alrededor de 12 horas después de la final del ciclo estral. La ovulación es un proceso espontáneo en todas las especies domésticas, con la excepción del gato, conejo y el camello, en la que es inducida por el acto del coito (Noakes y col. 2001).

Mientras se eleva gradualmente el nivel de estradiol, disminuye el de la hormona folículo estimulante. Durante el proestro se inicia un aumento de los valores de la hormona luteinizante procedente de la hipófisis que produce liberación de estradiol. Enseguida, una oleada de hormona luteinizante causa ovulación y ayuda a la formación del cuerpo lúteo.

Persiste la tumefacción de vulva y vagina, en las que se advierte hiperemia. Por último, al cabo de 14 a 18 hs promedio el sistema nervioso de la hembra se torna refractario al estradiol y cesan en el animal todas las manifestaciones síquicas del celo (Bavera. 2005).

## 2.4 Diestro

El diestro o periodo de la función del cuerpo amarillo, es el más largo del ciclo. Aún cuando la hembra no quede preñada, el cuerpo amarillo se transforma en un órgano funcional que elabora grandes cantidades de progesterona (y algún estrógeno),

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



que ingresan en la circulación general y afectan el desarrollo de las glándulas mamarias y el crecimiento del útero. El miometrio se hipertrofia por influencia de la progesterona y las glándulas uterinas secretan un material viscoso espeso que servirá de nutrición al cigoto. El desarrollo glandular continúa todo lo largo del aparato genital tubular.

Si el huevo no es fecundado, el cuerpo amarillo de estro (de celo) permanece funcional hasta el decimoséptimo día aproximadamente, después del cual comienza a regresar en preparación para un nuevo ciclo estral, permitiendo así la reiniciación del mismo.

Si el cuerpo amarillo de gestación luego del parto o el cuerpo amarillo de estro no desaparecen en los tiempos antedichos, se transforma en un cuerpo amarillo patológico o retenido que impide la reiniciación de los ciclos posparto o de los ciclos sexuales normales (Bavera. 2005).

## 2.5 Metaestro

Durante el metaestro tiene lugar la ovulación, aparece hemorragia en la cavidad folicular que se llena de sangre (cuerpo rojo) y comienza el desarrollo rápido de las células luteínicas. Es el período de organización celular y del desarrollo del cuerpo lúteo cuerpo amarillo, que alcanza un diámetro de 1 a 4 cm. Después de la ovulación se inicia el aumento de producción de progesterona, aún cuando el tejido luteínico no se halle plenamente formado. Cesa gradualmente la congestión del aparato genital tubular y las secreciones glandulares de dicho aparato se tornan viscosas y disminuyen en cantidad.

El metaestro dura 2 a 3 días, y es durante este período que se expulsa por la vulva moco teñido de sangre (seudomenstruación). El huevo ovulado es recogido por las trompas de Falopio y trasladado por el oviducto hacia la unión útero-tubárica. La

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*





fecundación tiene lugar en el tercio anterior del oviducto. Si los espermatozoides no llegaron a tiempo a este lugar, el óvulo en el segundo tercio del oviducto ya se hace impermeable a la penetración. Si el huevo no es fecundado, comienza su degeneración (Bavera. 2005).

### 3 El hipotálamo

El hipotálamo está involucrado en el control de procesos fisiológicos tan diversos como la regulación de la temperatura, el apetito y reacciones como el miedo y la rabia, además del control de la función glandular de la hipófisis. La actividad del hipotálamo es controlada por numerosas conexiones neuronales de los centros cerebrales superiores. Los centros superiores del cerebro implicadas en el control de la reproducción asumen distinta importancia en diferentes especies, pero en general incluyen los bulbos olfatorios responsables del sentido del olfato, la corteza cerebral que procesa los estímulos visuales y auditivos y la glándula pineal que se cree es para mediar los efectos de otros estímulos ambientales, tales como el fotoperiodo (Gordon. 1996).

#### 3.1 Anatomía y fisiología del hipotálamo

El hipotálamo se encuentra en la base del tronco del encéfalo, justo por detrás, hasta el punto en la que los nervios ópticos entran, formando el quiasma óptico; histológicamente se compone de varias masas discretas de los cuerpos de las células nerviosas o núcleos de los cuales el núcleo paraventricular, núcleo supraóptico y la eminencia media son los más distintos.



La liberación hipotalámica del factor liberador de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) [variante llamada hormona liberadora de hormona luteinizante (LHRH)] es un polipéptido que consiste en diez residuos de aminoácidos. La inyección del ganado con GnRH provoca una liberación dependiente de la dosis de ambos, la hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH).

En la actualidad se acepta que el decapeptido GnRH solo es responsable de la LH y la secreción de FSH, aunque la capacidad de respuesta de cada tipo de gonadotropina en las células de la glándula pituitaria anterior es capaz de variar diferencialmente con la etapa del patrón. La secreción de GnRH durante el ciclo estral no se ha caracterizado en las vacas debido a las dificultades en su medición por medio de pruebas en sangre. Sin embargo, una clara relación entre la liberación de GnRH y la liberación de LH se ha establecido en otras especies y es sin duda similar en el ganado. El hipotálamo también segrega la hormona liberadora de tirotrópina (TRH), un tripéptido que estimula la liberación de la hormona estimulante de la tiroides (TSH) y la prolactina de la hipófisis anterior, y el factor de inhibición de la prolactina (PIF) (Gordon. 1996).

## 4 La hipófisis

El término hipófisis es derivado del griego y significa “de pequeño tamaño”.

La hipófisis es una pequeña glándula que ocupa una pequeña depresión central del cuerpo del basosfenoides, llamada fosa hipofisial de la silla turca. Esta glándula compleja está presente en todos los vertebrados (Sisson y col. 2003).

La hipófisis produce dos hormonas gonadotrópicas que tienen un efecto directo sobre la reproducción. La hormona folículo estimulante (**FSH**) y la luteinizante (**LH**), las cuales, influyen directamente sobre las gónadas y producen de manera secuencial el crecimiento folicular, la maduración de los ovocitos, la secreción de estrógenos, la

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



ovulación, el desarrollo del cuerpo lúteo y la secreción de la progesterona (Pardo. 2004).

Los dos lóbulos mayores de la hipófisis son la adenohipófisis (lóbulo anterior) y la neurohipófisis (lóbulo posterior). La *pars distalis* forma la mayor parte de la adenohipófisis. La neurohipófisis está unida al hipotálamo por medio del tallo neural, el *infundíbulo (pars infundibularis)* (Sisson y col. 2003).

La glándula pituitaria anterior o adenohipófisis consta de ciertos tejidos glandulares y, aunque unido al tronco cerebral, se deriva embriológicamente de una evaginación en el techo de la cavidad oral, conocido como la bolsa de Rathke. La hipófisis posterior o neurohipófisis se compone de los nervios especializados o tejido neurosecretor y se deriva embriológicamente del tronco cerebral en desarrollo (Gordon. 1996).

La adenohipófisis secreta las hormonas denominadas somatotropina (STH), gonadotropina (GnRH), tirotropina (TSH), adenocorticotropina (ACTH) y prolactina (PRL) (Sisson y col. 2003).

La glándula pituitaria anterior sintetiza y secreta las hormonas en respuesta a 'la liberación de hormonas', que son secretadas por el hipotálamo. Éstas al llegar a las células de la hipófisis anterior a través del portal hipotálamo-hipofisario (los vasos sanguíneos que se originan principalmente en el área de la eminencia media), estimulando así la liberación de hormonas de la pituitaria anterior (Gordon. 1996).

De la neurohipófisis se han aislado y diferenciado químicamente dos hormonas distintas, una es la hormona antidiurética (ADH) también llamada vasopresina, la otra hormona es la oxitocina (Sisson y col. 2003).



#### 4.1 Anatomía y Fisiología de la hipófisis

La hipófisis asienta en la fosa profunda localizada en el cuerpo del hueso basisfenoides. Está separada de la cavidad craneal propiamente dicha por el *diaphragma sella*. Esta membrana fibrosa, no elástica, continúa en el infundíbulo con la cápsula de tejido conectivo de la glándula.

El pedúnculo infundibular tiene una estructura cilíndrica, unida a la superficie ventral del diencefalo y mide 1 cm. de longitud y 3 mm. de diámetro en la vaca adulta. Al microscopio, la cavidad central del pedúnculo está recubierta con células ependimiales. La cavidad continúa con el tercer ventrículo del encéfalo. La cavitación del pedúnculo se extiende hasta su tercio medio distal. El pedúnculo contiene haces de fibras nerviosas que conectan la hipófisis con el hipotálamo y la apófisis infundibular.

La *pars infundibularis* de la adenohipófisis contacta con el *tuber cinereum* y forman una lámina anular de células alrededor del infundíbulo. La hendidura intraglandular separa parcialmente la porción media de la distal. La evidencia histológica indica que hay una variación considerable entre el vacuno, en cuanto a la extensión de los lóbulos de la hipófisis y sus contactos. Histológicamente, contiene un núcleo altamente vascular central de tejido glandular, con células poco acidófilas. Frecuentemente, un cono de células glandulares se proyecta desde la *pars intermedia*, dentro de la hendidura intraglandular, hacia la porción distal, que puede estar indentada.

Por detrás de la hipófisis asienta la red epidural rostral, plexo arterial par y complejo. El plexo se comunica por la porción caudal con la hipófisis. Las arterias se reciben por el plexo procedente de las arterias maxilares, a través de la arteria de la *rete mirabile* y también de las arterias vertebrales y condiloideas.

El aporte nervioso a la *pars distalis* no ha sido descrito. Las fibras y terminaciones de la *pars intermedia* derivan del tracto hipotalámico-hipofisiario y fibras



que acompañan a los vasos hipofisarios pueden, ocasionalmente, estar en la *pars tuberalis* (Sisson y col. 2003).

## 5 Ovarios

Realiza funciones citógena o exocrinas (liberación de óvulos) como endocrinas (esteroidegénesis). Durante el desarrollo fetal, los oogonios se reproducen por multiplicación mitótica. Al nacimiento, una capa de células foliculares rodea los oocitos primarios en el ovario para formar los folículos primordiales. En la hembra bovina el ovario tiene forma de almendra (Hafez y Hafez. 2002).

Los ovarios son también responsables, en primer lugar, del crecimiento y maduración de las células sexuales femeninas u óvulo. En segundo lugar, la función endocrina de los ovarios es de producir hormonas sexuales, llamadas estrógenos, necesarios para acondicionar el aparato reproductor y genitales accesorios, para la recepción del macho y un acondicionamiento favorable para la fecundación del óvulo. En tercer lugar, los estrógenos promueven y mantienen los caracteres sexuales secundarios.

En cuarto lugar, son capaces de desarrollar una glándula endocrina temporal, *corpus luteum*, que secreta progesterona la cual es la responsable de preparar el endometrio para la implantación y nutrición del cigoto (Sisson y col. 2003).

Entre las hormonas que producen los ovarios podemos citar a los estrógenos, la progesterona y la inhibina (Sintex. 2005).

En la hembra inmadura el ovario está formado por una corteza que contiene ovocitos primarios, cada una rodeada por una sola capa de células de soporte, y una médula que contiene tejido conectivo, nervios y vasos sanguíneos. El crecimiento de

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



los folículos es controlado por el sistema neuroendocrino. Durante el crecimiento folicular, las células que rodean a los ovocitos primarios aumentan de número lo que aumenta el número de capas alrededor de la celda. Con el desarrollo continuo se forma una cavidad o antro que se llena de líquido folicular (Gordon. 1996).

## 5.1 Anatomía de los ovarios

Los ovarios de la vaca son mucho más pequeños que los de la yegüa. Miden normalmente de 3.5 a 4.0 centímetros de longitud, 2.5 centímetros de ancho y tienen alrededor de 1.5 cm. de grueso en su porción mayor; el peso es de unos 15 a 20 grs.

Tienen forma oval, apuntan el extremo uterino y no tienen fosa de ovulación. Usualmente, están situados cerca de la mitad del borde lateral de la entrada pelviana, craneal a la arteria iliaca externa en las hembras no preñadas, pero pueden estar más craneales, en especial en las vacas preñadas. Desde la abertura vulvar hasta el ovario existen unos 40 a 45 centímetros en las vacas de tamaño medio. La mayor parte de la superficie de la glándula está cubierta por epitelio germinal, si bien el epitelio peritoneal está limitado a una zona estrecha a lo largo del borde de inserción. A menudo se pueden ver varios folículos de distintos tamaños que se proyectan desde la superficie. El tamaño del ovario está afectado por el cuerpo lúteo (Sisson y col. 2003).

## 5.2 Fisiología del ovario

El crecimiento de los folículos es controlado por el sistema neuroendocrino. Durante el crecimiento folicular, las células que rodean a los ovocitos primarios aumentan de número lo que aumenta el número de capas alrededor de la celda. Con el desarrollo continuo se forma una cavidad o antro que se llena de líquido folicular.



Las capas externas de él folículo son la teca externa e interna. La teca externa contiene mucho tejido fibroso, mientras que la capa interna es más celular y contiene muchos vasos sanguíneos. El ovocito está rodeado por una membrana no celular, la zona pelúcida, se suspende en el líquido folicular por un grupo de células, los cúmulos oophorus. Después de la ovulación, la cavidad del folículo ovulado es invadido por las células que se derivan de la granulosa y teca, capas internas del folículo.

La estructura generalmente sobresale de la superficie del ovario, es de color amarillo-marrón y es conocido como el cuerpo lúteo. Esta estructura persiste en la superficie del ovario hasta unos días antes de la próxima ovulación, cuando se empieza a degenerar rápidamente, un proceso conocido como luteólisis. Alternativamente, si el animal queda gestante entonces el cuerpo lúteo se mantiene por la duración de ese gestación. El cuerpo lúteo se compone de dos poblaciones de células lúteas: pequeñas (15-20 mm de diámetro), originarios de la teca interna, y grandes (25-30mm), originarios de la capa granulosa del folículo.

Las células pequeñas representan el 90% del total de la población. Varias hormonas esteroides son secretadas por el ovario de la especie bovina, las más importantes son los estrógenos y la progesterona. Todos los esteroides se sintetizan a partir del colesterol, que es a su vez, producido a partir de acetato dentro de la célula, o, alternativamente, tomado de la sangre. El principal estrógeno biológicamente activo es el estradiol-17b, los otros, estriol y estrona, pueden ser considerados como metabolitos del estradiol. Tanto la teca interna y las capas de la granulosa del folículo, están involucrados en la síntesis de estrógenos.

La testosterona es sintetizada a partir del colesterol, el precursor de esteroides comunes, en la teca interna bajo el control de la LH y FSH. La testosterona luego se convierte en estradiol-17b en las células de la granulosa por la acción de la enzima aromatasa. El estradiol se secreta en el líquido de el desarrollo de folículos antrales y en las venas ováricas. Tanto las células pequeñas y grandes en el cuerpo lúteo secretan progesterona. Las células pequeñas son muy sensibles a la LH, mientras que



las células grandes son más sensibles a la prostaglandina F. Las células grandes también se cree que se la fuente de la oxitocina lútea (Gordon.1996).

### 5.3 Dinámica folicular bovina

Se conoce como dinámica folicular al proceso de crecimiento y regresión de folículos antrales que conducen al desarrollo de un folículo preovulatorio. Entre 1 y 4 ondas de crecimiento y desarrollo folicular ocurren durante un ciclo estral bovino, y el folículo preovulatorio deriva de la última (Sintex. 2005).

Vacas repetidoras o repeat breeder cows (RBC) se caracterizan por presentar ciclos estrales repetidos de duración normal, fracasando la gestación al menos 3 veces seguidas, debido a causas multifactoriales. El conocimiento de la dinámica folicular es particularmente importante en estos animales, no sólo para comprender mejor los mecanismos ováricos, sino también porque, desde un punto de vista aplicativo, podría ayudar a mejorar los rendimientos de los tratamientos conceptivos. (Pérez. 2005).

El uso de la Ultrasonografía permitió coleccionar datos sobre el crecimiento folicular en el ovario. Definiéndose así los patrones de crecimiento de folículos mayores de 2 mm de diámetro. Estos conocimientos sobre la dinámica folicular pueden permitir mejorar la fertilidad, sincronizar el estro con más precisión e incrementar la respuesta superovulatoria (Pardo. 2004).

Para describir la dinámica folicular bovina es necesario definir conceptos de reclutamiento, selección y dominancia:

- ✚ **Reclutamiento:** es el proceso por el cual una cohorte de folículos comienza a madurar en un medio con un aporte adecuado de gonadotrofinas que le permiten avanzar hacia la ovulación.





- ✚ **Selección:** Es el proceso por el cual un folículo es elegido y evita la atresia con la posibilidad de llegar a la ovulación.
  
- ✚ **Dominancia:** Es el proceso por el cual el folículo seleccionado domina ejerciendo un efecto inhibitorio sobre el reclutamiento de una nueva cohorte de folículos. Este folículo alcanza un tamaño marcadamente superior a los demás, es responsable de la mayor secreción de estradiol y adquiere la capacidad de continuar su desarrollo en un medio hormonal adverso para el resto de los folículos (Sintex. 2005).

Las etapas de selección y dominancia constituyen un proceso que involucra tres componentes:

1. Capacidad de respuesta del folículo preantral a las gonadotropinas, determinado por el número de células granulosas y/o tecaes o bien por la capacidad de receptores para gonadotropinas.
  
2. Síntesis y secreción de factores inhibitorios por el folículo dominante. Se ha demostrado que el folículo produce factores hormonales y no hormonales que pueden controlar la selección modulando la respuesta de las gonadotropinas. Así, el folículo dominante inhibe el desarrollo de los otros folículos que lo acompañan, pero no su propio desarrollo. Uno de los factores implicados es el Proteína Reguladora Folicular (PRF), que bloquea la actividad aromatasa de las células granulosas in vitro. En la fase de dominancia, el folículo secreta cantidades elevadas de PRF, que inhibiría la síntesis de E2 en los folículos no dominantes y provocaría su atresia.

3. Establecimiento de un sistema Feed-Back entre el folículo dominante y la hipófisis. El folículo dominante posee en el fluido folicular concentraciones de Inhibina y E2 marcadamente superiores a las de otros folículos. Un sistema de Feed-Back negativo clásico se establece entre el folículo dominante y la hipófisis, a través de la cual disminuyen los niveles periféricos de FSH, lo que bloquea el reclutamiento de nuevos folículos (Pardo. 2004).

La causa por la cual regresa el folículo dominante de las primeras ondas (1 de 2 ondas y 2 de 3 ondas) sería la presencia de una baja frecuencia de los pulsos de LH debido a los altos niveles de progesterona, que provocarían una menor síntesis de andrógenos y en consecuencia una menor síntesis de estradiol que iniciarían la atresia folicular (Sintex. 2005).

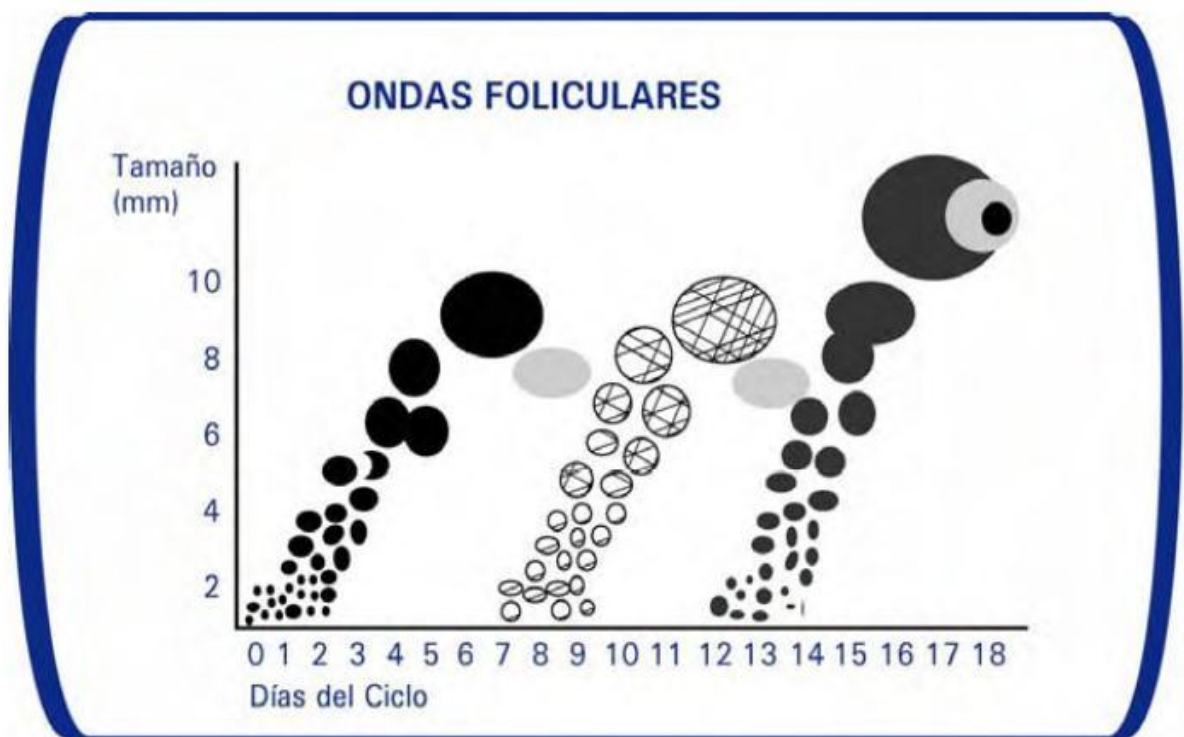


Figura 3. Esquema de la dinámica folicular durante un ciclo estral bovino, surgido de estudios realizados por medio de Ultrasonografía (Sintex. 2005).



Los cambios en la concentración de E2 en cada vena ovárica durante el ciclo estral, constituyen el mejor marcador endocrino para describir los procesos de selección y dominancia. Un folículo estrógeno-activo que posee varios milímetros más de diámetro que el que le sucede en tamaño está presente durante el estro, otro durante la fase luteal temprana y otro en la fase luteal media (Pardo. 2004).

Los folículos dominantes tienen concentraciones más altas de E2 que de P4 y Andrógenos. En cambio, los folículos mayores o iguales a 6 mm de diámetro que acompañan a los anteriores son estrógenos-inactivos, pues poseen concentraciones mayores de P4 y Andrógenos que de E2 en el fluido folicular.

A lo largo del ciclo estral se producen 3 picos de E2, tanto en la circulación periférica como en las venas ováricas, que son coincidentes con los períodos de dominancia folicular.

Durante el ciclo estral se producen períodos recurrentes de crecimiento y atresia folicular independientemente de la presencia o ausencia de P4. La FSH desempeña un papel fundamental en el proceso de reclutamiento folicular, en tanto que niveles basales de esta hormona son suficientes para permitir el crecimiento de un grupo de folículos de 4-8 mm y luego el desarrollo de un folículo dominante. Este suprime el crecimiento de los otros folículos medianos y grandes que lo acompañan (atresia) (Pardo. 2004).

## 6 Hormonas

Una hormona es un mensajero químico que coordina las actividades de las diferentes células en un organismo multicelular. La definición clásica de una hormona es la siguiente: una sustancia química que se sintetiza por las glándulas

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



endocrinas en particular y luego entra en el torrente sanguíneo para ser llevado a un órgano blanco, que tiene receptores específicos que se unen.

Las hormonas neuroendocrinas se sintetizan por el tejido nervioso y viajan en la sangre al tejido diana, por ejemplo, la liberación de varios factores que se producen en el hipotálamo, que viajan a la pituitaria anterior a través del sistema portal hipofisario. Las feromonas, son producidas por un animal y se liberan en el medio ambiente para ser recibido por otros animales (Squires. 2003).

## 6.1 Definición de hormona

El término hormona significa “*despertar*” ó “*poner en movimiento*”, se refiere al tejido glandular endocrino. Una hormona puede ser definida como un integrador químico del organismo, producido por el tejido glandular endocrino de un órgano o parte del cuerpo, y transportada a cierta distancia de su lugar de producción a través de la sangre, linfa o nervios a otro órgano o parte del cuerpo, que se va a excitar o inhibir (Sisson y col. 2003).

## 6.2 Hormona gonadotropina (GnRH)

En el hipotálamo encontramos un grupo de neuronas especializadas, denominadas decapeptidérgicas, que son las encargadas de producir y secretar la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) la cual controla la función hipofisaria.

La GnRH es secretada en forma de pulsos discretos que van por el sistema Porta-Hipofisario, por la cual alcanza la adenohipófisis. A su vez estos pulsos determinan la secreción típica de los pulsos de gonadotropinas (LH/FSH).



Las gonadotropinas estimulan el crecimiento de los folículos antrales y consecuentemente incrementan la producción de esteroides ováricos. Dicho incremento afecta la secreción de LH/FSH a través de un mecanismo de retroacción negativa. Las gonadotropinas son liberadas en forma de pulsos. Estos pulsos estimulan la producción de andrógenos tecaes que son convertidos en estrógenos (E2) en las células de la granulosa. Los E2 estimulan la secreción de pulsos de LH de alta frecuencia pero de baja amplitud.

Producto del efecto de las gonadotropinas sobre el ovario, se logra que uno o varios folículos ovulen (animales monovulares o animales poliovulares) y producto de esto se forme el cuerpo lúteo (CL). El CL está formado por las células luteales que son las encargadas de la producción de progesterona en la fase luteal. Este esteroide inhibe la liberación de LH, la cual es secretada en pulsos característicos de baja frecuencia y gran amplitud durante la fase luteal. Cuando se produce luteolisis la concentración de P4 en sangre disminuye y por consiguiente aumenta la frecuencia de los pulsos de LH (Pardo. 2004).

### 6.3 Hormona folículo estimulante (FSH)

La hormona folículo estimulante (FSH) es una glicoproteína sintetizada por la células basófilas de la hipófisis anterior y su vida media en la sangre de los bovinos es aproximadamente de 5 h.

Un pico de FSH en el plasma coincide con la descarga preovulatoria de LH al inicio del celo, con uno más discreto aproximadamente 24 horas más tarde. A lo largo del ciclo estral se producen picos adicionales al parecer relacionados con las ondas de crecimiento folicular. En la vaca se ha descrito secreción pulsátil de esta hormona (Pardo. 2004).



Estudios recientes confirman que un incremento de FSH plasmático precede a cada onda de crecimiento folicular en ganado vacuno y puede determinar su inicio, mientras que su descenso (coinciden con un aumento de secreción de inhibina y estradiol desde el FD) se asocia con regresión rápida de folículos no dominantes. La FSH juega un papel crítico en el desarrollo continuado del FD, y es posible que la inhibina y otros factores del líquido folicular actúen directamente sobre él (Pérez. 2005).

La insulina aumenta el efecto estimulante de la FSH sobre las células de la granulosa, este hecho, aunque aún no se ha comprendido, tiene una gran significación práctica, ya que las vacas altas productoras (generalmente de baja fertilidad) tienen al principio del puerperio muy bajos niveles de insulina (Pardo. 2004).

#### 6.4 Hormona luteinizante (LH)

La hormona luteinizante (LH) considerada como responsable de la maduración y la ovulación del folículo de De Graaf y de la formación y el mantenimiento del cuerpo lúteo, es también una glicoproteína, sintetizada por las células basófilas de la hipófisis a semejanza de la FSH, pero a diferencia de aquella su actividad biológica está representada por la fracción proteica y su vida media en sangre es solo de alrededor de 35 min.

Las concentraciones de LH son relativamente bajas durante la fase luteal del ciclo, pero una descarga de esta en forma de un gran pico preovulatorio se produce de 24-30 h antes de la ovulación, esta coincide aproximadamente con el comienzo del celo.

En algunas especies hay evidencia clara de que la LH es liberada en episodios o pulsos a lo largo del ciclo estral y en muchas está bien establecido que es necesaria la presencia de LH para mantener la secreción de progesterona por el cuerpo lúteo (Pardo. 2004).



## 6.5 Estrógenos

Los estrógenos, hormonas esteroideas, son producidos por el folículo ovárico y tienen acciones sobre los distintos órganos blanco como son las trompas de Falopio, el útero, la vagina, la vulva y el sistema nervioso central, en el cual estimulan la conducta de celo y el hipotálamo donde ejercen un "feed back" negativo sobre el centro tónico y positivo sobre el centro cíclico (Sintex. 2005).

Existe una correlación significativa entre las concentraciones de estradiol y la expresión del comportamiento de celo, de igual manera la progesterona juega un papel crítico en la expresión de este comportamiento (Grajales y col. 2010).

Los estrógenos como su nombre lo indica, son sustancias capaces de producir manifestaciones de estro o celo en los animales. La hormona estrógenica desarrolla los caracteres sexuales secundarios en las hembras, por lo que es la hormona feminizante.

Las principales modificaciones morfológicas producidas por los estrógenos en los órganos genitales son: edema, hiperemia y crecimiento celular (epitelial y muscular). Los estrógenos estimulan la contractibilidad uterina y aumenta así la frecuencia y la amplitud de sus contracciones. Acción semejante tienen sobre el oviducto.

El cuello uterino bajo la acción de los estrógenos segrega abundante moco y este se hace más fluido y más fácilmente cristalizable (fenómeno de arborización) en el curso de su desecación.

Estas hormonas promueven la actividad fagocitaria del útero, estimulan el crecimiento del epitelio vaginal y provocan su queratinización. La descamación de células superficiales aumenta. En el frotis vaginal los índices cariopignótico y acidófilo se elevan.



Los estrógenos son galactogogos en hembras que no producen leche galactoinhibidores en las que la producen. En la vaca, en la cerda y en la perra son hipocalcémicos, atribuyéndoseles las frecuentes fracturas en vacas ninfómanas o sometidas a tratamientos con estrógenos, y en las aves por el contrario tienen acción hipercalcémica. La fuente principal de los estrógenos en la hembra no gestante es el folículo, pero en la, gestante la mayor cantidad de esta hormona se produce en la placenta. También es producida en el testículo y en ambos sexos en cantidades muy pequeñas en las adrenales.

Las altas concentraciones de estradiol están relacionadas con la máxima presentación del celo y con el comportamiento del toro. En las ovejas y posteriormente en las vacas, se ha podido demostrar que la secreción de estradiol está estrechamente acompañada de la liberación de un pulso de LH (Pardo. 2004).

## 6.6 Progesterona

La progesterona siempre es producida por el cuerpo lúteo al principio de la preñez y es esencial para el mantenimiento de la gestación. También se encuentra progesterona, en pequeñas cantidades, en la corteza adrenal y en el testículo, probablemente por ser intermediaria de los corticoides adrenales y de la testosterona. Tanto las células luteales grandes como las pequeñas del cuerpo lúteo secretan progesterona, pero las pequeñas responden a la LH in vitro, produciéndose seis veces mas progesterona que las grandes. Esta hormona ejerce un efecto feed back negativo sobre la liberación de LH, aparentemente por reducir la frecuencia de los pulsos de LH. La progesterona también es secretada en forma pulsátil, los pulsos coinciden durante la fase luteal con los de FSH, mas bien que con los de LH. De este modo la evidencia de que la LH es la mayor hormona luteotrópica (Pardo. 2004).





Hormona esteroidea, es producida por el cuerpo lúteo por acción de la LH. Los efectos de la progesterona se observan después que el tejido blanco ha estado expuesto durante cierto tiempo a la estimulación de los estrógenos (Sintex. 2005).

La progesterona puede inhibir o favorecer la respuesta en comportamiento provocada por el estradiol dependiendo del tiempo de exposición.

Altas concentraciones de progesterona durante la fase lútea incrementa el número de receptores de estradiol en el hipotálamo medio-basal y por lo tanto incrementa la sensibilidad al estradiol, por lo tanto, el “priming” de progesterona es necesario para que se dé la expresión normal del comportamiento de celo, en consecuencia, la baja intensidad del estro presente en algunos animales puede estar directamente relacionada con una insuficiente exposición a la progesterona antes del esto.

Las concentraciones de progesterona tienen un marcado efecto sobre la presentación del CS, no obstante es difícil definir una concentración de progesterona que caracterice cada evento (CN o CS), sin embargo, es evidente que la progesterona influye sobre las probabilidades para que se dé una respuesta reproductiva favorable o desfavorable (Grajales y col. 2010).

## 6.7 Colesterol como precursor hormonal

Todos los esteroides se sintetizan a partir del colesterol, que es a su vez, producido a partir de acetato dentro de la célula, o, alternativamente, tomado de la sangre.

La testosterona es sintetizada a partir del colesterol, el precursor de esteroides comunes, en la teca interna bajo el control de la LH y FSH. La testosterona luego se



convierte en estradiol-17 $\beta$  en las células de la granulosa por la acción de la enzima aromatasa. El estradiol se secreta en el líquido de el desarrollo de folículos antrales y en las venas ováricas. Tanto las células pequeñas y grandes en el cuerpo lúteo secretan progesterona. Las células pequeñas son muy sensibles a la LH, mientras que las células grandes son más sensibles a la prostaglandina E. Las células grandes también se cree que son la fuente de la oxitocina lútea. (Gordon.1996)

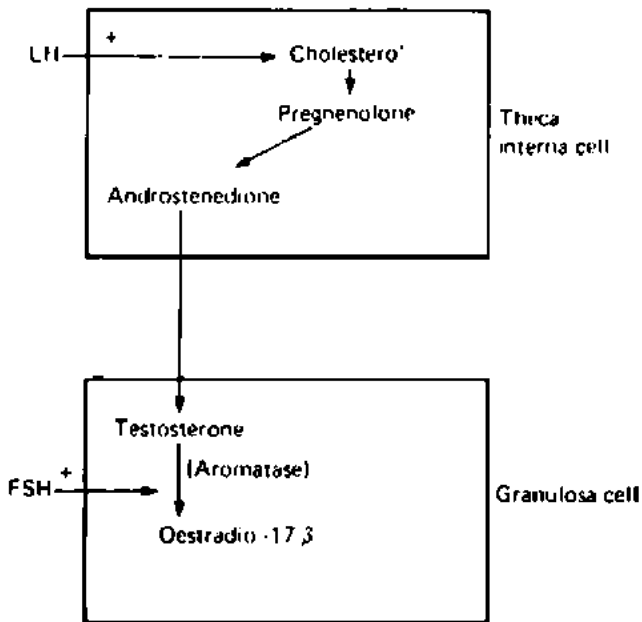


Figura 4. Representación esquemática de la vía de síntesis de estradiol-17 $\beta$  en los folículos ováricos (Gordon. 1996).

## 7 Regulación neuroendocrina del ciclo estral

Los procesos reproductivos están dirigidos y controlados por el sistema nervioso y endocrino mediante tres procesos uno rector, receptor y de reacción celular en todas las partes implicadas en el organismo y para lograr buenos resultados productivos hay que tener un adecuado dominio del ciclo estral en los animales domésticos, el cuál consideramos el punto de partida para el éxito de la producción pecuaria.

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



conocimientos permiten el dominio y control de la regulación neuroendocrina, para un mayor aprovechamiento del potencial reproductivo, genético y productivo de los animales domésticos y la correcta aplicación de tecnologías reproductivas.

En el ciclo estral suceden cambios morfológicos, histológicos y hormonales en los órganos reproductores cuyo fin es preparar las condiciones para los eventos reproductivos más importantes: ovulación, fecundación, nidación y desarrollo de la gestación (Pardo. 2004).

El ciclo estral está regulado por una interacción hormonal regida por el eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero, representando una unidad integrada que conjuntamente con la corteza cerebral, los receptores internos y externos dirigen las funciones sexuales (Sintex. 2005).

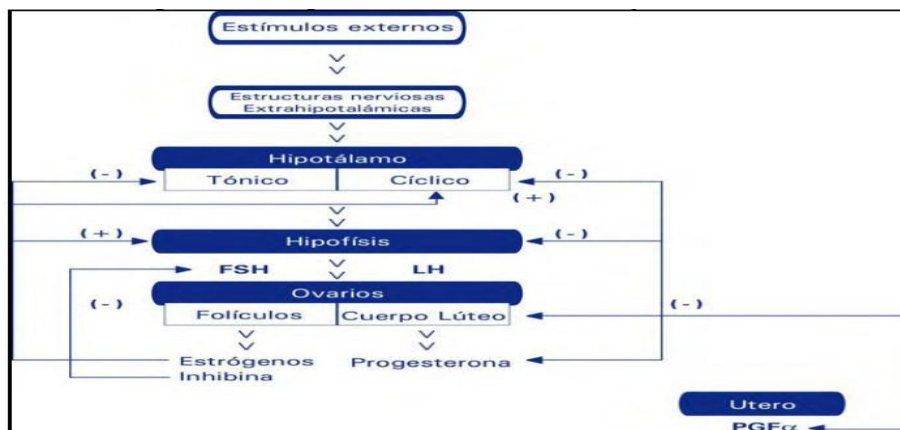


Figura 5. Esquema simplificado de las interrelaciones hormonales del eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero (Sintex. 2005).

El ciclo estral se puede dividir en tres fases:

- 1) Fase folicular o de regresión lútea (proestro)
- 2) fase periovulatoria (estro y metaestro)
- 3) fase luteal (diestro).

El día 0 del ciclo estral es el día del celo, signo visible a simple vista; sin embargo desde el punto de vista fisiológico, la descripción se realizará a partir de la



destrucción del cuerpo lúteo y finalizará en la destrucción del cuerpo lúteo del próximo ciclo. (Sintex. 2005)

## 7.1 Fase folicular o de regresión lútea (proestro)

Este período, cuya duración es de 3 días, comienza con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior y finaliza con la manifestación de celo.

Al producirse la destrucción del cuerpo lúteo tenemos una caída en los niveles de progesterona y posteriormente una pérdida de tejido luteal, siendo la PGF2a de origen uterino el principal luteolítico en los animales domésticos y en la mayoría de los roedores.

Como consecuencia de la caída de los niveles de progesterona, disminuye el feed back negativo que dicha hormona tenía a nivel hipotalámico y comienzan a aumentar la frecuencia pulsátil de las hormonas gonadotróficas (FSH y LH) y se estimula el crecimiento folicular con el desarrollo de un gran folículo y el aumento en los niveles de estradiol. Cuando los estrógenos alcanzan cierto nivel, se estimula la receptividad al macho y comienza el período de celo o estro (Sintex. 2005).

## 7.2 Fase periovulatoria (estro y metaestro)

Esta fase comienza con la receptividad al macho (se deja montar por vacas y toros), e involucra todos los cambios que permiten la ovulación y comienzo de la formación del cuerpo lúteo.

Durante el estro, cuya duración es de  $18 \pm 6$  hs, la vaca manifiesta inquietud, ansiedad, brama con frecuencia y pierde el apetito; en el caso de las vacas lecheras,

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



se reciente su producción. Las vacas presentan descarga de mucus con mínima viscosidad (filante), cuyo olor atrae y excita al toro (presencia de feromonas), edema de vulva y en el útero se produce un aumento del tono miometrial, detectado fácilmente por palpación transrectal.

Durante esta fase, los estrógenos en altas concentraciones alcanzan el umbral de estimulación del centro cíclico hipotalámico, estimulando a las neuronas hipotalámicas a producir el pico de GnRH y en consecuencia el pico de LH. Con respecto a la FSH, disminuye su secreción, consecuencia del feed back negativo estrogénico y de la inhibina, con excepción del momento en que se produce el pico preovulatorio de LH, en que puede aparecer un pico de FSH. Posteriormente, 4 a 12 hs después de la onda de LH, se incrementan la concentración basal y la amplitud de los pulsos de FSH, relacionándose esto con la primera onda de crecimiento folicular.

Luego de 12 a 24 hs de comenzado el celo, el sistema nervioso de la vaca se torna refractario al estradiol y cesan todas las manifestaciones psíquicas del mismo.

El período inmediato a la finalización del celo, es el metaestro (6 días). En este período ocurre la ovulación de la vaca, a diferencia de las otras especies que lo hacen durante el celo, y comienza la organización celular y desarrollo del cuerpo lúteo. La ovulación ocurre 28 a 32 hs de iniciado el celo y es desencadenada por el pico preovulatorio de LH. A la ovulación sigue hemorragia profunda y el folículo se llena de sangre convirtiéndose en cuerpo hemorrágico.

En la formación del cuerpo lúteo (luteinización) se producen una serie de cambios morfológicos y bioquímicos que permiten que las células foliculares se transformen en células luteales, cambios que finalizan al séptimo día con un cuerpo lúteo funcional. (Sintex. 2005)



### 7.3 Fase luteal (diestro)

Esta fase se caracteriza por el dominio del cuerpo lúteo. El mantenimiento del cuerpo lúteo, así como la síntesis de progesterona está ligada a la hormona LH que es progesterotrófica y luteotrófica.

Otras hormonas que intervendrían en la síntesis de progesterona, son la FSH y la PGI2. La FSH se uniría a receptores ubicados en el cuerpo lúteo y provocaría un aumento en la secreción de progesterona. En lo referente a la PGI2 además de estimular a las células luteales para producir progesterona, aumentaría el flujo sanguíneo a nivel ovárico con el efecto positivo que esto significa sobre la síntesis y secreción de progesterona.

Si el huevo no es fecundado, el cuerpo lúteo permanece funcional hasta el día 15-20, después del cual comienza a regresionar en preparación para un nuevo ciclo estral. (Sintex. 2005)

## 8 El celo

El estro, celo o vaca alzada, es el período del deseo sexual, resultante de la acción del estradiol sobre el sistema nervioso central, lo que da origen a las manifestaciones características.

El útero es estimulado en grado suficiente como para que a la palpación rectal el miometrio revele un fuerte tono y el útero se encuentre ligeramente firme y erecto. Persiste la tumefacción de vulva y vagina, en las que se advierte hiperemia. Al cabo de 14 a 18 hs promedio el sistema nervioso de la hembra se torna refractario al estradiol y cesan en el animal todas las manifestaciones síquicas del celo. Desaparecen las tentativas para montar otras vacas, al mismo tiempo que tanto las hembras como los

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



toros suprimen su tendencia, antes manifiesta, en el sentido de una atención apasionada, incluida la monta de la vaca en celo.

Mientras se eleva gradualmente el nivel de estradiol, disminuye el de la hormona folículo estimulante. Durante el proestro se inicia un aumento de los valores de la hormona luteinizante procedente de la hipófisis que produce liberación de estradiol. Enseguida, una oleada de hormona luteinizante causa ovulación y ayuda a la formación del cuerpo lúteo (Bavera. 2005).

### 8.1 Manifestaciones fisiológicas

Como el estro de la vaca es tan corto, es perfectamente posible que en las condiciones de campo pase inadvertido para el ganadero. De hecho, la vaca puede entrar en celo durante la noche, sin que nadie la observe. Por otra parte, la conducta de la vaca en celo es tan peculiar que puede identificarse fácilmente por simple observación del rodeo. La conducta típica de la vaca en estro incluye impulsos homosexuales manifestados por el deseo de cubrir a otras hembras, mientras que las vacas que no se hallan en celo tienden a montar a las que están en celo. La vaca en celo muestra deseo de permanecer en postura de cubrición, dejándose montar. Este es el signo definitorio del estado de celo (Bavera. 2005).

La vaca se diferencia de casi todos los demás animales domésticos por lo breve de su período de receptividad sexual. Además, no ocurre ovulación hasta 12 a 16 hs de terminado el estro. Sin embargo, el intervalo entre el comienzo del estro y la ovulación es casi igual al de otras especies de animales domésticos, si exceptuamos la yegua. Durante las 14 a 18 hs promedio en que la hembra permanece en celo, manifiesta inquietud, ansiedad, camina más, brama con frecuencia y descansa y come menos.(Bavera. 2005)

En general la producción de leche disminuye, (aunque puede darse el fenómeno inverso), el aparato genital se halla bajo dominio creciente de los estrógenos, aumenta la congestión de los genitales y se aprecia un incremento manifiesto de la secreción glandular en forma de moco viscoso, transparente, filante, que mana por la vulva y cuyo olor atrae y excita al toro. La vaca en celo permite la monta por otras vacas o el macho. (Bavera)



Figura 6. a) Moco filante, transparente, viscoso; b) Mucus ensuciando cola, pelos demudados, raspaduras; c) vaca en celo en posición de cubrición, aceptando la monta por otra (Bavera. 2005).

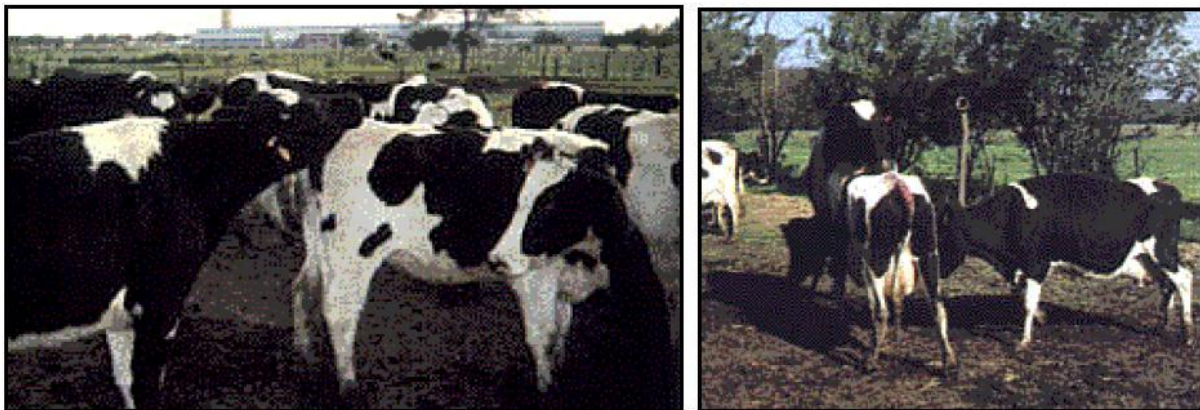


Figura 7. a) Apoyo del mentón

b) Monta craneal (Bavera. 2005).



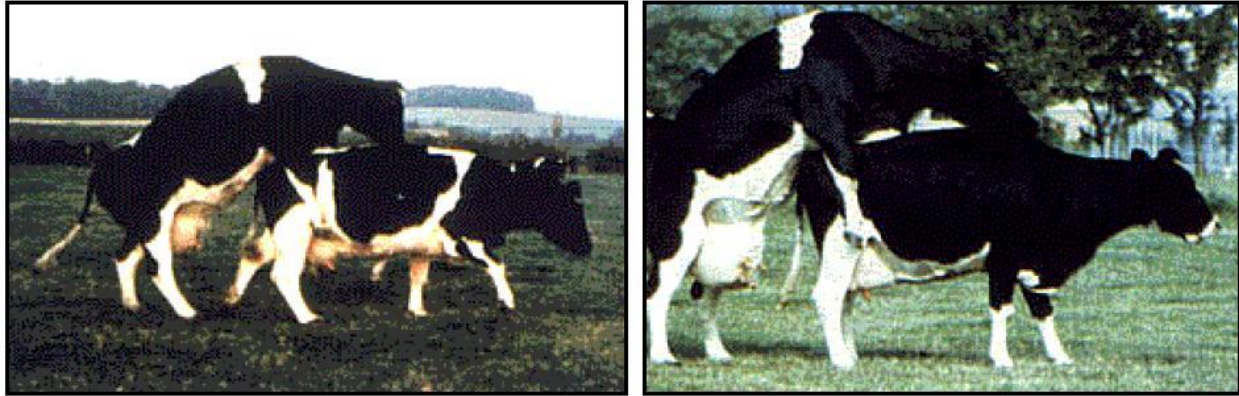


Figura 8 a) Monta activa

b) Monta pasiva (Bavera. 2005).

Otros signos indicadores de celo son la presencia de moco ensuciando cola y nalga, la desviación hacia adelante o denudación de los pelos de la raíz de la cola y de la grupa por las repetidas cubriciones de vacas y toros y las manchas a los lados del abdomen producidas por las patas delanteras de los animales que cubren a las vacas en celo (Bavera. 2005).

## 8.2 El celo silencioso

El celo silencioso es una condición en la cual los órganos genitales sufren cambios cíclicos normales, pero los signos de comportamiento del estro no son manifestados. Se ha reportado que la primera y la segunda ovulación posparto no son acompañadas por los signos del estro, y son consideradas como celos silenciosos “verdaderos”, así mismo se plantea que es poco probable que más “celos silenciosos verdaderos” ocurran después del segundo ciclo.

Sin embargo, varios autores reportan la incidencia de celos silenciosos posteriores al periodo posparto, Arthur y col. 2001, reportaron una incidencia de 10.6% de celos silenciosos, incluso cuando las vacas eran examinadas cuatro veces en 24 horas para determinar la presencia del celo, igualmente reportaron que el 23.7% de

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



3076 ovulaciones, provenían de celos silenciosos. Reportaron que la presencia de celos silenciosos era del 44% durante los primeros 60 días después del parto y del 11% entre los 61 a 308 días posparto.

Existen diferencias entre especies y razas con respecto a la duración y la intensidad del comportamiento estral. La duración del estro en ganado *Bos indicus* es significativamente menor (11horas) que en ganado *Bos taurus* (18 horas). Diferencias en la intensidad del estro entre ganado *Bos taurus* y *Bos indicus* ha sido reportada, en general el comportamiento estral es menos intenso en el ganado en clima tropical. El ganado *Bos indicus* por lo general tiene un temperamento muy particular que dificulta la detección del celo, celos silenciosos han sido reportados, incluso después de una detección regular de calores (Grajales y col. 2010).

### 8.2.1 Factores que lo causan

Las causas probables son variables y muy diversas, van desde genéticas, endócrinas, nutricionales, culturales o de manejo, patológico.

Se ha reconocido que la expresión de los signos del celo en bovinos es afectada principalmente por factores ambientales, interacciones sociales, estrés, factores genéticos y las concentraciones de progesterona.

Los factores ambientales tales como la duración del día (fotoperiodo), periodo de lluvias, fuertes vientos y altas temperaturas, influyen la intensidad del estro, la receptividad sexual y la eficiencia reproductiva en los bovinos. Las interacciones sociales dentro de un hato, desempeña un papel importante en la exhibición del comportamiento estral; el estatus jerárquico de una vaca parece ejercer una fuerte influencia en la expresión del estro (Grajales y col. 2010).



Una serie de problemas pueden surgir con el proceso reproductivo, para que la función normal se pierda. Esto puede llevar a una reducción del nivel de eficiencia reproductiva o de fertilidad, y en algunos casos, con el total fracaso de la reproducción o infertilidad.

Problemas en la hembra pueden afectar a la manifestación y detección del celo, la producción, transporte y fertilización de los óvulos, así como la implantación supervivencia del embrión.

Las causas subyacentes de estos fracasos pueden ser divididos en las categorías de desarrollo, las enfermedades infecciosas y funcionales.

Por ejemplo, la retención de placenta, un trastorno funcional, o lesiones causadas por un parto difícil puede predisponer al aparato reproductor a la infección, y esto a su vez puede conducir a daños mecánicos (Ball y col. 2004).

Hay indicios que el número de vacas en estro afecta la frecuencia de monta y la duración del estro, reportando que el número promedio de montas por vaca y la duración de los signos del estro incrementa cuando dos o más animales son sexualmente receptivos al mismo tiempo (Grajales y col. 2010).

#### **8.2.1.1 Problemas de desarrollo**

La mayoría de problemas de desarrollo en el ganado bovino, como anomalías en otras especies, de origen genético, pueden ser heredados de uno o ambos padres o el resultado de daños a los cromosomas durante el desarrollo de los ovocitos, fecundación y principios del desarrollo embrionario; los oviductos, útero, cuello del útero y la vagina se desarrollan a partir de los conductos de Müller.



Es probable que un porcentaje muy elevado de anomalías hereditarias sean resultado de un fracaso en la fertilización o la muerte en poco tiempo de la concepción, ocasionalmente, sin embargo, los terneros nacen con defectos hereditarios que pueden afectar a su supervivencia o la capacidad reproductiva. La deficiencia de adhesión leucocitaria bovina (BLAD) es un ejemplo de una condición hereditaria. Un ejemplo clásico de una enfermedad hereditaria que afecta la reproducción es la aplasia segmentaria de los conductos de Müller, o enfermedad de la novilla blanca. La anomalía interfiere con el desarrollo normal de los conductos de Müller, causando que las vías y conductos se obstruyan.

Otro de los problemas del desarrollo, es el freemartinismo, se produce cuando un embrión macho y un embrión hembra están presentes en el mismo útero. Si la placenta se fusiona, el sistema circulatorio de los gemelos se interconecta. Si uno de los gemelos es una hembra, el desarrollo de los órganos sexuales femeninos se verá afectado.

Esto puede ser debido en parte al efecto de los andrógenos u otras hormonas del macho en la circulación. Los genitales externos de la freemartin suelen aparecer normal, por lo que la enfermedad puede pasar desapercibida. A diferencia de las vacas con la enfermedad de ternera blanca, las que tienen freemartinismo no es probable que tengan funcionando los ovarios. No hay cura para el freemartinismo, y es importante que la condición se diagnostique a una edad temprana (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.2 *Infeciosos*

Las alteraciones en la función reproductiva pueden ocurrir como resultado de la presencia de infecciones sistémicas. Por ejemplo, el comportamiento de estro puede ser inhibido en una vaca que tiene una enfermedad sistémica leve. Sin embargo, la infección de las vías reproductivas, en particular el útero, por organismos que no son



específicos es también muy común junto con un número de patógenos específicos, que afectan a la reproducción selectiva del sistema (Ball y col. 2004).

Los ejemplos más importantes son:

#### 8.2.1.2.1 Endometritis

La endometritis es una inflamación del endometrio, la membrana mucosa de revestimiento del interior del útero, que se produce como resultado de una infección por bacterias.

Es inusual en que la contaminación bacteriana se produzca en el útero después del parto. En un 10-15% de los casos, la infección puede persistir más allá de tres semanas y empeorar, para causar endometritis (Ball y col. 2004).

Aún en las vacas que tienen un postparto normal, el diámetro de los cuernos uterinos no alcanza el estado anterior a la preñez de 4-5 cm de diámetro hasta los 25-30 días y en las vacas anormales este período puede extenderse hasta los 30-35 días. La reparación histológica del endometrio y la involución cervical requieren 42-50 días y 40-45 días para completarse, respectivamente. Más aún, el útero postparto es difícilmente un medio estéril. Casi todas las vacas tienen infecciones bacterianas hacia el día 3-4 postparto, disminuyendo al 9 % de las vacas hacia el día 45-60 (Palmer.2008).

La infección normalmente sube en el útero a través de la vagina, sobre todo en el servicio o alrededor del parto. Algunos organismos, tales como *Campylobacter fetus* y *Trichomonas fetus* causar, también debido a la invasión por bacterias oportunistas, por ejemplo, *Corynebacterium pyogenes*, *Escherichia coli* y *Fusobacterium necrophorum*. La endometritis ocurre a menudo como una secuela de distocia y/o



retención de placenta y puede ser vinculado con una tasa de disminución de la involución del útero en el período posparto.

A menudo se asocia con un cuerpo lúteo persistente, que tiende a hacer que la condición se perpetúe a sí misma, ya que no hay celo para ayudar a limpiar el útero. Las vacas con endometritis clínica entre los días 20 y 33 después del parto tuvieron un 27% más tiempo para quedar gestantes, y tuvieron 1.7 veces más probabilidades de ser sacrificadas por el fracaso reproductivo que las vacas sin endometritis. La prevención de la endometritis depende de la higiene de rutina durante la inseminación artificial y sobre todo en el momento del parto (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.2.2 Piómetra

Esta condición se debe a una acumulación de pus dentro del útero y por lo general se produce en asociación con la persistencia del cuerpo lúteo. La piómetra puede ocurrir como una secuela de endometritis crónica, y virus del herpes bovino. También puede el resultado de la muerte de un embrión o el feto con la infección posterior por *Corynebacterium pyogenes*. El útero está bajo la influencia de la progesterona en el cuerpo cuerpo amarillo y el cuello uterino se dilata. La liberación de PGF2a se evita debido a los daños del endometrio. Los cuernos uterinos son siempre distendidos, aunque en grado variable. La situación puede persistir sin ser detectados por un tiempo considerable, que pueden pensar que está embarazada (Ball y col. 2004).



### 8.2.1.2.3 Especificas por organismos infecciosos

#### 8.2.1.2.3.1 *Campylobacter fetus*

Esta bacteria se conocía anteriormente como *Vibrio fetus*, la enfermedad que causa es conocido como Campylobacter o vibriosis. Como su nombre lo indica, el organismo puede causar el aborto del feto. Se ha implicado como una causa del embrión o principios de pérdida fetal entre los días 25 y 60 después de la monta natural, en un rebaño está supervisando por medio de los perfiles de progesterona en leche. En una menor proporción de vacas, el aborto puede ocurrir en alrededor de cinco meses. En la vaca no gestante la enfermedad puede causar endometritis. El microorganismo puede transmitirse entre las vacas por medio de la bula que les sirve. Las vacas infectadas con el tiempo se vuelven inmunes a la enfermedad y se reanuda una fertilidad normal (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.2.3.2 *Trichomonas fetus*

La trichomoniasis bovina es una enfermedad de transmisión sexual ocasionada por el protozoo flagelado *Trichomonas foetus*. La infección afecta produciendo vaginitis, endometritis, mortalidad embrionaria y abortos con ocasionales piómetras. Los signos de la enfermedad en el rodeo se basan en baja tasa de preñez, repetición de servicios con celos irregulares, preñez desuniforme y abundantes preñeces tardías. La pérdida del embrión o expulsión del feto en estadios tempranos de la gestación (2-4 meses) motiva la repetición del celo al finalizar el servicio. Debido al escaso desarrollo del feto, el aborto pasa desapercibido en condiciones de ganadería extensiva (Cobo y Campero. 2006).



La infección en la hembra se caracteriza por irregularidades del ciclo estral, las bajas tasas de concepción, la descarga vulvar, el aborto temprano y piómetra (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.2.3.3 *Neospora*

La infección por *Neospora caninum* del aparato reproductor puede causar la muerte fetal y abortos tardíos en ganado vacuno lechero y de la carne rebaños. La placenta juega un papel central en la patogénesis y la epidemiología de la infección. El parásito puede atacar el feto directamente, pero la respuesta inflamatoria materna y fetal también puede ser perjudicial (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.2.3.4 *Micoplasmas*

Se sabe que infectan el tracto reproductivo y puede causar diversos problemas reproductivos. Se encuentra en la vagina, sobre todo por detrás de la abertura de la uretra, donde puede causar lesiones. Se ha demostrado que causa la enfermedad reproductiva en ganado, incluidas las novillas de reemplazo. Estos organismos podrían ser llevados de la vagina posterior al útero en la inseminación artificial (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.2.3.5 *Brucelosis*

Esta enfermedad se produce debido a la infección por la bacteria *Brucella abortus*. Es también la causa de la fiebre ondulante en el hombre. El ganado generalmente contrae la infección por la ingestión de material contaminado, por ejemplo descargas vaginales, los fetos muertos y placenta. Los sitios de predilección





por los organismos son los cotiledones en la hembra y los testículos en el macho. La transmisión de los organismos de *Brucella* a través del esperma es de dudosa importancia, excepto en semen fresco que es inseminado directamente en el útero. El aborto por lo general se produce entre siete y ocho meses de gestación. Esto es a menudo seguido de retención placentaria y endometritis (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.2.3.6 *Leptospirosis*

La *Leptospirosis* es una zoonosis de distribución mundial que afecta a los mamíferos tanto domésticos como silvestres, aunque el agente también se ha aislado de otros vertebrados, como aves y anfibios, produce pérdidas económicas de manera primaria por sus efectos sobre la reproducción, pudiendo aparecer mortinatos, abortos y/o nacimiento de animales débiles e infertilidad.

La mayoría de las infecciones por *Leptospira spp.* cursan de manera subclínica, aunque en algunas ocasiones, pueden darse casos de enfermedad grave (Alonso-Andicoberry y col. 2001), se transmite por vía transplacentaria, digestiva, mamaria, cutánea, por contacto con suelo o alimentos contaminados, siendo el período de incubación variable entre 5 y 14 días, con un máximo de 21 días. Después de la infección inicial, la leptospirurea persiste por meses; los vacunos pueden eliminar microorganismos durante 12 meses (Odriozola. 2001).

. La sintomatología es inespecífica y común a un gran número de afecciones, observándose ictericia, hemoglobinuria, hematuria, evidencias de daño renal, meningitis e incluso mortalidad, sospechando en casos de fallos tales como infertilidad (abortos, mortinatos, nacimiento de animales débiles), nacimiento de terneros prematuros, retención de placenta, e incluso esterilidad, en casos extremos (Alonso-Andicoberry y col. 2001).



#### 8.2.1.2.3.7 Otras infecciones que afectan la reproducción

Muchas infecciones sistémicas de la hembra puede afectar a la reproducción en una variedad de maneras. Por ejemplo, la enfermedad resultante puede causar estrés, que pueden afectar diversos aspectos de la reproducción, o una temperatura elevada, lo cual puede dañar el embrión, causando un aborto y por consecuencia problemas de retorno a estro. Los siguientes son sólo algunos ejemplos de dichas infecciones. Rinotraqueitis Infecciosa Bovina (IBR) es causada por virus del herpes bovino-1 (BHV-1) en el ganado y es similar a la gripe del ganado, causada por el virus de la influenza. Diarrea viral bovina (BVD), se caracteriza por diarrea, como su nombre indica, y también por el nacimiento de la infección persistente terneros. Las infecciones se consideran afectan la reproducción, posiblemente debido a de la fiebre asociada y el consiguiente daño para el embrión joven, por ejemplo, han demostrado la prevalencia de anticuerpos de IBR y BVD virus, en las vacas lecheras con padecimientos del aparato reproductor, y se ha monitoreado en particular una alta incidencia de embriones detectables y pérdidas fetal en las vacas lecheras con evidencia de infección por IBR y la infección por BVD en un rebaño.

Las infecciones bacterianas que causan la mala salud general en las distintas especies y que específicamente pueden afectar a la reproducción en el ganado bovino son la leptospirosis principalmente. Sus efectos incluyen embrión y principios de la muerte del feto (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.2.3.8 Afecciones micóticas

Infecciones por hongos, especialmente las causadas por *Aspergillus fumigatus*, cuando se alimenta de heno y ensilados mal hechos y contaminados; se piensa, generalmente es una causa de abortos en etapas avanzadas de gestación, sin embargo, existe cierta evidencia de que aflatoxinas procedentes de dichos



microorganismos también pueden causar pérdidas fetales en una etapa anterior o temprana de la gestación (Ball y col. 2004).

### 8.2.1.3 *Subfertilidad funcional*

El deterioro o fracaso de la reproducción puede afectar a cualquier de los siguientes aspectos:

- ❖ La producción y la ovulación de los óvulos viables.
- ❖ Transporte del óvulo.
- ❖ Expresión y detección de celo.
- ❖ La fertilización.
- ❖ La fase de óvulo fecundado y principios del embrión (0-25 días después de la fecundación).
- ❖ La etapa fetal tardía (sobre todo el aborto en el tercer trimestre de gestación).

Todas estas funciones son susceptibles a una variedad de factores, de los cuales los más importantes se pueden agrupar en: nutrición, infección, y otras formas de estrés (Ball y col. 2004).

### 8.2.1.4 *Nutrición*

Existen un sin número de factores nutricionales, metabólicos y minerales capaces de afectar el rendimiento productivo y reproductivo del ganado bovino. Si bien los macrominerales, los oligoelementos y las vitaminas tienen una cierta influencia sobre reproducción el consumo de energía, la ingesta de proteínas y el balance entre



ambos son factores a tener en cuenta si se desea tener una adecuada performance reproductiva (Scandolo. 2007).

La importancia de la nutrición para el rendimiento reproductivo, hay muchos conflictos sobre los efectos que las deficiencias de B-caroteno y el selenio, por nombrar sólo dos, tienen sobre el comportamiento reproductivo.

Durante los períodos de balance energético negativo, que puede durar hasta a 20 semanas después del parto en las vacas con rendimiento muy alto, los tejidos del cuerpo se movilizan para compensar el déficit, la liberación de ácidos grasos no esterificados (nefas) y de cuerpos cetónicos en la circulación.

Si las vacas están más en grasa al momento del parto, hay una mayor movilización, lo que lleva a la depresión del apetito, que a su vez aumenta la magnitud del balance negativo de energía. Los niveles altos de proteína cruda, típico de dietas de las vacas actuales, puede llevar a un exceso de proteína degradable en rumen en relación con la disposición de energía metabolizable fermentables.

Esto conduce a un aumento en la producción de amoníaco, lo que requiere energía para su desintoxicación.

El efecto del balance energético negativo está mediada principalmente por una deficiencia en el factor de crecimiento de tipo insulina tipo I (IGF-I) y los niveles de insulina, que a su vez se asoció con bajas concentraciones de la leptina en plasma. Después del parto el balance energético es negativo y los niveles asociados bajos de leptina podría ser contrarrestada al no ordeñar las vacas.

Un estudio concluyó que el déficit de energía de las vacas después del parto causa una reducción sostenida de la leptina en plasma, diseñado para beneficiar al principio de la lactación mediante la promoción de un aumento más rápido en el consumo de alimento y al desviar la energía de las funciones no vitales como la reproducción. La baja resultante en los niveles de IGF-I e insulina afecta, respectivamente, producción de proliferación folicular y los estrógenos. La secreción



pobre de estradiol compromete la liberación de LH, que afecta la ovulación y posterior el desarrollo del cuerpo lúteo (Ball y col. 2004).

Según (Libardo y col. 2002) encontró que hay una relación entre la condición corporal al parto con la presentación del estro silencioso, además de la producción láctea con respecto al mismo problema, hallando que, animales con una condición de buena a excelente (4-5) al parto, presentaban 50 % menos de incidencia que las que tenían la condición corporal media a deficiente (3-1), además que encontró que las vacas con mayor producción láctea tienen a incrementar la probabilidad de presentar estro silencioso ante las de menor producción.

#### 8.2.1.4.1 Relación entre la fertilidad y el desbalance energía / proteína en la dieta

El impacto de un desequilibrio en la relación proteínas degradables / energía en el rumen, asociado a elevados valores de urea en leche, es importante para la salud, la fertilidad y la eficiencia productiva de las vacas. Tanto la deficiencia de energía como el exceso de proteína en la dieta están asociados con la disminución de la fertilidad.

El exceso de proteína degradable en la dieta incrementa las concentraciones plasmáticas de urea y de amonio en el plasma y útero, incrementando la mortalidad embrionaria. Se han descrito varios mecanismos por el cual el exceso de proteína afecta la fertilidad de las vacas:

- a) influye sobre la movilidad y la viabilidad de los gametos (espermatozoides y óvulos) y del embrión.
- b) altera el eje hipotálamo-hipófisis-ovario.
- c) afecta la eficiencia del metabolismo y estatus energético (Scandolo. 2007).



#### 8.2.1.4.2 Deficiencia de elementos traza

La base fisiológica de la deficiencia de elementos traza es compleja. Algunos elementos están involucrados en una sola enzima, algunos en muchas más, y la falta de un elemento puede afectar a uno o más procesos metabólicos. Además, existen grandes variaciones individuales en animales al responder clínicamente a la baja de los niveles en sangre o tejido de un elemento traza.

Hay varios factores que predisponen al animal:

- ✚ La edad en que la deficiencia se produce.
  
- ✚ Las diferencias en los requisitos de:
  - Genotipo.
  - Demanda discontinua para elementos traza debido a los cambios en el entorno.
  - El desafío de las infecciones, la dieta y las demandas de producción.
  - Las variaciones individuales en la respuesta a la deficiencia, el uso de vías alternativas por el cuerpo ante una deficiencia.
  - Tamaño de la reserva funcional (Radostits. 2007).

#### 8.2.1.4.3 Deficiencia de vitamina e y/o selenio

Varias enfermedades de los animales de granja están asociadas con una deficiencia de selenio o de vitaminas solo o en combinación, por lo general en asociación con factores predisponentes tales como los ácidos grasos poliinsaturados, el ejercicio desacostumbrado y el rápido crecimiento en animales jóvenes.

El selenio es un componente bioquímico de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-PX). El selenio es también un componente de las hormonas de la glándula



tiroides. La actividad de la enzima en los eritrocitos se relaciona positivamente con la concentración en sangre de selenio en el ganado vacuno, ovejas, caballos y cerdos, lo cual es una ayuda útil para el diagnóstico de la deficiencia de selenio y para determinar el estado de selenio en los tejidos de estos animales.

La dependencia de la actividad de GSH-PX sobre la presencia de selenio ofrece una explicación de la interrelación de selenio, vitamina E y el azufre que contienen los aminoácidos en animales. El azufre que contienen los aminoácidos pueden ser precursores de glutatión, que a su vez actúa como sustrato para GSHPx y mantiene grupos sulfhidrilo en la celda (Radostits. 2007).

#### 8.2.1.5 Estrés

El estrés puede ser definido como la incapacidad de un animal para hacer frente a su entorno, de modo que no alcanza su potencial genético en una o más áreas, incluyendo la tasa de crecimiento, producción de leche, resistencia a las enfermedades y la fertilidad. Varios factores estresantes pueden afectar negativamente a la fertilidad (Ball y col. 2004).

Aumentar los conocimientos en neuroendocrinología finalmente debe dar lugar a la identificación de los mecanismos hormonales por qué las diferentes formas de estrés afectan a la reproducción. Un aumento en los niveles de cortisol en plasma se puede tomar como la respuesta del animal a los estresores potenciales (Gordon. 1996).

El estrés impacta negativamente la función ovárica, ya que inhibe la secreción de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) a nivel hipotalámico, en consecuencia suprime la liberación de la hormona luteinizante (LH) a nivel hipofisiario,



lo que a su vez afecta las concentraciones de estradiol y progesterona, alterando así la intensidad del comportamiento estral (Grajales y col. 2010).

La cojera, mastitis y la fiebre de leche han demostrado tener efectos adversos significativos sobre parámetros reproductivos como el parto hasta el primer servicio siguiente y los intervalos a la concepción. Incluso el estrés de un cambio en el estatus social dentro de un hato lechero ha sido demostrado que afectan el desempeño reproductivo, aunque el efecto se confunde con la cojera asociada aumentó con baja condición social. Tanto en el transporte de ovejas y la administración de ACTH en las vaquillas redujo la frecuencia y magnitud de pulsos de LH lo que podría a su vez afectar la producción de estrógenos por el folículo en desarrollo. Al igual que con el balance energético negativo, esto podría tener repercusiones para la ovulación y posterior función del cuerpo lúteo. Los efectos pueden estar mediados, al menos en parte, a nivel de la hipófisis, porque ACTH exógena, o de transporte, reduce la cantidad de LH liberada por problemas con GnRH exógena (Ball y col. 2004).

### **8.2.1.6 Problemas específicos de reproducción**

#### 8.2.1.6.1 Distocia

Distocia puede definirse como la dificultad o la prolongación del parto en comparación del parto normal. Las causas de distocia pueden clasificarse ampliamente como causas de la madre o del feto en su origen. En las causas de la madre, pueden deberse a defectos anatómicos o patológicos en el canal del parto, que incluye la pelvis ósea, útero, cuello del útero vagina o la vulva.

El incumplimiento de las contracciones uterinas (inercia) es el defecto más probable de las fuerzas de expulsión y puede ser considerado como primario o

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*





secundario. Inercia secundaria por lo general se produce como consecuencia de la fatiga después de una prolongada la segunda etapa de trabajo. La inercia uterina primaria puede surgir debido a defectos en el miometrio, por ejemplo, por degeneración de tóxicos y la senilidad o anomalías en la liberación de hormonas.

Una causa común de la inercia uterina primaria y distocia es la falta de iones de calcio que se produce en el inicio de la parturienta hipocalcémica (fiebre de la leche). Una condición pobre de la vaca al parto la predispone a distocia, por lo que es importante tratar que la condición corporal al parto de la hembra sea en condiciones moderadas (Alrededor de 3 en una escala de 0-5) para evitar problemas de parto y el daño que pueden causar. Sin embargo, en la vaca, una de las causas más comunes de distocia son de origen fetal y estos invariablemente se deben al gran tamaño del feto o disposición anormal de el feto. Las anomalías más comunes de la presentación de la vaca son la presentación posterior o de nalgas. La presencia de fetos gemelos también puede ser complicado por anomalías en la disposición.

Tal vez la causa más importante de la distocia de de la cría de ganado el de gran tamaño del feto, que puede ser considerado como sea "relativa" o "absoluto". "Relativa" El término se refiere al tamaño del feto en relación con el tamaño de la madre. Por ejemplo, la madre puede ser una vaca pequeña, pero si el becerro es de tamaño normal de la raza puede ser demasiado grande para pasar a través del canal del parto, el gran tamaño absoluto del feto puede ocurrir como resultado de graves anomalías en el desarrollo, es decir, el desarrollo de los monstruos, incluyendo la aparición de hidrocefalia, anasarca y esquistosomas. Un factor importante que influye en el tamaño o peso del feto es la raza del toro.

Los daños físicos a la hembra, resultante de la distocia pueden tener un grave efecto sobre el comportamiento reproductivo futuro (Ball y col. 2004).



#### 8.2.1.6.2 Retención placentaria

La expulsión de las membranas fetales es la tercera etapa del parto y por lo general a cabo dentro de las 6 horas de parto. Sin embargo, en algunas vacas las membranas fetales no son expulsadas con normalidad, y las carúnculas pueden permanecer unidas a la cavidad uterina un período variable después del parto. La causa directa de esta condición es incierta, pero se relaciona con una deficiencia de las contracciones del miometrio. En consecuencia, la retención de la placenta es por lo general acompañada y seguida por retraso en la involución del útero.

La retención se produce a menudo como resultado del nacimiento "prematuro", que pueden surgir en una variedad de circunstancias. Por ejemplo, se asocia el aborto a causas infecciosas. La inducción farmacológica del parto es también muy probable para causar la retención de la placenta. Hay pruebas de que la retención se relaciona con un desequilibrio endocrino y baja en las concentraciones plasmáticas de estrógenos.

La incidencia de la placenta retenida después de partos sin asistencia normal parece ser de la orden de 11.8%. Al igual que con distocia, la retención de la placenta puede predisponer a la alteración del posterior desempeño reproductivo. La fertilidad de las vacas como a menudo se reduce en términos de un retraso en el intervalo parto-primer servicio, intervalo parto-concepción y la tasa de preñez a la primera inseminación. La retención de membranas fetales fue un factor de riesgo importante para lograr una nueva gestación, y aumenta el riesgo de mastitis, que a su vez puede conducir a estrés y deterioro de la función reproductiva (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.6.3 Inactividad ovárica

Tras el parto, la hembra se somete a un período variable de aciclicidad o inactividad sexual antes de reanudar los ciclos de reproducción. Este período

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



acíclico puede decirse que es anormalmente largo cuando la ovulación no se ha producido durante el día 50 después del parto. Sin embargo, esto es claramente una definición arbitraria. Más bien de ser una anomalía, un largo período, posiblemente, podría ser considerado como una estrategia fisiológica por parte de la vaca para retrasar aún más la concepción mientras prevalezcan las condiciones ambientales adversas.

Es evidente que la aciclicidad ovárica básicamente es el resultado de la falta de un folículo a ovular, aunque una serie de folículos sigue creciendo. Esto se puede manifestar como un retraso anormalmente largo de la primera ovulación posparto (a veces tipo denominado ovulación retrasada 1 o DOV1) o un fracaso para volver a ovular algún tiempo después de que los ciclos han comenzado (DOV2). DOV2 puede dar lugar a períodos de actividad de tan sólo 7-10 días (si se produce una ovulación entre la nueva ola de folículos) hasta varias semanas. La contaminación bacteriana uterina posparto puede tener un efecto a corto plazo en el desarrollo folicular y la selección, especialmente en el ovario lateral al cuerno con hembras anteriormente gestantes, pero las principales causas de DOV1 y DOV2 parecen ser:

- ✚ Estado grave de energía negativa, mediada por el IGF-I e insulina en la sangre.
- ✚ Estrés interfiriendo con los patrones de liberación de LH.

El problema es lo que tratan a través de los procedimientos para optimizar estrategias de alimentación y reducir al mínimo el estrés con el fin de crear las condiciones que puedan favorecer el inicio y la continuación de la ciclicidad ovárica. Sin embargo, tratamientos hormonales se han investigado y encontrado que son eficaces en el inicio de la ovulación y reducir los intervalos entre partos de la concepción. En un estudio de posparto en vacas con ovarios inactivos, se encontró que casi todas las vacas (95%) respondieron el tratamiento a la GnRH, con un lanzamiento de la LH, pero sólo el 45% (10/22) respondieron con una formación de la



ovulación y posterior de un cuerpo lúteo. Como se esperaba, no hubo respuesta a la administración de PGF2a (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.6.4 Quistes ováricos

Los folículos ováricos normalmente alcanzan un tamaño de hasta 2 cm de diámetro inmediatamente antes de la ovulación. De vez en cuando un folículo maduro puede dejar de ovular, de modo que persiste por 10 días o más y puede seguir creciendo y entonces se dice que hay actividad quística. Algunos quistes son puramente foliculares, y se caracterizan por paredes delgadas y los niveles de progesterona baja o basal, mientras que otros (folículos quísticos luteinizados) presentan paredes más gruesas y producen aumentado de manera importante los niveles de progesterona. Los quistes pueden secretar altos niveles de estradiol durante períodos variables de tiempo.

Los quistes de corta duración pueden tener poco efecto sobre el comportamiento reproductivo, y se han observado en la presencia de otros, con funcionamiento normal las estructuras en el ovario. Otros quistes pueden persistir durante períodos prolongados, especialmente si son luteinizados, y esto puede provocar un comportamiento estral frecuente e irregular, que se conoce como ninfomanía.

Si la condición persiste, las hembras afectadas tienden a producir aumento de los niveles de testosterona y, eventualmente, puede comenzar a exponer virilización, es decir, el comportamiento masculino agresivo y sexual. Por otra parte algunas vacas quísticas permanecen conductualmente en anestro e inactivas.

Ahora se piensa que la falta de ovulación lleva a un quiste que se desarrolló, que a menudo resulta de la tensión inducida con pulsos y mareas de LH. Las pruebas de estrés como causa fundamental se apoya en el hecho de que las vacas con mastitis o endometritis muestran un aumento de las concentraciones de cortisol y ampliadas las



fases foliculares. Por otra parte, cuando la ACTH fue utilizada para imitar los efectos del estrés, los pulsos y las mareas de la LH se redujeron y dio lugar a los folículos persistentes.

Si la condición de ovario quístico es en parte hereditaria sería más probable que persista en las generaciones futuras. Los quistes foliculares tienden a volver a ocurrir después de algún tratamiento - una razón más para sacrificio en vez de curar si no es una opción. Si la afección está asociada con ninfomanía, la vaca se puede utilizar como una ayuda útil para la detección del celo en sus compañeras de hato. La incidencia de ovarios quísticos se considera que es mucho más baja en el ganado bovino de carne de que en el ganado bovino lechero (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.6.5 Formación lútea prolongada

Cualquier cosa que interfiera con la producción o liberación de PGF2  $\alpha$  dará lugar a un cuerpo lúteo persistente. El embarazo es el estado que más frecuentemente resulta en la persistencia del cuerpo lúteo. Sin embargo, como se describe anteriormente en las secciones de la patología uterina, en la presencia de infección uterina y la inflamación de los tejidos, no hay interferencia con la producción o la liberación de PGF2  $\alpha$ .

Esta condición puede ser auto-perpetuación de la dominación ya que la progesterona en el útero reduce su resistencia a la infección y evita los períodos recurrentes de celo cuando el útero es más resistente. Una consecuencia de esto es piómetra que, si no es tratada, puede persistir durante varios meses. Mediante la medición secuencial de las concentraciones de progesterona en la leche, no hay evidencia firme de que la vida del cuerpo lúteo se puede ampliar en la ausencia de lesiones uterinas y en vacas aparentemente normales. Sin embargo, si se considera que un cuerpo lúteo persistente está presente, puede ser fácilmente tratadas con PGF2



o un análogo sintético, siempre que, naturalmente, que el médico está seguro de que la vaca no está embarazada (Noakes y col. 2001).

En el ciclo ovárico el cuerpo lúteo normalmente comienza a regresar el día 16 o 17. De vez en cuando y en ausencia de gestación el cuerpo lúteo puede persistir por un período más largo. Estos casos son acompañados a menudo por problemas uterinos, tales como endometritis o piómetra y se explican por una falla del mecanismo luteolítico.

También la persistencia de un cuerpo lúteo puede acompañar a la presencia de un feto momificado. Por otra parte, la función lútea prolongada ha sido registrada en el 1,5% de las vacas lecheras que no están gestantes, en ausencia de cualquier anomalía uterina detectable y en estos casos la causa es incierta. Un estudio demostró que las vacas que se inician al ciclo con menos de 25 días después del parto eran mucho más propensas a desarrollar la función lútea prolongada. Esto puede ser debido al hecho de que la primera ovulación o luteinización de un folículo, ocurrieron antes que la involución del útero fuera suficiente para controlar la luteólisis.

Los casos de la función lútea prolongada se refieren a veces como "enquistado". Este es incorrecto ya que no puede contener un antro lleno de líquido o de la cavidad y, en cualquier caso, cuerpos lúteos de vida normal muy a menudo tienen una cavidad. La función lútea prolongada también ha sido diagnosticada en las vacas que no han sido observadas en celo. Una explicación más probable es que el cuerpo lúteo es normal, pero ese período de celo de la vaca se ha perdido al ser silencioso.

Muchos casos de la función lútea prolongada, especialmente si se acompañan endometritis o piómetra, puede causar retrasos en serio a largo de la concepción, pero no es siempre el caso. Los tratamientos posibles para la endometritis y piómetra, que se asocia normalmente con función persistente lútea están asociados con la infección del útero, lo mejor es quitar el cuerpo lúteo, que debe llevar a la vaca al celo y así limpiar el útero. En el pasado ha sido una práctica común la enucleación manualmente

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



del cuerpo lúteo por el recto con el fin de avanzar en el inicio del celo. Sin embargo, esto no es actualmente la preferida por el riesgo elevado de hemorragia y/o la formación del de las adherencias fibrosas. La inyección de prostaglandina es un más aceptable método (Gordon. 1996).

#### 8.2.1.6.6 Defectos ovulatorios

La ovulación en las vacas se produce de 10-12 horas después del final del comportamiento del celo y 18 a 26 horas después del pico de LH ovulatoria. Varios folículos se someten a desarrollo, pero por lo general sólo uno o dos se desarrolla, dándose así la ovulación, la regresión de los otros folículos se produce y se convierten en atrésicos. Una serie de defectos asociados con la ovulación puede ocurrir. Las consecuencias de un defecto de la ovulación para la fertilidad son de dos tipos: o bien el óvulo no es liberado y por lo tanto no puede ser fertilizado, o se libera demasiado tarde por lo que los espermatozoides son incapaces de fertilizar, o bien el ovocito ha envejecido y no es capaz de tener un desarrollo normal.

Los defectos ovulatorios se producen debido a la deficiencia o desequilibrio endocrino, el fracaso del desarrollo de los receptores de la hormona en el tejido diana o factores mecánicos. Si la cantidad de la hormona pituitaria libera no es suficiente, o su tiempo es incorrecta (esto es particularmente cierto de la LH), a continuación, la ovulación se retrasa o no se produce. En una minoría de casos, debido a las lesiones, hay una amplia participación de la adhesión de la bolsa de ovario a la superficie del ovario, el proceso físico de la ovulación se previene (Noakes y col. 2001).

#### 8.2.1.6.7 Adherencias óvaro-bolsa

Esto ocurre como una formación de bandas fibrosas entre la superficie del ovario y la bolsa ovárica. Su severidad varía desde la presencia de unas pocas hebras de



tejido fibroso con adherencias severas cuando el ovario se puede encajar en una masa de tejido fibroso. Las causas más probables de las adherencias son las hemorragias excesivas foliculares de la ovulación, un traumatismo en el ovario y la bolsa durante el examen rectal e infección ascendente desde el útero, éste último es más probable que ocurra en el posparto si las vacas sufren de endometritis.

Daños durante el parto, sobre todo en vacas, el exceso de grasa también puede causar sangrado y la posterior formación de adherencias. Si el problema es severo puede suceder la oclusión de las trompas de Falopio interrumpiendo el paso del óvulo después de la ovulación. En el caso de las adherencias unilaterales la vaca puede aún ser fértil, normalmente, del ovario contralateral. La presencia de adherencias Óvaro-bolsa puede ser difícil de diagnosticar en el animal, pero su presencia puede ser sospechada en vacas con persistentes declaraciones periódicas de estro (Ball y col. 2004).

#### 8.2.1.6.8 Retraso en la ovulación.

Varios autores han señalado que las vacas tienen una cierta aparente prolongada fase folicular del ciclo estral según lo determinado por la presencia de bajas concentraciones de progesterona en la sangre y la leche. Sin embargo, no hay evidencia de que esto se debe a retraso de la ovulación, sino que está relacionado con un retraso en el cuerpo lúteo asumiendo esteroidegénesis normal. El diagnóstico de la enfermedad es difícil. Tal vez es posible diagnosticar la condición por la identificación de el mismo folículo en el ovario mismo en dos exámenes sucesivos, uno en celo pico y otra ocasiones 24-36 horas después. Las condiciones en que el examen se llevaría a cabo en la práctica habitual son realmente raras y, dado el estado dinámico de los folículos ováricos, el diagnóstico exacto sería extraordinariamente difícil de lograr (Noakes y col. 2001).





#### 8.2.1.6.9 Desequilibrio hormonal.

Hay mucha evidencia contradictoria en cuanto a las relaciones entre el desequilibrio hormonal y de infertilidad, probablemente influyó en cierta medida por los errores inherentes en la medición de las concentraciones de la hormona en un número limitado de muestras de sangre periférica. Se sabe que la tasa de transporte del ovocito y el cigoto a lo largo de la trompa uterina está bajo la influencia de los estrógenos y la progesterona. Por lo tanto, si hay un equilibrio incorrecto de estas hormonas puede ser acelerado o retrasado el paso del cigoto, por lo que puede llegar al útero en un momento en el que el medio ambiente es hostil para su supervivencia.

También se ha sabido por algún tiempo que, a fin de tener supervivencia de los embriones después de una buena transferencia de embriones del destinatario y los ciclos de celo, la donante debe estar sincronizada dentro de un día el uno del otro. En la práctica, no es posible ni para diagnosticar ni para tratar esta afección. Sin embargo, debe prestarse atención a una situación en la que el desequilibrio hormonal es seguro que se produzca: a saber,

- En animales superovuladas: las hembras superovuladas han ganado enormemente patrones anormales de la producción de esteroides después de un estro polifolicular inducido por eCG, sus patrones de las concentraciones de esteroides a menudo son anormales durante el primer y segundo ciclo después de la superovulación, y transcurrir varias semanas antes de la jerarquía folicular ovárico se restaura a la normalidad.
- En segundo lugar, el uso de regímenes de sincronización de la progesterona-cíclica basada en el ganado puede llevar a periodos anormalmente prolongada de concentraciones elevadas de progesterona (Noakes y col. 2001).



## 9 Métodos de control del estro y ovulación

Desde que se conocen las hormonas de la reproducción, los técnicos han pretendido controlar la actividad reproductiva. La modificación de los ciclos estrales para que todas las hembras presenten celo en un período breve de tiempo es el objetivo que ha estimulado el desarrollo de numerosas líneas de trabajo de investigación por muchos años. Estas investigaciones, llevaron al diseño de protocolos que permiten realizar la IA sin detección de celos, con lo cual se elimina uno de los factores que afectan significativamente los resultados logrados en programas de IA (Sintex. 2005).

La comprensión de las hormonas que controlan la ovulación en el ciclo natural ha permitido el desarrollo de los procedimientos que utilizan tratamientos hormonales exógenos para el control del celo y la ovulación para el beneficio y conveniencia de la el ganadero. Tales tratamientos pueden ser utilizados ya sea en animales o en grupos para sincronizar la ovulación (Ball y col. 2004).

La utilización de dispositivos intravaginales con progesterona (DIB) en combinación con estrógenos, prostaglandinas (Ciclase), GnRH. (Gonasyn), eCG (Novormón) ó hCG (Ovusyn) ha demostrado sea una herramienta eficiente para el control del desarrollo folicular y la ovulación y permite la implementación de programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) es decir sin la necesidad de detectar celo (Sintex. 2005).

Fisiólogos y veterinarios han tratado de sistemas fiables de control del ciclo estral durante muchos años, ya que se ofrecen varias ventajas de gestión:



- El éxito de los métodos de control del ciclo estral facilitaría el uso de inseminación artificial (IA) lo que permite la explotación de la mayor genética de toros superiores. En la actualidad, la IA es subutilizada en particular en el ganado vacuno.
- Se podría llevarse a cabo a una hora predeterminada o fija, si el método de control es lo suficientemente confiable. Esto podría potencialmente eliminar la necesidad de la detección de celo. De hecho, puede decirse que el control del ciclo sirve para mejorar la tasa de detección del celo mediante la concentración de la ocurrencia de inducida en un período más corto de tiempo finito.
- La sincronización del estro permitiría la gestión de lotes de inseminaciones y partos, que en algunas circunstancias podrían mejorar la eficiencia de la gestión. Esto es particularmente cierto en los grupos de sustitución novillas y vacas nodrizas de carne, que suelen ser gestionados en los grupos y no siempre reciben la atención frecuente e individual concedida a las vacas lecheras. Bajo las condiciones tradicionales, las vaquillas y vacas nodrizas, debido en parte a las dificultades prácticas asociadas a la detección de celo. Por lo tanto el uso de agentes farmacológicos para controlar el ciclo estral podría aumentar el uso de la IA en estas situaciones.

En la actualidad, la respuesta al tratamiento y la fertilidad posterior es muy variable. Los resultados varían considerablemente entre los rebaños y entre años en el mismo rebaño. En consecuencia, los factores económicos son variables también, pero si el desempeño reproductivo es pobre no será, evidentemente, un bajo o negativo costo-beneficio.

El control del ciclo estral depende de la manipulación hormonal, con el fin de provocar la ovulación en un predeterminado momento, el tiempo conveniente, en lugar que cuando se hubiera producido de forma natural. Hay tres enfoques principales:



- La inducción artificial de luteólisis prematura con el uso de agentes luteolíticos tales como la prostaglandina F2a (PGF2a). Obviamente, esto sólo será efectivo en el ciclo de vacas con un cuerpo lúteo activo.
- La prostaglandina induce la luteólisis en asociación con GnRH para manipular función folicular y luteínicas. Este procedimiento podría ser utilizado para la inducción de la ovulación en acíclicos, así como las vacas cíclicas.
- La simulación de la función del cuerpo lúteo, por la administración de progesterona (o uno de sus derivados sintéticos) durante varios días, seguido de por la retirada brusca. Este procedimiento también es eficaz para la inducción de la ovulación en vacas acíclicas (Ball y col. 2004).

## 9.1 Prostaglandinas y otros análogos

La PG causa la regresión del cuerpo lúteo o cuerpo amarillo, luego de lo cual ocurre el celo; por lo tanto la inyección de PG es una manera de inducir el celo de forma similar al proceso natural. Sin embargo, en vacas en producción la respuesta a esta hormona es más variable que en vaquillonas, ya que mientras en esta última categoría un 73% presenta celo dentro de los 5 días luego del tratamiento, en vacas en ordeño el porcentaje de celos en los primeros 5 días oscila entre un 12% y un 35%. A pesar de esto, un esquema de manejo reproductivo con administración rutinaria semanal de PG (tratamientos de los lunes, por ejemplo), resulta en una mejora de la eficiencia reproductiva, aumentando el porcentaje de detección de celos y el porcentaje de concepción y reduciendo el intervalo parto a concepción (Cavestany. 2005).

Los agentes luteolíticos más potentes disponibles son derivados de PGF2a. Inyecciones de PGF2a exógena o uno de sus análogos en la fase lútea media da los resultados en el ciclo de luteólisis prematura y la disminución consiguiente de

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



concentraciones periféricas de progesterona. Esto es seguido por un aumento en la secreción de gonadotropinas y estradiol-17b, que culmina en la fase pre-ovulatoria, sobretensiones y finalmente la ovulación. La caída en las concentraciones de progesterona es rápida, siempre llega a los niveles basales dentro de 30 horas de la inyección.

El momento de la ovulación después de la inyección puede ser muy variable, dependiendo de la existencia de folículos, pasa a ser un folículo dominante en el momento de luteólisis. Esto dependerá de la etapa del ciclo y si la vaca se encuentra en un ciclo de dos o tres de onda. Las prostaglandinas se han utilizado para controlar el ciclo estral en varios maneras.

Algunos métodos posibles son:

- ✚ Tras el examen rectal, sólo las vacas con cuerpo lúteo se inyectan. Estas vacas a continuación, deben mostrar el celo y la ovulación 3-5 días más tarde. Este método tiene la desventaja de que consume mucho tiempo y que palpación rectal implica gastos adicionales. Los resultados también dependen de la precisión de la palpación rectal.
- ✚ Tras la identificación de un cuerpo lúteo activo utilizando la medición progesterona en leche. Una muestra de leche podrían tomarse antes de intención de la IA para confirmar que la inyección de prostaglandina indujo luteólisis.
- ✚ Observación de celo de todas las hembras durante un período de siete días, sirviendo a cualquiera que muestre celo. El resto son inyectadas con prostaglandinas al día siguiente y pueden ser inseminadas una o dos veces a horas fijas o en celo observado. La razón para que el período de observación inicial sea de siete días es que hay un período de aproximadamente siete días en el ciclo (día 18 al día 0 y día 1 a el día 4) cuando el animal no responde a la prostaglandina, es decir, cuando no hay corpus lúteo. Después de siete días, los

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



que originalmente hay entre los días 18 y 0, han mostrado celo y se sirve, mientras que los que tenían entre 1 y 4 días serán ahora entre los días 8 y 11, es decir, en la fase lútea media, y por lo tanto sensible a la prostaglandina (Ball y col. 2004).

## 9.2 Control progesterona

En este método la función del cuerpo lúteo es simulada por la administración de la progesterona o uno de sus derivados. La progesterona inhibe la liberación de gonadotrofinas, y por lo tanto la maduración folicular, hasta que se retira (Ball y col. 2004).

El uso de progestágenos sintéticos en lugar de los esteroides naturales ha sido examinado por varios investigadores. Logue et al. (1992) describen el efecto de con un progestágeno (Norgestomet) en la forma de un implante auditivo en días 10-21; ninguna mejora en la tasa de gestación fue encontrada, pero hubo una alta tasa de sincronía del retorno de estro en los animales que no están gestantes (Gordon. 1996).

Para sincronizar el ciclo de un grupo de vacas al azar de manera eficaz, es necesario tratarlas con progesterona durante un período equivalente a la duración de la fase lútea, es decir, por lo menos 16 días. Esto se debe al hecho de que la progesterona exógena tiene poco o ningún efecto sobre la vida útil del cuerpo lúteo, por lo que en algunos casos el cuerpo lúteo podría sobrevivir a un tratamiento de progesterona a corto plazo, dando lugar a una falta de sincronía.

Los implantes son el método más adecuado de la administración de progestágenos y la retirada puede ser controlada con precisión por la remoción del implante. El implante se puede insertar en la vagina o en la piel, generalmente en la oreja (Ball y col. 2004).



### 9.3 Tratamientos combinados

En el desarrollo de medidas de control del celo por los distintos productos farmacéuticos que producen las empresas, las prostaglandinas y progestágenos, inevitablemente hay una tendencia a que las investigaciones iniciales que se refieren a la utilización de un único agente de sincronización. En las aplicaciones comerciales de control de estro, puede haber mucho que ganar mediante el examen de determinadas combinaciones de agentes. Ahora está claro que los diversos enfoques se pueden tomar para inducir la regresión del folículo dominante y de manipular el crecimiento de la onda folicular, a fin de proporcionar un control más consistente y precisa del ciclo (Gordon. 1996).

Combinación de tratamientos empleados en el control del celo en las vacas.

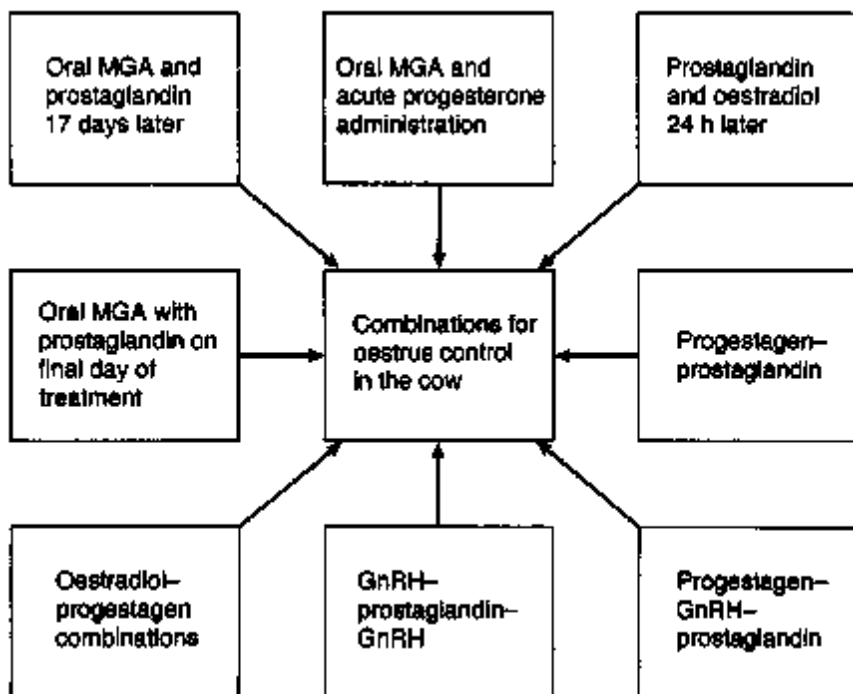


Figura 9. Combinación de tratamientos empleados en el control del celo en las vacas (Gordon. 1996).



### 9.3.1 Progestágenos en combinación con la prostaglandina

Una forma de hacer frente a la fase lútea temprana, período durante el cual el cuerpo lúteo de la vaca no es susceptible a la acción de  $PGF_{2\alpha}$  es poner todos los animales bajo tratamiento progestágeno durante al menos 5 días antes de seguir con una luteolítica dosis de prostaglandina. Ha habido muchos informes sobre el tratamiento combinaciones que entrañen la PFUD dispositivo de CIDR o el implante de oído Norgestomet durante 7-10 días y una dosis luteolítica de la prostaglandina, administrado 24-48 horas antes o en el momento de la retirada del progestágeno.

La combinación de progestágenos y prostaglandinas evita la necesidad de 3 dosis de estrógeno o estrógeno / progestágeno que ha de darse al comienzo de un tratamiento progestágeno de corto plazo. Tratamientos combinados de prostaglandina-progestágeno son obviamente más caros que prostaglandinas o tratamientos con progestágeno solo, ya que pueden implicar mayor cantidad de drogas y los costos laborales (Gordon. 1996).

### 9.3.2 Combinado de progestágenos-GNRH-prostaglandinas

Se ha examinado el uso de una combinación CIDR-GnRH-prostaglandina, en ensayos que incluían a más de 3.000 vacas lecheras de parto de primavera. En este sentido, la GnRH se dio en el momento de iniciar un tratamiento CIDR el día 10 y la prostaglandina se administró 24 horas antes del retiro del dispositivo intravaginal. La GnRH se dio para garantizar el surgimiento de un nuevo folículo dominante que a su vez estaría dispuesto a crecer la fase preovulatoria después de la inyección de la prostaglandina. Un CIDR-GnRH ocho días- tratamiento con prostaglandinas, da un mejor resultado en la detección del celo (Gordon. 1996).





### 9.3.3 Combinación GNRH-prostaglandinas

El uso combinado de ambas hormonas, resulta en la regresión del cuerpo lúteo y la ovulación. Es posible entonces predecir el momento óptimo para inseminar, de modo que el semen depositado en el útero de la vaca encuentre un óvulo en condiciones de ser fertilizado. Con esta combinación de hormonas, se ha desarrollado un método de sincronización de la ovulación (Ovsynch, en su denominación en inglés) con inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), es decir sin realizar la detección de celos. Con este método, al inseminarse el 100% de los animales, el %DC es 100% y, obteniendo un porcentaje de concepción del 25% (probado en 1,000 animales tratados), se obtiene un porcentaje de preñez del 25%, lo cual estaría dentro de un porcentaje aceptable.

La desventaja de este método es su costo, ya que para lograr una preñez similar que a celo natural se requiere un gasto de U\$S 7/animal aproximadamente. Es posible sustituir la GnRH por otra hormona, el estradiol, que reduce los costos aunque brinda una respuesta algo más variable (Cavestany. 2005).

Este protocolo GnRH-prostaglandina se basa en el supuesto que la sincronización de las ondas foliculares con GnRH induce la aparición de un nuevo folículo que se convierte en el folículo ovulatorio después del tratamiento con prostaglandina. Se han encontrados datos que sugieren que el uso de un protocolo GnRH-prostaglandina podría eliminar la necesidad de la detección del calor.

Una combinación de tratamiento similar que implica a la GnRH seguida 7 días más tarde por PGF, como una posibilidad para la regulación el ciclo estral, con base en estudios con vacas Holstein que fueron 7 semanas y más allá del parto. Otros han utilizado un análogo de GnRH en combinación con la prostaglandina en los intentos de concebir un protocolo de tiempo de inseminación.



La primera inyección de GnRH está diseñada para inducir la ovulación y la formación de un cuerpo lúteo nuevo o accesorio y una nueva onda folicular. El *corpus luteum* posteriormente causó una regresión por la prostaglandina y el animal ovula un día después de la segunda inyección de GnRH. Se sugiere que el protocolo podría eliminar la necesidad de la detección del celo. Un informe demostró que la ovulación puede estar sincronizados dentro de las 8 h en vacas lecheras; los autores que registran éste, fue el primer informe que demuestra que la ovulación puede ser sincronizado en un período de tiempo compacto.

Un trabajo en Utah encontró que el mismo protocolo GnRH-prostaglandina se utiliza para sincronizar el celo. Los trabajos encuentran que una segunda inyección de GnRH después del tratamiento con GnRH-prostaglandina fue muy efectiva en la sincronización de la ovulación en animales nodriza; la eliminación de los terneros durante 48 horas no tuvo ningún efecto sobre la fertilidad (Gordon. 1996).

#### 9.3.4 Combinación estradiol-progestágenos

Trabajos han demostrado que el tratamiento con estradiol-progestágeno en novillas implantadas da como resultados la supresión del folículo y la aparición sincrónica de una ola folicular unos 4 días después. Otros estudios reportan que el tratamiento con estradiol del ganado que lleva un CIDR fue encontrado para reducir la variación en el tratamiento de celo y períodos de ovulación y en este, el estradiol se le dio 1 o 2 días después de comenzar un tratamiento CIDR de día 9. Encontraron el intervalo de inyección de estradiol a la onda emergencia con un promedio de 4,3 días, independientemente de la duración del tratamiento de progestágeno (Gordon. 1996).



## 10 Identificación del celo silencioso

En sistemas sujetos a inseminación artificial y servicios a corral, una precisa detección de celos es la llave para una eficiente reproducción. Celos no detectados o falsamente detectados resultan en mayor número de inseminaciones o montas del semental, con la consecuencia de perder leche y terneras de reposición, por aumento de los intervalos entre partos (IPP). Una ineficiente detección de celos es una causa principal que contribuye a que los IPP excedan los 365 días, para los rodeos de partos y servicios casi todo el año. Para los rodeos estacionales una correcta detección de celos permite tener una corta y programada temporada de partos y durante el servicio un alto porcentaje de animales (90%) inseminados en los primeros 28 días de comenzado el mismo (Glauber. 2007).

### 10.1 Observación directa

La observación visual directa de los animales para detectar la conducta estral es el método más ampliamente usado en ganado bovino. Sin embargo, no siempre se realiza en forma correcta, lo que ocasiona que tenga baja precisión y eficiencia.

El momento de observación es muy importante para tener eficacia en la detección. Se pierden muchos celos si no se hace la detección en los mejores momentos del día. La recomendación tradicional es observar a las vacas durante 30 minutos al amanecer y otros 30 minutos al atardecer.

Se ha determinado que aproximadamente 28% de los celos solo se manifiesta durante las horas de oscuridad. De las 6 a. m. a medio día se manifiestan el 22% de los celos, solo 10% de medio día a las 6 p. m., de las 6 p. m. a media noche 25% y de media noche a las 6 a. m. 43%. Se ha demostrado que si se invierte más tiempo en la detección la eficiencia mejora mucho. La nueva recomendación de la "detección



intensiva de calores" requiere dedicar dos horas a la observación al amanecer y otras dos al atardecer, además de una hora extra a medio día. Con esta rutina se obtiene una eficiencia similar a la de los métodos electrónicos de detección (85 - 100% de celos detectados correctamente).

Un factor que afecta la precisión de la detección es la jerarquía social de las vacas. Los animales dominados generalmente manifiestan poco el celo si están presentes las vacas dominantes. Una técnica de manejo que ayuda a detectar el celo de estos animales consiste en continuar la observación durante al menos 30 minutos más después de separar las vacas que ya fueron detectadas en celo (Asprón. 2004).

## 10.2 Palpación

Es el método más comúnmente utilizado por la mayoría de especialistas dedicados a reproducción bovina. La palpación transrectal sirve para revisar al animal si no hay fallos en su organismo, revisando útero, cuernos, ovarios.

Para realizar ésta técnica se requiere adiestramiento y bastante práctica, ya que el especialista confía en sus sentidos para realizar la exploración, por lo cual, a pesar de ser bastante experimentado pueden ocurrir equivocaciones y no es el método más seguro o efectivo.

## 10.3 Ecografía

La ultrasonografía ginecológica hizo su ingreso en la buiatría a fines de los años 70. La ultrasonografía permitió revelar el complejo ciclo ovárico del bovino. Las ondas de crecimiento folicular son hoy claras gracias a la aplicación de esta técnica. Los hallazgos fisiológicos y patológicos sobre ovario y útero encuentran en la

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



ultrasonografía una respuesta diagnóstica fundamental. La ultrasonografía en Europa y en Estados Unidos es practicada por un número reducido, pero en constante aumento, de profesionales.

Un ginecólogo experimentado se equivoca en un 25-35% de los diagnósticos efectuados durante la evaluación manual de los ovarios. El diagnóstico manual de un quiste luteínico es correcto en el 43% de los casos, contra el 87% de precisión del diagnóstico realizado por ultrasonografía. En el caso de un quiste folicular el diagnóstico manual es correcto en el 65% de los casos, mientras que el ultrasonográfico lo es en el 82% (Gnemmi).

#### 10.4 Progesterona en leche.

El nivel de progesterona en la leche puede ser usado para evaluar el celo y el gestación en el ganado lechero. El nivel de progesterona aumenta lentamente durante los primeros 4-6 días después de la ovulación y alcanza un máximo en 10-17 días. Cae abruptamente en el día 18-19 de las vacas no preñadas, debido a la luteólisis, pero sigue siendo elevada en las vacas preñadas donde el CL sigue funcionando.

Un alto nivel de progesterona en la leche confirma la falta de celo y de que una vaca no debe ser inseminada. Esto puede ser particularmente útil en vacas de alta producción o de las vacas bajo estrés por calor, cuando hay pobres signos de estro. A bajos niveles de progesterona indica que la vaca podría estar próxima a celo, pero no confirma que está en el estado óptimo para la inseminación, bajos niveles de progesterona también pueden ser debido a la inactividad de los ovarios o la presencia de quistes foliculares. Los quistes lúteos se pueden distinguir de quistes foliculares por un alto nivel de progesterona. La progesterona en la leche puede ser evaluada utilizando kits comerciales en la granja (Squires. 2003).

---

*Aporte bibliográfico sobre el estro silencioso en la hembra bovina, etiología y repercusiones*



## Conclusiones

Tomando en cuenta todo lo anterior citado por los diferentes autores, , ya que es un problema poco atendido en la ganadería ya sea de leche o de carne; se puede concluir lo siguiente con respecto al celo silencioso en la hembra bovina:

- Los celos silenciosos no identificados a tiempo, se traducen en pérdidas económicas para el ganadero, llamándosele días abiertos.
- El celo silencioso es de etiología multifactorial, que implica alteraciones fisiológicas, ambientales, nutricionales, patológicas, culturales o de manejo, etc.
- Entre los problemas reproductivos que la explotación bovina sufre, el celo silencioso es el causante de las mayores pérdidas para los ganaderos.
- Un alargamiento del intervalo parto-concepción (alargamiento del período parto-primera IA, primera IA-concepción).
- Un alargamiento del intervalo parto-parto.
- Un aumento de los costos terapéuticos y sanitarios.
- Un aumento de los costos de personal.
- Un aumento en los costos de alimentación.
- Una baja en la producción láctea, disminución en el número de partos.



## Bibliografía

- ✚ Alonso-Andicoberry C., García-Peña, F.J., Ortega-Mora, L.M. 2001. Epidemiología, diagnóstico y control de la Leptospirosis bovina. Revista Investigación Agropecuaria: Prod. Sanid. Anim. Vol. 16 (2). España. P.p. 205-225.
- ✚ Asprón, M. A. 2004. Curso de actualización - Manejo Reproductivo del Ganado Bovino. Querétaro, Querétaro, México. Internaciotal Veterinary Information Service, (www.ivis.org). 02 de Abril de 2004.
- ✚ Ball, P.J.H., Peters, A.R. 2004. Reproduction in Cattle. Third Edition. Blackwell Publishing Ltd. UK. P.p. 110- 122, 156-174.
- ✚ Bavera, G. A. 2005. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC.
- ✚ Campero, C. M. y Cobo, E. R. 2006. *Trichomonas foetus*: patogénesis de la mortalidad embrionaria/fetal, caracterización de antígenos vacunales y respuesta inmune inducida. Revista de Medicina Veterinaria, Buenos Aires, Argentina. Vol. 87. P.p. 47-56.
- ✚ Cavestany, D. 2005. Manejo Reproductivo en Vacas de Leche ¿Producir o no producir? [ed.] Javier M. Fernández. Vol. 4, s.l. : Ediciones Técnicas Reunidas S.L., Octubre de 2005. Produccion animal. Madrid, España. P.p. 1-5
- ✚ Cerón, J.H. (Compilador). Noticias de Reproducción Bovina. (revista, año 03, núm. 30). 2010. Departamento de Reproducción. FMVZ-UNAM. México.



- ✚ Glauber, C. E. 2007. Manejo reproductivo en el rodeo bovino lechero: propuestas y reflexiones. Facultad Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. Pub. Electr.:www.produccion-animal.com.ar. Argentina
- ✚ Gnemmi, G. La ultrasonografía en ginecología buiátrica. Italia. Traducido por Bruno Rutter, Prof. Titular Área de Teriogenología, Dpto. de Medicina de la Fac. de Cs. Veterinarias de la UBA.
- ✚ Gordon, I. 1996. Controlled Reproduction in Cattle and Buffaloes. Volume 1. Ed. Wallingford: CAB International. USA. P.p.13-16, 23-35, 63-74, 135-158.
- ✚ Grajales, L. Henry; Hernández, V. Aureliano; Prieto, Esperanza. 2010. Niveles de progesterona durante el ciclo normal y silencioso en bovinos en el trópico colombiano. Revista MVZ Córdoba, vol. 15, núm. 2, mayo-agosto, Universidad de Córdoba. Colombia. Pp. 2060-2069.
- ✚ Hafez, E.S.E y Hafez, B. 2002. Reproducción e Inseminación Artificial en animales. Séptima Edición. D.F. McGraw Hill Interamericana. México. P.p. 13-16.
- ✚ Libardo, Maza A, Ciro Alves T, Francisco, Aloizio F. 2002. Influencia de la condición corporal y producción de leche sobre el comportamiento reproductivo de vacas lecheras mestizas. Universidad de Viçosa, Departamento de Medicina Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Universidad de Córdoba. Colombia.
- ✚ Noakes, D. E., T. J. Parkin-on and G. C. W. 2001.Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics. W. B. Saunders Company Ltd. VIII Ed. London, England. P.p.5-11, 444-447.





- ✚ Odriozola E. 2001. Leptospirosis. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) [En línea]. Grupo de Sanidad Animal. [http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/enfermedades\\_reproduccion/62-leptospirosis.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/enfermedades_reproduccion/62-leptospirosis.pdf).
- ✚ Palmer, C. 2008. Endometritis en vacas lecheras. Revista Taurus, Buenos Aires. Argentina, Vol. 10 (37). P.p.25-32
- ✚ Pardo, R. R. 2004. Regulación Neuroendocrina del Ciclo Estral en los Animales Domésticos. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Universidad de Granma. Cuba.
- ✚ Pérez, M. C. C., I. Rodríguez, A. J. Dorado, M. M., Hidalgo, P. S. y Sanz, P. J. 2005. Dinámica folicular ovárica en vacas repetidoras: estudio ecográfico y perfil de progesterona. Fac. de Veterinaria. Univ. de Córdoba. España y Ctro. de Invest. y Form. Agraria, Andalucía.
- ✚ Radostits, O.M., Gay, C.C., Hinchcliff, K.W., Constable, P.D. 2007. Veterinary Medicine. A text book of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. 10th ed. W. B. Saunders Company Ltd. London. P.p. 53-62, 1698-1700, 1735-1736.
- ✚ Scandolo, D. 2007. Relación entre la fertilidad y el desbalance energía/proteína en la dieta de vacas lecheras. Revista del Colegio de Médicos Veterinarios de la provincia de Santa Fe, Vol.5 (181). Argentina. P.p. 22-23.
- ✚ Sintex. 2005. Fisiología Reproductiva del Bovino. Laboratorio de Especialidades Veterinarias. Argentina.
- ✚ Sintex. 2005. Manejo reproductivo en bovinos de carne. Laboratorio especialidades veterinarias. Argentina



- ✚ Sisson S, Grossman J. D., Getty, R. 2003. Anatomía de los Animales Domésticos. Masson Editorial S.A. 5° Ed. Barcelona. P.p. 173-174, 1049-1051, 1059-1060.
- ✚ Squires, E. J. 2003. Applied Animal Endocrinology. Department of Animal and Poultry Science, University of Guelph. CABI Publishing Guelph, Ontario, Canada. P.p. 13-15, 77-78.
- ✚ Torres, R. A. M; Sánchez, G. A. 2008. Apoptosis en la atresia folicular y la regresión del cuerpo lúteo. Revista Técnica Pecuaria México; 46 (2).D.F. México. P.p. 159-182.