

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**“SINCRONIZACION DEL ESTRO EN VAQUILLAS A PRIMER
SERVICIO”**

MONOGRAFIA

POR

JUAN DE LOS SANTOS GALINDO

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

ASESOR PRINCIPAL:

MVZ. SILVESTRE MORENO AVALOS

TORREON, COAHUILA; MEXICO.

JUNIO DEL 2013

TORREON, COAHUILA; MEXICO.

JUNIO DEL 2013

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**
UNIDAD LAGUNA
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**“SINCRONIZACION DEL ESTRO EN VAQUILLAS A PRIMER
SERVICIO”**

”

MONOGRAFIA

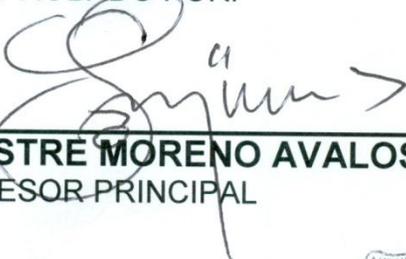
POR

JUAN DE LOS SANTOS GALINDO

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:



MVZ. SILVESTRE MORENO AVALOS
ASESOR PRINCIPAL



MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMON ALONSO
COORDINADOR DE LA DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Regional de Ciencia Animal

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**“SINCRONIZACION DEL ESTRO EN VAQUILLAS A PRIMER
SERVICIO”**

MONOGRAFIA

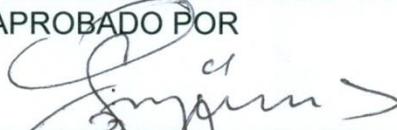
POR

JUAN DE LOS SANTOS GALINDO

QUE SE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADO POR



MVZ. SILVESTRE MORENO AVALOS

PRESIDENTE



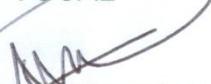
MVZ. CARLOS RAUL RASCON DIAZ

VOCAL



MVZ. CUAUHEMOC FÉLIX ZORRILA

VOCAL



MC. JOSE LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELIAS

VOCAL SIPI FNTF

Dedicatorias

Este trabajo es dedicado para mi familia y amigos que en todo momento me apoyaron gracias.

Agradecimientos

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanas ARELI Y ANABEL por ser parte importante de mi vida y representar la unidad de la familia. Por ser un ejemplo de desarrollo profesional a seguir.

También agradezco a toda mi familia y amigos por su apoyo en los momentos difíciles.

Profesores:

Gracias por todo el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo, amistad y por los conocimientos que me transmitieron.

Tabla de contenido

RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
Palabras claves: Sincronización, ciclo estral, estro, anatomía de la vaca, hormonas.	1
REVISION DE LITERATURA	2
Anatomía: Aparato reproductor de la hembra.....	2
<i>Ovarios:</i>	2
Oviducto:	3
<i>El útero:</i>	4
Cervix :	5
<i>Vagina:</i>	6
<i>La vulva y genitales externos :</i>	6
Endocrinología:	7
GnRH:	7
LH:.....	8
FSH:	9
Prostaglandina PGF2alfa:	10
<i>Progesterona P4:</i>	11
<i>Inhibinas y Activitas:</i>	13
<i>Oxitocina y Vasopresina:</i>	15
Ciclo Estral:.....	17
FASE FOLICULAR:	17
FASE LUTEAL:	19
Estro:	20
Proestro:	21
Metaestro :	21
Diestro :	22
PUBERTAD	24
DESARROLLO DEL TRACTO REPRODUCTIVO	25
MANIPULACIÓN DE LA PUBERTAD EN TERNEROS	26
MANIPULACIÓN DE LA PUBERTAD EN TERNERAS	27
SINCRONIZACION DEL ESTRO	28
MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS	29
BIBLIOGRAFIA	32

RESUMEN

El ciclo estral del ganado frecuentemente es modificado por las hormonas, lo que produce una variación en la sincronización, esto puede incrementar la posibilidad de que los animales sean inseminados artificialmente durante un periodo determinado lo que ayuda a mejorar la eficiencia reproductiva.

Los tratamientos pueden relacionar el control de la enfermedad ya sea con el mejoramiento genético a través del uso de AI o con la reducción del intervalo entre la parición y la concepción.

La detección del estro en grandes o pequeñas hatos de vacas es posible con el control del ciclo estral, especialmente si hay vacas en anestro y si existen vacas paridas o amamantando.

Cuando la conducta de monta es menos obvia e intermitente es difícil detectar el estro especialmente en grandes producciones de vacas.

Los objetivos de los métodos del control del ciclo estral variaran con relación al manejo de la crianza, debiera tomarse en cuenta que los tratamientos van en avance con respecto a este punto y han diseñado métodos para reducir el control del ciclo estral e identificar á esas áreas que requieren más estudio sobre todo en lo que respecta a las limitaciones de la efectividad y en la aplicación de los manejos de crianza.

Palabras claves: Sincronización, ciclo estral, estro, anatomía de la vaca, hormonas.

REVISION DE LITERATURA

Anatomía: Aparato reproductor de la hembra.

Ovarios:

Los ovarios al igual que en otras especies, son los órganos esenciales en la reproducción de la hembra (figura 1) y puede decirse que son de doble naturaleza, Endocrina y Citógena, ya que a la vez elabora hormonas y produce óvulos aproximadamente 2.5 cm. de diámetro y de 11 a 28 gr. de peso. **(J. DERIVAUX, 1982)**

En la vaca los ovarios son glándulas pares que están situadas respectivamente detrás del riñón de cada lado y están sueltos en la cavidad corporal a lo largo del cuerpo del útero, son de forma oval y de tamaño variable dependiendo del momento del ciclo estral en que se encuentre la vaca. **(J. DERIVAUX, 1982)**

Los ovarios (figura 2) se localizan generalmente en la pared lateral de la entrada de la pelvis a 40 a 45 cm. de la vulva esto varia con él numero de partos, al ser palpados los ovarios, a través de la pared del recto, el ovario presentare una consistencia maciza por la gran cantidad de tejido conectivo que forma el estroma de la glándula, cada uno de estos ovarios consisten en un racimo de pequeños sacos (probablemente miles) estos pequeños sacos son denominados folículos, dentro de cada folículo se encuentra una gran célula que es denominada óvulo u Oocito rodeada de una simple capa de células foliculares, cada folículo contiene un óvulo que en teoría después de un tiempo podrá fecundar y se desarrollara hasta constituir un becerro. **(RODOLFO, 2001)**

En cada período de celo (ciclo estral) un folículo se desarrolla con mas rapidez que otros, de modo que a su rotura únicamente sea expedido un óvulo, en tanto que el resto de los folículos involucionan y forman los llamados folículos

atrésicos, es probable que no se liberen mas de 100 folículos mediante la ovulación durante la vida reproductiva de una vaca. **(RODOLFO, 2001)**

Oviducto:

Denominadas también oviductos o trompas de Falopio (figura 2) y lo forman unos conductos sinuosos que, a cada lado llevan el óvulo del ovario respectivo al cuerno del útero, a la vez sirven como lugar natural donde dicho óvulo queda fecundado por el espermatozoide, las paredes del oviducto están cubiertas por una capa de revestimiento de un epitelio cilíndrico simple que sirve para encausar el óvulo a la abertura abdominal de la trompa uterina, tanto los cilios como los músculos colaboran en avanzar los óvulos y probablemente también a los espermatozoides. **(DONALD, L. 1985)**

Los Oviductos (figura 1) son dos, al igual que los ovarios y los cuernos, a pesar de que los ovarios están muy cercanos al extremo del útero, los oviductos son tan irregulares que cada uno mide de 10 a 12 cm. en su parte externa el oviducto se ensancha para formar una abertura en forma de túnel, la que se conoce con el nombre de infundíbulo, hacia la que se desplaza el óvulo cuando sale del ovario. **(DONALD, L. 1985)**

La parte inicial u ovárica del tubo de Falopio tiene importancia en la fertilidad, pues es ahí donde se efectúa la fecundación, en un corte transversal del tubo de Falopio presenta tres envolturas: una mucosa interior, una capa muscular formada por células ciliadas y finalmente una conjuntiva de la serosa externa, el epitelio de los Tubos de Falopio sufre cambios asociados con la actividad de los ovarios. **(JOHAN, H. 1990)**

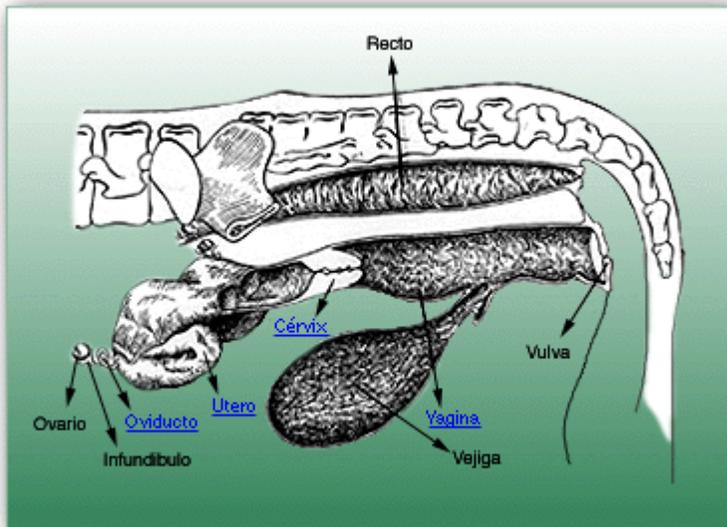


figura 1. Aparato reproductor de la vaca

El útero:

El útero consiste en dos cuernos donde desembocan los tubos de Falopio, de un cuerpo o corpus y de un cuello (figura 1), es la porción del conducto genital que retiene y nutre al embrión desde la fecundación hasta el parto el útero consta de una parte principal o cuerpo, que se localiza después del Cervix y de dos ramas o cuernos en su extremo anterior, en la vaca el cuerpo del útero es relativamente pequeño mientras que los cuernos son largos y grandes, a primera vista el cuerpo uterino de la vaca aparece relativamente mayor de lo que es en realidad, debido a que las partes caudales de los cuernos están unidas por el ligamento Intercornual. **(FRANDSON 1995).**

Los cuernos durante un corto trecho se extienden hacia adelante casi paralelos entre sí, después se abren en espiral hacia afuera, permanecen en su lugar gracias a una membrana fuerte y elástica que se conoce como ligamento ancho, que conecta las partes abdominales. **(FRANDSON 1995).**

La pared del útero (figura 2) consta de tres capas, una capa serosa exterior, una capa muscular o Miometrio y en el interior una capa epitelial o Endometrio, durante el ciclo Estrual, en la vaca se ha demostrado que las células musculares aumentan de tamaño bajo la influencia de los estrógenos y aun más de

progesterona, el cuello uterino, se proyecta en sentido caudal dentro de la cavidad de la vagina, en realidad el cuello es un robusto esfínter de músculo liso, firmemente cerrado excepto en el período de celo y en el acto del parto, en los rumiantes la superficie interna del cuello uterino esta estructurada por anillos que se dibujan como pliegues. **(DONALD, L. 1985).**

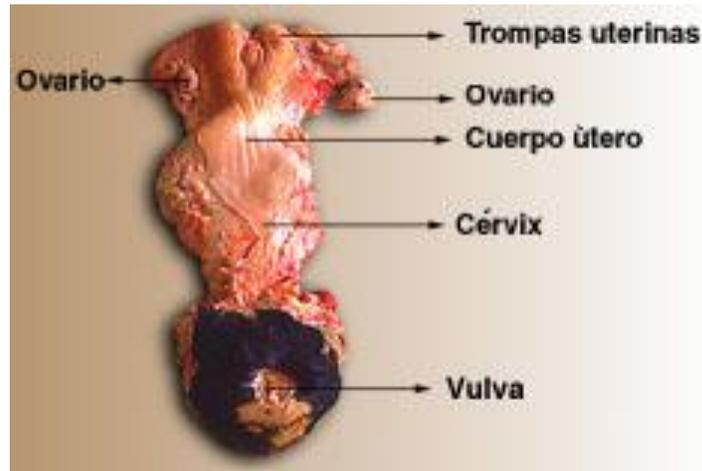


Figura 2. Aparato reproductor de una vaca.

Cervix :

También recibe el nombre de cuello de la matriz o Cervix úteri (figura 2) y es la contracción del canal genital formado por un esfínter fibro - muscular que marca la separación o división de la matriz y la vagina, su anatomía es variada generalmente su interior esta dividido en anillos irregulares semi duros y con profundos dobleces. **(RODOLFO 2001)**

Durante el celo o estro y en el momento del parto, el Cervix esta dilatado, pero por lo común se contrae para cerrar el útero, las secreciones producidas en el cuello son muy importantes durante la vida sexual de las vacas ya que son abundantes es una estructura en forma de cono, el cual se proyecta hacia atrás en el extremo anterior de la vagina y fluidas durante el celo, y más gruesas y duras en medio del ciclo durante la preñez en el cuello se forma un tapón cervical de secreción de moco muy grueso y duro, el cual evita la entrada de bacterias o invasores de agentes infecciosos, cerrando por completo el lumen del cuello. **(RODOLFO 2001)**

Vagina:

La vagina (figura 1) es la porción del conducto del parto situada en la cavidad de la pelvis entre el útero por delante y la vulva caudalmente, es un órgano tubular sumamente elástico con muy escaso tejido muscular y rico en tejido conjuntivo flojo, contiene numerosas terminaciones nerviosas, tiene la función de receptáculo durante la copula (monta o servicio) y permitir el paso del becerro durante el parto, la mucosa vaginal carece de glándulas, esta formada en su superficie interna por unas células mucosas próximas al cuello, durante el celo es muy delgada a la mitad del ciclo. **(JOHAN, H. 1990)**

En la vaca existe otro esfínter cerca del cuello de la matriz y en la inseminación artificial, con él espejulo se distinguen con facilidad estos anillos (Flor de Tenca) que dificultan el paso del instrumento y en vaquillas se requiera el uso de instrumentos de muy poco diámetro, la vagina puede llegar a medir hasta unos 25 cm de largo y se localiza exactamente abajo del colon, en el bovino el saco vaginal no se presenta tan marcado como en la yegua. **(FRANDSON 1995)**

La vulva y genitales externos :

La vulva es la porción externa (figura 2) de los genitales de la hembra, extendidos desde la vagina hacia el exterior consta de dos labios que cierran el orificio, y una cámara interna localizada dentro de ellos que se conoce como la cavidad vulvar en esta se abre la uretra, conducto que proviene de la vejiga, la comisura ventral de la vulva abriga el clítoris, del mismo origen embrionario que el pene del macho, el clítoris esta provisto de dos raíces, un cuerpo y un glande formado por tejido eréctil cubierto de epitelio escamoso su desarrollo es excesivo en vacas que nacen gemelas con un macho, las glándulas de Bartholino son las que descargan una secreción líquida en el vestíbulo de la vulva. **(J.DERIVAUX 1982).**

Endocrinología:

GnRH:

Se le conoce como Gonadotropin Releasing Hormon. Factor de liberación (releasing hormon) de las Gonadotropinas LH (Hormona luteinizante) y FSH (hormona foliculo estimulante). Es un decapeptido que se considera como liberador de la LH denominada LHRH o LRH, por lo cual se le conoce como GnRH. **(Nalbandov. 1969)**

La GnRH es un decapeptido (péptido de 10 aminoácidos), con un peso molecular de 1138 Daltons. **(D`Occhio. 1989)**. Es producida en el Hipotalamo (en la base del encéfalo) y transportada hasta la glándula pituitaria anterior (Adenohipófisis). **(Ruckebusch. 1991)**. Para modular la síntesis y secreción de LH y FSH por las células secretoras de la Adenohipofisis. **(D`Occhio. 1989)**.

La GnRH es secretada en pulsos discretos por la vía Sistema Porta-Hipofisiario, alcanza la Adenohipófisis y estos pulsos determinan la secreción típica de los pulsos de gonadotropinas (LH) y (FSH). **(Rivera.1993)**. Cuando los niveles de Estradiol son altos, el GnRH favorece la producción de la (LH) en lugar de la (FSH). En contraste, altas concentraciones de Progesterona y bajas de Estrógenos apoyan una reproducción Hipotalamica de GnRH dando así prioridad a producir FSH. **(Ruckebusch. 1991)**.

En dosis de 100 g. de GnRH sintética produce en la vaca una respuesta equivalente a la descarga de (LH) que procede a la ovulación. Mientras que la (LH) liberada aumenta de forma lineal hasta una dosis de 1500 g. de GnRH, la descarga de (FSH) es creciente hasta 500g. de GnRH, dosis a la cual se obtiene la respuesta máxima. La vida media de GnRH es aproximadamente de 7 minutos. **(Shams, 1987)**.

La liberación tónica pulsátil, esta controlada por un mecanismo de retroalimentación negativa que ejercen las Hormonas (FSH) y (LH) que permiten el desarrollo total de el o los folículos o la atresia de los mismos. **(Sumano, 1997)**.

LH:

La (LH) se detecta en las células de la teca. Es una glucoproteína > 200 aminoácidos, sintetizada por las células basófilas de la Hipófisis su actividad biológica esta representada por la fricción proteica, y su vida media es de 35 minutos aproximadamente. **(Padrón, 1990)**.

La (LH) es considerada la responsable de la maduración y la ovulación del folículo de Graaf y de la formación y el mantenimiento del cuerpo luteo. **(Padrón, 1990)**.

Las concentraciones de (LH) son relativamente bajas durante la fase luteal del ciclo, pero una descarga de (LH) en forma de un gran pico preovulatorio se produce de 24 a 30 Hrs., antes de la ovulación y esta coincide aproximadamente con el comienzo del celo. **(Britt, 1988)**.

Cuando los pulsos de (GnRH) y (LH) son bajos provocan que los folículos no crezcan lo suficiente como para alcanzar el tamaño preovulatorio y que puedan producir concentraciones necesarias de estradiol para provocar un pico de (LH) y la ovulación. **(Wiltbank, 2002)**.

La gonadotropina LH en el proceso de la ovulación, la descarga preovulatoria de esta hormona está provocada por los niveles máximos de Prostaglandina E2 (E2) un día antes del celo lo que da lugar a que en el inicio del celo, comienzan también la descarga de LH, la cual alcanza su valor máximo de 6-10 horas más tarde. Después de la onda preovulatoria, no se detectan pulsos de LH durante 6-12 horas. **(Duchens 1995)**.

La atresia del folículo dominante que se desarrolla en presencia de un cuerpo luteo (CL) es debida a la falta de LH suficiente para estimular la maduración final y la ovulación. **(Roche y Boland, 1991).**

El folículo dominante presente en el momento de la luteólisis se ve influido por el aumento en la pulsatilidad de LH que se produce con la caída de los niveles de progesterona, con lo que llegará a ovular. **(Sunderland et al., 1994)**

FSH:

Es una glicoproteína sintetizada por las células basófilas de la hipófisis anterior y su vida media en la sangre es aproximadamente de 5 hrs. **(walters D.L. 1984.)**

La hormona folículo estimulante (FSH): Su función es el crecimiento folicular, esta se produce en el lóbulo anterior de la hipófisis. **(Ling et al., 1990).**

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 (atresia) de los otros folículos medianos y grandes que lo acompañan. **(Rivera, 1993).**

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. **(Rivera, 1993).**

En sentido general la FSH es el principal regulador de la Inhibina ya que estimula su producción en las células de la granulosa de folículos no atrésicos. Esta estimulación establece un mecanismo de Feed-Back negativo sobre la síntesis y liberación de FSH tanto en la hipófisis como en el hipotálamo. **(Ling et al., 1990).**

La FSH se combina con los estrógenos para ejercer una acción mitogénica en las células granulosas y para estimular la proliferación de éstas, instaurándose un mecanismo de feed back positivo. Los receptores de FSH se detectan en las células de la granulosa. **(Padrón, 1990).**

La FSH es indispensable para la secreción de estrógenos foliculares **(Findlay, 1993)**, ya que estimula el crecimiento la mitosis y la completa diferenciación de las células de la granulosa de los folículos preovulatorios grandes. Cerca del 90 % del estradiol secretado por los ovarios se deriva de estos folículos estimulados con FSH. **(Denis y Gil 1997).**

La FSH es fundamental para el reclutamiento folicular, en tanto que los niveles basales de esta hormona son suficientes para permitir folículos de 4-8 mm y luego el desarrollo de un folículo dominante. Este suprime el crecimiento (atresia) de los otros folículos medianos y grandes que lo acompañan. **(Ireland,J.J.1987)**

Prostaglandina PGF₂alfa:

La Prostaglandinas (PGF_{2α}) se origina en el Útero su función principal es la regresión del cuerpo luteo es un ácido liposoluble. Poco antes de la ovulación los niveles de PGF_{2α} y de PGE2 aumentan notablemente, participando en la contracción ovárica y folicular por lo que se produce la expulsión del ovocito. En este momento participan también las enzimas que destruyen la cohesión de las fibras colágenas. **(Duchens 1995)**

Las prostaglandinas han revolucionado la reproducción desde que están disponibles en el mercado. Provocan la regresión del cuerpo lúteo (CL) del ovario y también tienen acción directa sobre el músculo uterino. Es el sistema de sincronizar luteólisis más efectivo y económico que se encuentra en el mercado, permitiendo la inseminación artificial a celo detectado en un periodo de tiempo reducido. **(Duchens 1995)**

Se ha comprobado por varios investigadores que los bloqueadores de la producción de (PGF_{2α}) (inhibidores de su secreción como la indometacina y el ácido acetil salicílico) retardan o impiden la ovulación en este mismo sentido se ha citado a la adrenalina. Contrariamente, la cópula adelanta la ovulación varias horas, quizás esto se produzca por la descarga de oxitocina provocada por el reflejo cruzado de Ferguson, de modo que la oxitocina estimularía la producción de la cascada de la (PGF_{2α}) la cual aceleraría el proceso a causa de la contracción de la pared folicular. **(Duchens 1995)**

El progresivo incremento de la síntesis de prostaglandina F_{2 μ} origina así mismo una progresiva retracción del útero cuyas tracciones, fijándose en el cuello, desencadenan el parto. **(Lindell et al., 1980)**

Progesterona P4:

La progesterona (p4) es producida por el cuerpo luteo (CL) los altos niveles circulantes de p4, disminuyen la frecuencias de pulsos de LH y causan la detención de las funciones metabólicas del folículo dominante. **(Stock,A. T. 1993).**

La progesterona actúa de manera sinérgica con los estrógenos en varias funciones reproductivas que incluyen el crecimiento del epitelio glandular del útero y glándula mamaria. Inhibe las contracciones uterinas y estimula las glándulas endometriales para la producción de leche uterina o histotrofe, sustancia que permite la nutrición del embrión antes de su implantación, es también determinante para la manutención de la gestación, cuando se requieren de niveles altos. Esta última condición es utilizada como prueba precoz de diagnóstico de gestación. **(Galina et al 1988).**

La secreción de la progesterona por el cuerpo lúteo suprime la acción de la LH y como consecuencia que el folículo dominante cese en sus funciones metabólicas y que regresiones; sin embargo cuando ocurre la regresión del cuerpo luteo, permite

un incremento de la frecuencia de pulsos de LH y unido a altas concentraciones de estradiol se sucede la ovulación. **(Adams 1992)**

La mayor parte de progesterona se encuentra en el cuerpo lúteo durante la fase luteínica (26 ugr el día 7 del ciclo, 65 ugr el día 12, 45 ugr el día 15, 7 ugr el día 17 del ciclo en 1gr. de tejido luteal.) Los niveles de progesterona sanguínea aumenta durante durante los días 4 al 13 del ciclo de los 4 ng / ml y disminuye rápidamente desde el día 16 a los niveles normales de 1 ng / ml. De P4 durante el celo. **(Mateos, R. A. 2002).**

La progesterona actúa sinérgicamente con los estrógenos en varias funciones reproductivas que incluyen el crecimiento del epitelio glandular, el útero y glándula mamaria. **(Mateos, R. A. 2002).**

La progesterona inhibe las contracciones uterinas y estimula a las granulas endometriales a secretar productos llamados leche uterina o histotrofe sustancia que permite la nutrición del embrión antes de implantarse. **(Martínez A. L. 1999.)** Y tiene un efecto importante retardando la ovulación a través de la inhibición de LH y FSH. **(Sumano, 1997).**

Los niveles óptimos de progesterona provenientes del cuerpo lúteo (CL) recién formados son esenciales para proveer de un ambiente del embrión en el oviducto y el útero. **(Gutiérrez, 1997.)**

Durante la gestación se puede secretar de 100 – 300 mg diarios de progesterona. **(Rivera. 1993).**

CUADRO 1.- HORMONAS REGULADORAS DE LA REPRODUCCION

GLANDULA	HORMONA	FUNCION
Hipófisis anterior	LH	Formación del cuerpo lúteo
Hipófisis anterior	Prolactina	Bajada de la leche
Hipófisis anterior	ACTH	Liberación de glucocorticoides
Hipófisis posterior	Oxitocina	Bajada de la leche
Ovario	Estrógenos	Crecimiento glándula mamaria
Ovario	Progesterona	Mantención de la preñez Crecimiento glándula mamaria
Ovario	Relaxina	Expansión pelvis Dilatación del cérvix
Corteza Adrenal	Glucocorticoides	Parto
Placenta	Estrógenos	Crecimiento glándula mamaria
Placenta	Progesterona	Mantención de la preñez Crecimiento glándula mamaria
Placenta	Relaxina	Expansión pelvis Dilatación del cérvix
Útero	Prostaglandina	Parto Regresión del cuerpo lúteo

Inhibinas y Activitas:

Hay dos tipos de subunidades precursores que generan A y B proteínas de 116 y 115 aminoácidos, llamadas inhibinas A y las inhibinas B respectivamente. Todas las activinas son biológicamente activas para estimular la secreción de FSH por la pituitaria. **(Vale, W.1994)**

Las inhibinas y las activinas son sustancias solubles en agua, miembros de la superfamilia del factor de transformación del crecimiento. **(Chen y Johnson, 1996b)**

Las inhibinas son glicoproteínas diméricas compuestas por una subunidad y una de las dos subunidades (A o B), dando origen así, a la Inhibina A e Inhibina B respectivamente. Las activinas son proteínas que están relacionadas estructuralmente con las inhibinas, y compuestas por dos subunidades , formando así, la Activina A (A + A), Activina AB (A + B) o la Activina B (B + B). **(Chen y Johnson, 1996b).**

Tanto las Inhibinas como las Activinas ejercen un efecto autocrino y/o paracrino sobre la función gonadal (Findlay, 1993) y se caracterizan funcionalmente por sus acciones sobre el crecimiento, diferenciación y función celular **(Rombauts et al., 1996)**. También se ha demostrado que la Inhibina determina la inhibición de la liberación de FSH por la Hipófisis y un efecto totalmente opuesto a este determinado por la Activina **(Chen y Johnson, 1996^a)**

La Inhibina está presente en el fluido folicular y que es producida predominantemente por las células de la granulosa y que su producción es estimulada por andrógenos. Además demostraron que la producción de Inhibina es influenciada por el tamaño y la ausencia de atresia de los folículos. Las células de la granulosa, de folículos atrésicos y pequeños no atrésicos (5 mm) producen cantidades similares de Inhibina in vitro. Como el aumento del diámetro folicular también se incrementa la capacidad de las células de la granulosa de folículos no atrésicos para producir Inhibina. La actividad aromatasa de las células de la granulosa es también influenciada por la ausencia de atresia y el tamaño del folículo de una forma similar a la de la producción de Inhibina. **(Henderson et al.1984)**

En sentido general la FSH es el principal regulador de la Inhibina ya que estimula su producción en las células de la granulosa de folículos no atrésicos. Esta

estimulación establece un mecanismo de Feed-Back negativo sobre la síntesis y liberación de FSH tanto en la hipófisis como en el hipotálamo **(Ling et al., 1990)**.

La Activina aumenta los receptores para la LH inducidos por la FSH, e incrementa el número de receptores para FSH en las células de la granulosa **(Ling et al., 1990)**.

Las subunidades de Inhibina pueden actuar intragonadalmente y extragonadalmente como hormonas y como factores de diferenciación y/o crecimiento. Se ha demostrado que la subunidad inhibina bloquea la unión de la FSH a sus receptores en las células de la granulosa ováricas **(Chen y Johnson, 1996a)**.

En resumen tanto la Inhibina como la Activina son expresadas en las células de la granulosa del ovario. Su presencia varía en dependencia del estado de desarrollo folicular en que se encuentren y por ende su acción. **(Arai et al.1996)**.

Oxitocina y Vasopresina:

Hormona que tiene como función el de provocar contracciones uterinas así cómo la bajada de la leche, esta es producida en el lóbulo posterior de la hipófisis y en menor cantidad en CL. **(Holy, L.1983.)**

Estas dos hormonas están formadas por ocho aminoácidos y la oxitocina influye sobre la musculatura lisa del útero y luego también sobre las células mioepiteliales de la ubre, relacionadas con la producción de leche. **(Holy, L.1983.)**

Las hormonas neurohipofisarias, oxitocina y vasopresina se forman en los núcleos paraventricular y supraópticos cuyos neuritos (axones) se unifican, constituyendo el trayecto hipotálamo-hipofisario, terminando en el lóbulo posterior de la hipófisis. **(Holy, L.1983.)**

Dichas hormonas son transportadas vía de los axones nerviosos en forma de pequeños gránulos hacia la neurohipófisis, donde se acumulan según las necesidades de la circulación sanguínea. **(Holy, L.1983.)**

Según Holy (1983), estas dos hormonas se pueden liberar a la circulación sanguínea de manera inmediata solo en pequeñas cantidades, no más del 10% del contenido, existiendo siempre una reserva potencial. **(Holy, L.1983.)**

La oxitocina de origen hipotalámico, inyectada en vacas y novillonas tiene una influencia negativa sobre el cuerpo lúteo. Inyectada al inicio del celo, en dosis de 50 U.I. se acelera la ovulación. Al mismo tiempo se comprobó que estas dosis son inhibidas en su acción, si se inyectan con atropina. Además, la dosis anterior puesta en el día del celo y los primeros seis días del ciclo estral, provocó la aparición del nuevo celo después de dos a ocho días de la última aplicación, como promedio el ciclo duró de 10-11 días. Parece probable que la abreviación de los periodos está provocada por la inhibición de la actividad luteotrófica, disminuyéndose la función morfocinética del cuerpo amarillo. **(Ramirez,1986)**

Es posible suponer también que la dosis de oxitocina potencializa el factor luteolítico del endometrio, reduciéndose la vida funcional del cuerpo amarillo con la consecuente disminución de la secreción de progesterona y la aparición precoz del nuevo ciclo estral. En relación con dichos experimentos, se vio que los cuerpos amarillos nunca alcanzan el tamaño normal y la mayoría de ellos se encuentran quísticos. El estudio histológico se demostró que eran muy pobres en células luteínicas. **(Holy 1983).**

CUADRO 2.- HORMONAS HIPOTALAMO-HIPOFISIARIAS

GLANDULA	HORMONA	FUNCION
Hipotálamo	ngr.	Liberación de FSH y LH
Hipotálamo	Prolact RH	Liberación de prolactina
Hipotálamo	Prolact IH	Inhibe prolactina
Hipotálamo	Corticotrófica RH	Liberación ACTH
Hipófisis anterior	FSH	Crecimiento del folículo ovárico Liberación de estrógenos
Hipófisis anterior	LH	Ovulación
Hipófisis posterior	Oxitocina	Parto / Oviposición en aves
Ovario	Estrógenos	Características secundarias Mantenimiento aparato reproductor

Ciclo Estral:

FASE FOLICULAR:

Los procesos de desarrollo y regresión o selección de los folículos ováricos en los rumiantes se producen durante toda la vida reproductiva del animal, al igual que en el resto de las especies. A pesar de la gran cantidad de folículos presentes en el ovario en el momento del nacimiento, sólo un 0,1 % de ellos alcanzará la ovulación, es decir uno o dos en cada ciclo de acuerdo con la tasa de ovulación propia de cada especie o raza. El número de folículos susceptibles de ser seleccionado para ovular viene determinado a su vez por la integración de las

etapas de desarrollo folicular individual, del conjunto de relaciones entre los folículos y del control endocrino ejercido sobre ellos por el eje hipotálamo-hipófisis- ovario. **(Gonzalez et al., 1998a)**.

La folículoogénisis o desarrollo individual de los folículos ováricos, es un proceso que comprende la evolución desde el folículo primordial hasta la ovulación o la atresia y que se produce de forma continúa desde la vida fetal hasta el agotamiento de la reserva de folículos primordiales, no sólo durante el ciclo sexual, sino incluso en el período prepuberal, la gestación y los anejros posparto y estacional. El estudio de los cambios morfológicos y endocrinos que acontecen durante la folículoogénisis ha llevado a la descripción de dos etapas de desarrollo folicular, según la influencia de las gonadotropinas hipofisarias, una primera denominada fase de crecimiento folicular basal, en la que no se ha demostrado la intervención de las gonadotropinas, y una segunda fase de crecimiento folicular tónico, que desde que los folículos son seleccionados para alcanzar la ovulación y dar lugar a un CL. **(Gonzalez et al., 1998b)**.

La concentración de P4 en sangre decaen abruptamente a niveles de ≈ 1 ng/ml entre 24-36 horas de iniciada la luteolisis **(Dileman et al., 1986)**. La caída de la P4 por debajo de un determinado umbral en presencia de concentraciones bajas de E2 elimina la retroacción negativa sobre la secreción de gonadotropinas. Consecuentemente aumenta la frecuencia de la descarga de LH y en menor grado la de FSH **(Schams, 1987)**. En esta fase la hipófisis secreta aproximadamente 1 pulso de LH/FSH cada 60 minutos. El incremento en la frecuencia de pulsos de LH/FSH estimula el desarrollo de un folículo grande que secreta cantidades crecientes de E2 **(Schams, 1987)**. El E2 se secreta en forma de pulsos que son detectados en la vena cava concomitantemente o inmediatamente después de los pulsos de LH **(Schams, 1987)**. El grado de desarrollo folicular al momento de la luteolisis determina el tiempo que transcurre hasta que el folículo completa su desarrollo y es capaz de producir cantidades suficientes de E2 como para iniciar el celo y la onda pre-ovulatoria de LH **(Ireland y Roche, 1987)**. Determinaron que un

folículo con un diámetro de < 8 mm alcanza un tamaño pre-ovulatorio (20 mm) durante los 2,5 días previos a la onda de LH. **(Dileman et al., 1986)**.

FASE LUTEAL:

El CL se desarrolla durante la primera semana pos-ovulación, la P4 aumenta hasta alcanzar un pico el día 10 del ciclo **(Hansel et al., 1973)**. Un segundo pico de E2 se produce en este momento, cuyo origen es la presencia de folículos estrógenos activos en el ovario **(Ireland y Roche, 1987)**. La secreción de LH continúa en forma de pulsos que son menos frecuentes a medida que avanza la fase luteal. Durante la fase luteal media la frecuencia de secreción de pulsos de FSH es mayor que la de LH, y aquellos son seguidos por pulsos de P4. Esto indicaría que la FSH es también un importante estímulo para la secreción de P4 en la vaca y que los esteroides ováricos modulan la secreción de FSH en menor extensión que la LH. **(Ireland y Roche, 1987)**.

Si después de la ovulación no se establece la gestación, el cuerpo lúteo sufre una regresión y comienza un nuevo ciclo, esta regresión del CL, caracterizada por vacuolización y degeneración de las células luteales, se producirá por la acción de la (PGF_{2α}). En la producción de la (PGF_{2α}) intervienen el estradiol, la progesterona y la oxitocina **(Homanics y Silvia, 1988)**. Principalmente la oxitocina, que es producida por las células luteales grandes **(Silvia et al., 1992)**. Se ha encontrado en el cuerpo lúteo receptores para la oxitocina, lo que podría indicar que no sólo estimularía a la (PGF_{2α}) **(Ligth et al., 1994)**, sino que además actuaría directamente de forma autocrina. Parece probable la existencia de una interacción entre la oxitocina y la (PGF_{2α}), ya que los metabolitos de esta última, que no tienen acción luteolítica por sí mismas favorecen la producción de más oxitocina **(Watkins y Moore, 1987)**.

La actuación de la PGF₂ a se realiza, pasando a contracorriente desde la vena útero-ovárica a la arteria ovárica que la rodea, llegando al ovario sin pasar por la circulación general (de forma paracrina). En la oveja, la PGF₂ a comienza a

incrementar sus niveles plasmáticos a partir del día 12 del ciclo sexual, siendo máximos los días 14 y 15 del mismo, con al menos cinco liberaciones episódicas en 24 horas, mientras que en la vaca y cabra la regresión del CL se produce alrededor del día 19. **(Zarco et. al., 1988)**

La regresión del CL se produce al actuar de forma directa sobre sus células disminuyendo la capacidad de sus receptores hacia la LH. **(Swanson,et.al,1977).**

Estro:

Período en cual la hembra es receptiva al macho y acepta la copula, el período de celo es decir, el tiempo durante el cual la vaca acepta al toro es muy corto y por lo común no excede de 16 a 36 horas, esto depender de la raza con la que se está trabajando en las razas cebuinas dura 12 a 14 horas. **(FRANDSON. 1995).**

Lo importante de determinar e identificar un celo radica en localizar el momento óptimo para llevar a cabo la monta o la inseminación artificial (I. A.), la ovulación esta asociada con el estro y ocurre de 12 a 18 horas de iniciado y con un 85 % de fertilidad, se ha comprobado que aproximadamente el 60 % de las ovulaciones tienen lugar en el ovario derecho de la vaca. **(RAMON. 1993)**

Esta fase dura tan sólo de 8 a 30 horas e incluye el periodo de receptividad sexual, así como el final de la duración del óvulo y del folículo, la producción continua de E2 por parte del folículo ocasiona un aumento en la secreción de LH y FSH de la glándula pituitaria (pulso pre-ovulatorio), que a su vez estimulan la liberación máxima de E2 por parte del folículo, la alta concentración de E2 desencadena los cambios físicos y de comportamiento asociados con el estro, adicionalmente el E2 incrementa las condiciones del estro reproductivo que facilitan el transporte del esperma hacia el óvulo, por lo tanto, durante el Proestro y el estro se completa el crecimiento y la maduración del folículo, el óvulo está listo para la ovulación y se completa el crecimiento y la maduración del folículo, el

óvulo está listo para la ovulación y se presentan las condiciones de estro que la vaca sea inseminada. (PAUL, M. 1969).

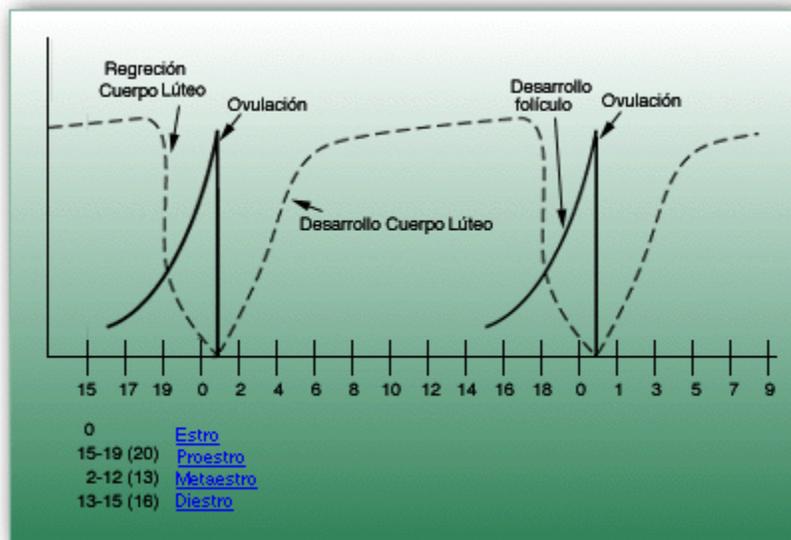


Fig 3.- Esquema del ciclo estral

Proestro:

Este período es cuando el cuerpo lúteo entra en franca regresión y empieza a formarse un nuevo folículo, este dura de 2 a 3 días y se repite cada 21 días en ciclos regulares. (WILLIAM, H. 1978)

Este periodo es tras la regresión del CL de la fase anterior y anterior al estro, durante esta fase el folículo ovulatorio se va a desarrollar mas rápidamente, a causa de las de la disminución de concentración de progesterona (P4) y un aumento en la concentración de Gonadotropina, culminando en el crecimiento acelerado del folículo ovulatorio, con un incremento en las concentraciones de estrógenos (E2), durante esta fase varios folículo pueden desarrollarse, pero solo uno será el seleccionado para ovular (Folículo Primordial) este folículo estimulado por FSH y LH producirá E2. (Linda, S. 2000)

Metaestro :

Esta fase cubre los 3 y 4 días inmediatamente después del estro, el pulso en los niveles de LH y FSH que se presentan durante el estro ocasiona la ruptura del

folículo y la liberación del óvulo aproximadamente 30 hrs. a partir del momento en que la vaca se deja montar, o 10 a 14 horas después de terminado el estro.

(J.DERIVAUX. 1982)

Inmediatamente después de la ovulación se produce una hemorragia, lo cual forma un coágulo que llena el espacio que ocupaba el líquido folicular, la estructura formada como consecuencia de estos cambios recibe el nombre de cuerpo hemorrágico, las células foliculares (granulosa y teca) cambian para formar el CL e iniciar la biosíntesis de P4, durante este período se forma el cuerpo cicatrizal o cuerpo hemorrágico. **(Linda, S. 2000).**

Una de las características más frecuentes de esta en el ganado bovino, es la presencia de un sangrado que ocurre en el útero un día después de la ovulación (50 a 70 horas después del inicio del estro) algo de esta sangre alcanza el exterior y puede verse en el moco que cuelga de la vulva, en la raíz de la cola o alrededor de los cuartos traseros en aproximadamente un 50 % de las hembras. **(WILLIAM, H. 1978).**

Diestro :

Después de 4 días se forma el cuerpo lúteo o amarillo, el cual en caso de que la vaca quedara gestante se mantiene durante la gestación y se le denomina cuerpo lúteo de gestación, en el caso de que no se llevara a cabo la gestación se le denomina cuerpo albicans o amarillo, la duración de esta fase puede durar un rango de 11 a 14 días. **(RAMON. 1993).**

El cuerpo lúteo es la estructura dominante durante esta fase, la cual es la más larga del ciclo estral. En los bovinos dura del 5 al día 18 del ciclo, y en general no se observa ningún signo externo, esta es considerada la fase de recuperación de los órganos reproductivos, el CL alcanza su tamaño máximo a los 8 y 10 días después de la ovulación tal crecimiento es paralelo a los aumentos en la

concentración de P4 en la sangre, la concentración alcanza su punto máximo el día 10 y se mantiene elevada hasta los días 16 y 18 del ciclo, el crecimiento de folículos continúa durante esta fase, un folículo grande se desarrolla aproximadamente el día 12 después del estro, sin embargo este no ovula y gradualmente sufre una regresión. **(PAUL, M. 1969).**

Los días 16 y 18 del ciclo estral son críticos para el mantenimiento del CL, si la vaca no resulta gestante después del estro, el CL sufre una regresión provocada por la secreción de prostaglandinas (PGF_{2α}) interfiere en la síntesis de P4 y disminuye su concentración en la sangre, esto permite que la FSH estimule el desarrollo del nuevo folículo en los próximos 3 a 4 días, conforme se madura el folículo, aumenta la concentración de E2 y se repite el ciclo. **(Linda, S. 2000).**

En cambio si la vaca resulta gestante, el CL se mantiene y el nivel de P4 permanece elevado, inhibiendo la actividad cíclica, el CL se mantiene debido a la retroalimentación positiva proveniente del feto, vía la secreción de Trofoblastinas. **(WILLIAM, H. 1978).**

Cuadro 3.- Fases del Ciclo Estral			
Fase	Duración	Hormonas Asociadas	Eventos
Proestro	3 días	FSH e incremento de las cantidades de Estradiol	Desarrollo de los folículos Incremento en la vascularización en la mucosa del útero
Estro	12-18 - 24 horas	Estradiol	Deseo sexual y aceptación del macho Incrementa el suministro de sangre al útero Moco puede ser visible sobre la vulva Ovulación de 12 a 14 horas después del final del estro, 3 horas más temprano en vaquillas.
Metaestro	3-4 días	Progesterona (Inhibe la liberación de FSH de pituitaria)	Rápido crecimiento del cuerpo lúteo Ligero sangrado pos-estral puede ocurrir

		secretada por cuerpo lúteo	
Diestro	11 - 13 días	Progesterona	<p>Maduración del cuerpo lúteo</p> <p>Engrosamiento del endometrio del útero y relajación del músculo</p> <p>Escaso y pegajoso moco vaginal</p> <p>La regresión del cuerpo lúteo se lleva a cabo mas tarde en esta fase.</p>

PUBERTAD

La pubertad es la edad en la cual un animal pasa a ser sexualmente maduro y es precedida por un período de maduración sexual y desarrollo fisiológico. La función de las gónadas es regulada por factores locales endócrinos, a través de la hipófisis y el hipotálamo teniendo roles críticos en la actividad de las gónadas. La comprensión de los factores que regulan la función hipotálamo-hipofisaria durante el período de maduración sexual así como el desarrollo de los testículos y los eventos cercanos a la primera ovulación, es la clave para entender el desarrollo prepuberal.

El comienzo de la pubertad en los toros fue definido por Wolf y col. (61) como el momento en que un toro es capaz de producir un eyaculado con por lo menos 50 millones de espermatozoides con al menos 10% de motilidad progresiva. Los toros pertenecientes a razas europeas alcanzan la pubertad dentro de un rango de edad aproximado de entre las 37 a 50 semanas de edad, siendo primero en las razas de tipo lechero que en las razas para carne (4,31,42). A pesar de que la circunferencia escrotal en la pubertad varía entre las razas, la circunferencia escrotal de 28 cm es a menudo utilizada como parámetro o edad de la pubertad (42). Sin embargo, la cantidad de semen y calidad aumentan por algún tiempo después de la edad de pubertad (3).

Hoy en día hay información suficiente sobre el modelo de desarrollo de crecimiento de los folículos ováricos antrales y del tracto reproductivo pos-natal en las terneras. Los mecanismos endócrinos que controlan la maduración sexual son también cada vez más claros. Desde el punto de vista práctico, hay probablemente mayor interés en los mecanismos que regulan el desarrollo ovárico pos-natal en bovinos comparado con otras especies productivas, debido a la presión de reproducir vacas a una edad temprana y a la intensidad de los esfuerzos dirigidos hacia el mejoramiento genético. La edad a la primera ovulación es bastante variable (40) por lo que estos conocimientos podrían ser de utilidad para adelantar el momento de la primera ovulación y permitir que la hembra tenga varios ciclos antes de la primera copula con el consecuente aumento de la fertilidad (16).

DESARROLLO DEL TRACTO REPRODUCTIVO

En los mamíferos, el fenotipo sexual de un individuo es el resultado de una cascada ordenada de eventos controlada por factores genéticos y endócrinos. La determinación sexual es el proceso que da lugar a la formación de testículos u ovarios y parece estar principalmente bajo control genético (en gran parte por los

genes en los cromosomas X e Y) (20). La diferenciación sexual es el desarrollo subsecuente de las gónadas y órganos sexuales accesorios y se encuentra bajo control endócrino. La naturaleza del control endócrino se da por la determinación sexual, por lo tanto, el fenotipo sexual de un individuo es determinado por la expresión correcta de su composición genética.

El crecimiento testicular sigue un modelo sigmoideo en los terneros, con un rápido crecimiento después de las 25 semanas de edad hasta la pubertad, disminuyendo cuando el toro alcanza la producción del eyaculado adulto

El diámetro del folículo mayor estuvo positivamente correlacionado con los diámetros de varios de los segmentos de la genitalia tubular (36). La ultrasonografía transrectal provee imágenes por medio de frecuencia, monitoreando de forma no invasiva los folículos ováricos antrales en el mismo grupo de animales a cualquier edad (2,27). Cuando tales observaciones fueron hechas diariamente durante largos períodos, fue visto que las vaquillonas prepúberes de razas para carne presentaban ondas de desarrollo de folicular (2) similares a las de vacas adultas. Las ondas foliculares en vaquillonas prepúberes, así como en vacas adultas, fueron precedidas por un pico en la concentración sérica de FSH (2,29).

Las concentraciones circulantes de estradiol son inicialmente bajas, pero aumentan con la edad, a medida que van madurando las vaquillonas prepúberes, particularmente durante las últimas 12 semanas antes de la primera ovulación (28, 29). Sin embargo, el mayor incremento ocurre en los días previos a la ovulación (28). La primera ovulación en vaquillonas no está asociada a menudo con el estro, y el subsecuente cuerpo lúteo es menor que en el ciclo normal y puede ser de corta duración (10,28). Este ciclo corto es seguido por un celo y una fase luteal normal.

MANIPULACIÓN DE LA PUBERTAD EN TERNEROS

En la introducción nos referimos al efecto de la raza en la edad a la pubertad. La nutrición (13) y la estación al nacimiento (6,59) pueden también influenciar el desarrollo reproductivo. En general, parece que los bajos niveles nutricionales después del destete obstaculizan el desarrollo sexual, mientras que los efectos de una buena nutrición, aunque no sea clara, parecen ser positivos (49). Cuando se aplicó la restricción nutricional previa al destete y durante el período del aumento temprano de la secreción de LH, la secreción de LH fue reducida, se retrasó la pubertad y se redujo el peso testicular (14). El mejoramiento nutricional durante el mismo período afectó positivamente el aumento temprano de la secreción de LH y aumentó el crecimiento testicular (15).

Los terneros nacidos en otoño alcanzaron la pubertad tarde (59) o el tiempo a la pubertad fue más variable comparado con los terneros nacidos en la primavera. Los terneros nacidos en otoño experimentaron un prolongado aumento temprano de la secreción de LH, con una mayor amplitud de los pulsos de LH que los terneros nacidos en primavera (6). Aun cuando el fotoperíodo puede ser la base para las diferencias estacionales, el tratamiento de los terneros nacidos en primavera con implantes liberadores de melatonina al nacimiento, 6 y 11 semanas de edad, no afectó el desarrollo reproductivo.

MANIPULACIÓN DE LA PUBERTAD EN TERNERAS

El peso corporal ha sido considerado un factor importante en la determinación de la edad a la pubertad en vaquillonas y la nutrición cumple un papel crítico en ello. Numerosos estudios examinaron la relación entre la edad, el peso y la obtención de la pubertad en vaquillonas y se ha sugerido que es necesaria la interacción de los dos para la obtención de la pubertad. Más recientemente se ha demostrado que la condición corporal es un importante determinante del momento a la pubertad (19).

Mientras los tratamientos con gonadotrofinas pueden estimular las ovulaciones en casi cualquier edad de vaquillonas prepúberes (47,55), el intento por disminuir la edad a la pubertad y estimular los ciclos estrales regulares no ha sido exitoso, al menos que hayan sido realizados cerca de la edad esperada de la primera ovulación (34, 35, 56,60).

Se ha reportado la fertilización in vivo de ovocitos de terneras prepúberes después de la inducción de la ovulación y la inseminación artificial (46,55) así como la fertilización in vitro de ovocitos después de la aspiración de folículos antrales (8). Sin embargo, los ovocitos de terneras y los embriones que ellas producen tienen una baja competencia de desarrollo y son menos tolerantes a la manipulación que los ovocitos y embriones derivados de animales adultos (Tabla 1) (7, 33,48). Sin embargo, el uso de tratamientos de estimulación ovárica en combinación con tratamientos cortos de progestágenos es efectivo en la producción de terneros a partir de ovocitos derivados de terneras inmaduras (58)

SINCRONIZACION DEL ESTRO

Diferentes métodos de sincronización del estro han sido utilizados como una herramienta de manejo, para concentrar el manejo reproductivo del hato manteniendo una adecuada tasa de concepción (Dick, 1999).

De esta forma, la sincronización ha permitido tener control sobre decisiones que afectan en forma directa la eficiencia del sistema productivo (oferta-demanda), permitiendo el uso de tecnologías como la inseminación artificial (IA) a tiempo fijo ó en períodos muy controlados de tiempo, la monta dirigida ó controlada con toros asegurando la paternidad del reproductor (Geary et al., 2000; Martínez et al., 2000). Sin embargo, a pesar de que la IA y la transferencia de embriones son herramientas que han demostrado una gran utilidad en los programas de mejoramiento genético, el porcentaje del ganado incluido en estos esquemas en

México continúa siendo muy bajo. Se menciona que solo el 4.3% de las hembras bovinas del país se inseminan y solo el 53% de los ganaderos de razas puras utilizan en algunas ocasiones la inseminación artificial, lo que pone de manifiesto que la transferencia de embriones es aún más limitada (SAGAR, 1997).

Hoy en día existen un sin número de tratamientos hormonales para el manejo productivo /reproductivo, pero se requiere del conocimiento de los mismos para una mejor manipulación (Geary et al., 2000). Entre las ventajas de la regulación farmacológica del ciclo estrual se incluye el mejorar la eficiencia (en algunos casos) de la detección de estros, aumentar la eficiencia reproductiva y tener un manejo eficiente de la reproducción. Asimismo, al controlar las ondas foliculares del ovario se aumenta la precisión en la sincronización de los estros, incrementando la fertilidad de la inseminación artificial, e inducir la actividad cíclica en animales en anestro o vaquillonas prepúberes (Evans et al., 1994).

Cox et al. (1999) mencionaron que la combinación de análogos GnRH y PGF2 α permite controlar la fase luteal y la dinámica folicular que coexisten en el ovario, facilitando el diseño de esquemas de sincronización de estros que mejoren la eficiencia de su detección y subsecuentemente del manejo reproductivo del rebaño. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar un dispositivo intravaginal bovino de liberación de progesterona y la combinación de eCG y PMSG sobre la sincronización del estro en Hembras Holstein.

MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS

Según Patterson et al (2000) la evolución de los métodos para el control del ciclo estral en la vaca, puede ser ordenado en 5 fases distintas. La primera comprende todas investigaciones con el sentido de prolongar la fase lútea a través

de la administración de progesterona exógena. Con el tiempo estos métodos pasaron a contar con una asociación de estrógenos y gonadotropinas. La tercer fase esta caracterizada por la utilización de prostaglandinas con el fin de acortar la fase lútea, la cuarta fase seria aquella en la que fueron desarrollados los métodos con la asociación de progestágenos y prostaglandinas. La denominada quinta fase surgió por estudios mas recientes de las ondas foliculares que mostraron que el control del ciclo estral en la vaca requiere la manipulación no solo de la fase lútea sino también del crecimiento folicular.

Dentro de las ventajas de la sincronización de estros en bovinos podemos citar las siguientes:

- ◆ Concentración de animales en estro en un corto periodo
- ◆ Racionalización de la IA principalmente en vacas de carne.
- ◆ Concentración y reducción del periodo de parición.
- ◆ Manejo de los alimentos disponibles de acuerdo con la época del año y las categorías de animales.
- ◆ Facilitar la formación de test de evaluación zootécnica para posibilitar la compra de individuos con intervalos reducidos entre los nacimientos.
- ◆ Registro de los terneros, facilitando las prácticas de manejo y comercialización.

Los principales factores limitantes a una mejor expansión en la utilización de los protocolos de sincronización de los protocolos de sincronización de celos y ovulación en vacas, esta asociado relativamente a los altos costos de las hormonas; desconocimiento por parte de los técnicos sobre los mecanismos fisiológicos que rigen la función reproductiva de la vaca, situaciones frecuentes en nuestro sistema de producción con periodos de restricción alimentaría, así como una pequeña reducción de la fertilidad de los animales después de los celos inducidos.

Cuando se va a implementar un programa de sincronización tenemos que caracterizar al grupo de animales que serán tratados. Esta clasificación se da básicamente considerando si se trata de vaquillonas o vacas con cría al pie y el

estado del ovario. Determinados protocolos que pueden ser utilizados en vacas o vaquillonas cíclicas, son inadecuados en hembras acíclicas.

Actualmente existen 2 grupos de preparaciones hormonales disponibles en el mercado que pueden ser utilizadas para sincronizar celos en los bovinos:

- 1-Progestágenos que tienen como efecto principal un bloqueo hipotálamo-hipofisiario simulando una fase lútea.
- 2-Prostaglandinas y sus análogos que actúan como agente luteolítico sobre el cuerpo lúteo

BIBLIOGRAFIA

1. Abdel-Raouf, M. The postnatal development of the reproductive organs in bulls with special reference to puberty. *Acta Endocrinologica* 1960;Supplement 49:1-109.
2. Adams, G.P., Evans, A.C.O., Rawlings, N.C. Follicular waves and circulating gonadotrophins in 8- month-old prepubertal heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 1994;100: 27-33.
3. Almquist, J., Cunningham, D. Reproductive capacity of beef bulls. I. Postpubertal changes in semen production at different ejaculation frequencies. *J Anim Sci* 1967;26: 174-181.
4. Amann, RE, Walker, O.A. Changes in the pituitary-gonadal axis associated with puberty in Holstein bulls. *Journal of Ani-mal Science* 1983;57: 433-442.
5. Aravindakshan, J.P., Honaramooz, A., Bartlewski, PM., Beard, A.P, Pierson, R.A., Rawlings, N.C. Patten of gonadotropin secretion and ultrasonographic evaluation of developmental changes in the testis of early and late maturing bull calves. *Theriogenology* 2000;54: 339-354.
6. Aravindakshan, J.P., Honaramooz, A., Bartlewski, PM., Beard, A.P., Pierson, R.R., Rawlings, N.C. Gonadotrophin secretion in prepubertal bull calves born in spring and autumn. *Journal of Reproduction and Fertility* 2000;120: 159-167.
7. Armstrong, Effects of maternal age on oocyte developmental competence. *Theriogenology* 2001;55: 1303-1322.
8. Armstrong, D.T., Holm, P, Irvine, B., Petersen, B.A., Stubbings, R.B., McLean, D., Stevens, G., Seamark, R.E. Pregnancies and live birth from in vitro fertilization of calf oocytes collected by laparoscopic follicular aspiration. *Theriogenology* 1992;38: 667-678.
9. Bagu, E.T., Cook, S., Gratton, C.L., Rawlings, N.C. Postnatal changes in testicular gonadotropin receptors, serum gonadotropin, and testosterone concentrations and functional development of the testes in bulls. *Reproduction* 2006; 132: 403-411.
10. Berardinelli, J.G., Dailey, R.A., Butcher, R.I., Inskeep, E.K. Sources of progesterone prior to puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science* 1979;49: 1276-1280.
11. Bergfeld, E.G.M., Kojima, EN., Cupp, A.S., Wehrman, M.E., Peters, K.E., Garcia-Winder, M., Kinder, J.E. Ovarian follicular development in prepubertal

heifers is influenced by level of dietary energy intake. *Biology of Reproduction* 1994;51: 1051-1057.

12. Berndtson, W.E., Igboeli, G., Parker, W.G. The numbers of Sertoli cells in mature Holstein bulls and their relationship to quantitative aspects of spermatogenesis. *Biol Reprod* 1987;37: 60-67.

13. Bratton, R., Musgrave, S., Dunn, H., Foote, R. Causes and prevention of reproductive failures in dairy cattle. II. Influence of underfeeding and overfeeding from birth to 80 weeks of age on growth, sexual development, and semen production in Holstein bulls. *Bull Cornell Agric Exp Station* 1959;94.

14. Brito, LE, Barth, A.D., Rawlings, N.C., Wilde, R.E., Crews, D.H, Jr., Boisclair, Y.R., Ehrhardt, R.A., Kastelic, J.P. Effect of feed restriction during calfhoo d on serum concentrations of metabolic hormones, gonadotropins, testosterone, and on sexual development in bulls. *Reproduction* 2007;134: 171-181.

15. Brito, LE, Barth, A.D., Rawlings, N.C., Wilde, R.E., Crews, D.H., Jr., Mir, PS., Kastelic, J.P. Effect of improved nutrition during calfhoo d on serum metabolic hormones, gonadotropins, and testosterone concentrations, and on testicular development in bulls. *Domest Anim Endocrinol* 2007;33: 460-469.

16. Byerley, D.J., Staigmiller, R.B., Berardinelli, J.G., Short, R.E. Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. *Journal of Animal Science* 1987;65: 645-650.

17. Chandolia, R.K., Honaramooz, A., Bartlewski, PM., Beard, A.P, Rawlings, N.C. Effects of treatment with LH releasing hormone before the early increase in LH secretion on endocrine and reproductive development in bull calves. *Journal of Reproduction and Fertility* 1997;111: 41-50.

18. Chandolia, R.K., Honaramooz, A., Omeke, B.C., Pierson, R., Beard, A.P., Rawlings, N.C. Assessment of development of the testes and accessory glands by ultrasonography in bull calves and associated endocrine changes. *Theriogenology* 1997;48: 119-132.

19. Chelikani, PK., Ambrose, J.D., Kennelly, J.J. Effect of dietary energy and protein density on body composition, attainment of puberty, and ovarian follicular dynamics in dairy heifers. *Theriogenology* 2003;60: 707-725.

20. Cotinot, C., Pailhoux, E., Jaubert, E, Fellous, M. Molecular genetics of sex determination. *Seminars in Reproductive Medicine* 2002;20: 157-168.

21. Curtis, S.K., Amann, R.P. Testicular development and establishment of spermatogenesis in Holstein bulls. *Journal of Animal Science* 1981;53: 1645-1657.

22. Day, M.L., Anderson, L.H. Current concepts on the control of puberty in cattle. *Journal of Animal Science* 1998;76 (Sup-plement 3): 1-15.

23. Day, M.L., Imakawa, K., Garcia-Winder, M., Zalesky, D.D., Schanbacher, B.D., Kittok, R.J., Kinder, J.E. Endocrine mechanisms of puberty in heifers: estradiol negative feedback regulation of luteinizing hormone secretion. *Biology of Reproduction* 1984;31: 332-341.
24. Day, M.L., Imakawa, K., Wolfe, P.L., Kittok, R.J., Kinder, J.E. Endocrine mechanisms of puberty in heifers. Role of hypothalamo-pituitary estradiol receptors in the negative feedback of estradiol on luteinizing hormone secretion. *Biol Reprod* 1987;37: 1054-1065.
25. Day, M.L., Imakawa, K., Zalesky, D.D., Kittok, R.J., Kinder, J.E. Effects of restriction of dietary energy intake during the prepubertal period on secretion of luteinizing hormone and responsiveness of the pituitary to luteinizing hormone-releasing hormone in heifers. *J Anim Sci* 1986;62: 1641-1648.
26. Desjardins, C., Hafs, H.D. Maturation of bovine female genitalia from birth through puberty. *Journal of Animal Science* 1969;28: 502-507.
27. Evans, A.C.O., Adams, G.P., Rawlings, N.C. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to first ovulation in prepubertal heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 1994;100: 187-194.
28. Evans, A.C.O., Adams, G.P., Rawlings, N.C. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to the first ovulation in prepubertal heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 1994;100: 187-194.
29. Evans, A.C.O., Adams, G.P., Rawlings, N.C. Follicular and hormonal development in prepubertal heifers from 2 to 36 weeks of age. *Journal of Reproduction and Fertility* 1994;102: 463-470.
30. Evans, A.C.O., Currie, W.D., Rawlings, N.C. Effects of naloxone on circulating gonadotrophin concentrations in prepubertal heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 1992;96: 847-855.
31. Evans, A.C.O., Davies, E.J., Nasser, L.E., Bowman, P., Rawlings, N.C. Differences in early patterns of gonadotrophin secretion between early and late maturing bulls, and changes in semen characteristics at puberty. *Theriogenology* 1995;43: 569-578.
32. Evans, A.C.O., Pierson, R.A., Garcia, A., McDougall, L.M., Hrudka, E., Rawlings, N.C. Changes in circulating hormone concentrations, testes histology and testes ultrasonography during sexual maturation in beef bulls. *Theriogenology* 1996;46: 345-357.

33. Gandolfi, E, Milanesi, E., Pocar, P, Luciano, A.M., Brevini, TA., Acocella, E, Lauria, A., Armstrong, D.T. Comparative analysis of calf and cow oocytes during in vitro maturation. *Molecular Reproduction and Development* 1998;49: 168-175.
34. Gonzalez-Padilla, E., Niswender, G.D., Wiltbank, J.N. Puberty in beef heifers. II. Effect of injections of progesterone and estradiol-17beta on serum LH, FSH and ovarian activity. *J Anim Sci* 1975;40: 1105-1109.
35. Gonzalez-Padilla, E., Ruiz, R., LeFever, D., Denham, A., Wiltbank, J.N. Puberty in beef heifers. III. Induction of fertile estrus. *J Anim Sci* 1975;40: 1110-1118.
36. Honaramooz, A., Aravindakshan, J., Chandolia, R.K., Beard, A.P., Bartlewski, PM., Pierson, R.A., Rawlings, N.C. Ultra-sonographic evaluation of the pre-pubertal development of the reproductive tract in beef heifers. *Animal Reproduction Science* 2004;80: 15-29.
37. Honaramooz, A., Chandolia, R.K., Beard, A.P, Rawlings, N.C. Excitatory amino acid regulation of gonadotropin secretion in prepubertal heifer calves. *Biol Reprod* 1998;59: 1124-1130.
38. Honaramooz, A., Chandolia, R.K., Beard, A.P., Rawlings, N.C. Opioidergic, dopaminergic and adrenergic regulation of LH secretion in prepubertal heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 2000;119: 207-215.
39. Honaramooz, A., Cook, S.J., Beard, A.P., Bartlewski, PM., Rawlings, N.C. Nitric oxide regulation of gonadotrophin secretion in prepubertal heifers. *Journal of Neuroendocrinology* 1999;11: 667-676.
40. Kinder, J.E., Bergfeld, E.G., Wehrman, M.E., Peters, K.E., Kojima, F.N. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *Journal of Reproduction and Fertility* 1995;Supplement 49: 393-407.
41. Linder, H., Mann, T. Relationship between the content of androgenic steroids in the testes and the secretory activity of the seminal vesicles in the bull. *Journal of Endocrinology* 1960;21: 341-361.
42. Lunstra, D.D., Ford, R.R., Echtenkamp, S.E. Puberty in beef bulls: hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. *Journal of Animal Science* 1978;46: 1054-1062.
43. McCarthy, M.S., Hafs, H.D., Convey, E.M. Serum hormone patterns associated with growth and sexual development in bulls. *Journal of Animal Science* 1979;49: 1012-1020.

44. Moseley, W.M., Dunn, T.G., Kaltenbach, C.C., Short, R.E, Staigmiller, R.B. Negative feedback control of luteinizing hormone secretion in prepubertal beef heifers at 60 and 200 days of age. *Journal of Animal Science* 1984;58: 145-150.
45. Ojeda, S.R. The mystery of mammalian puberty; how much do we know? *Perspectives in Biology and Medicine* 1991;34: 365-383.
46. Onuma, H., Hahn, J., Foote, R.H. Factors affecting superovulation, fertilization and recovery of superovulated ova in prepubertal cattle. *J Reprod Fertil* 1970;21: 119-126.
47. Onuma, H., Hahn, J., Maurer, R.R., Foote, R.H. Repeated superovulation in calves. *J Anim Sci* 1969;28: 634-637.
48. Presicce, G.A., Jiang, S., Simkin, M., Zhang, L., Looney, C.R., Godke, R.A., Yang, X.. Age and hormonal dependence of acquisition of oocyte competence for embryogenesis in prepubertal calves. *Biology of Reproduction* 1997;56: 386-392. Pruitt, R.J., Corah, L.R., Stevenson, J.S., Kiracofe, G.H.
49. Effect of energy intake after weaning on the sexual development of beef bulls. II. Age at first mating, age at puberty, testosterone and scrotal circumference. *J Anim Sci* 1986;63: 579-585.
50. Rawlings, N., Evans, A.C.O., Chandolia, R.K., Bagu, E.T. Sexual maturation in the bull. *Reproduction in Domestic Animals* 2008;43 Suppl 2: 295-301.
51. Rawlings, N.C., Evans, A.C.O. Androgen negative feedback during the early rise in luteinizing hormone secretion in bull calves. *Journal of Endocrinology* 1995;145: 243-249.
52. Rawlings, N.C., Fletcher, P.W., Henricks, D.M., Hill, J.R. Plasma luteinizing hormone (LH) and testosterone levels during sexual maturation in beef bull calves. *Biology of Reproduction* 1978;19: 1108-1112.
53. Rodriguez, R.E., Wise, M.E. Ontogeny of pulsatile secretion of gonadotropin-releasing hormone in the bull calf during infantile and pubertal development. *Endocrinology* 1989;124:248-256.
54. Schams, D., Schallenberger, E., Gome, S., Karg, H. Endocrine patterns associated with puberty in male and female cattle. *Journal of Reproduction and Fertility* 1981;Supplement 30: 103-110.
55. Seidel, G.E., Larson, L.L., Jr., Spilman, C.H., Hahn, J., Foote, R.H. Culture and transfer of calf ova. *J Dairy Sci* 1971;54: 923-926.
56. Short, R.E., Bellows, R.A., Can, J.B., Staigmiller, R.B., Randel, R.D. Induced or synchronized puberty in heifers. *J Anim Sci* 1976;43: 1254-1258.

57. Simpson, R.B., Armstrong, J.D., Harvey, R.W., Miller, D.C., Heimer, E.P., Campbell, R.M. Effect of active immunization against growth hormone-releasing factor on growth and onset of puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science* 1991;69: 4914-4924.
58. Taneja, M., Bols, P.E., Van de Velde, A., Ju, J.C., Schreiber, D., Tripp, M.W., Levine, H., Echelard, Y, Riesen, J., Yang, X. Developmental competence of juvenile calf oocytes in vitro and in vivo: influence of donor animal variation and repeated gonadotropin stimulation. *Biology of Reproduction* 2000;62: 206-213.
59. Tatman, S.R., Neuendorff, D.A., Wilson, TW, Randel, R.D. Influence of season of birth on growth and reproductive development of Brahman bulls. *Theriogenology* 2004;62: 93-102.
60. Whisnant, C.S., Bums, P.J. Evaluation of steroid microspheres for control of estrus in cows and induction of puberty in heifers. *Theriogenology* 2002;58: 1229-1235.
61. Wolf, ER., Almquist, J.O., Hale, E.B. Prepuberal Behavior and Puberal Characteristics of Beef Bulls on High Nutrient Allowance. *J Anim Sci* 1965;24: 761-765.
62. Wolfe, M.W., Roberson, M.S., Stumpf, T.T., Kittok, R.J., Kinder, J.E. Modulation of luteinizing hormone and follicles-stimulating hormone in circulation by interactions between endogenous opioids and oestradiol during the peripubertal period of heifers. *J Reprod Fertil* 1992;96: 165-174.
63. Wolfe, M.W., Stumpf, T.T., Roberson, M.S., Kittok, R.J., Kinder, J.E. Opioid and 17 beta-estradiol regulation of LH and FSH secretion during sexual maturation in heifers. *Domest Anim Endocrinol* 1991;8: 491-498.