

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Pubertad

Bath *et al* (1982), indican que la pubertad es el período cuando el conducto reproductivo y las características sexuales secundarias comienzan a adquirir su forma madura. Antes de la iniciación de la pubertad, el conducto reproductor de la vaquilla crece proporcionalmente al desarrollo corporal; pero a partir de los seis meses de edad la tasa de crecimiento de esos órganos es mucho mayor que la del cuerpo. Hacia los diez meses de edad, la fase de crecimiento rápido del conducto reproductivo cesa y esto significa probablemente el final de la pubertad. Además del crecimiento rápido del conducto reproductor, se producen cambios marcados en el ovario. Al nacimiento, los ovarios contienen todos los óvulos de la vida del animal. Los folículos vesiculares (llenos de líquido) aparecen hacia un mes de edad.

Según Hafez (1999), en las vaquillas la edad del primer estro varía sobremanera, debido en gran parte a diferencias de raza y rapidez de crecimiento. Baja ingestión de nutrimentos y crecimiento lento demoran en semanas la pubertad en terneras, mientras que alto grado de nutrición y crecimiento rápido aceleran su inicio. La edad promedio de la pubertad en grupos de vaquillas que reciben la nutrición adecuada fluctúa entre 10 y 12 meses en razas lecheras y entre 11 y 15 en productoras de carne (de engorde). Sin embargo, las diferencias de raza en la edad de la pubertad no son influidas por la nutrición. La época del año si ejerce influencia. Las condiciones de invierno durante el período prepuberal retrasan la pubertad.

### **2.1.1. Mecanismos endocrinos de la pubertad**

Kaltebanch *et al* (1982), observaron que la secreción pulsátil de LH (hormona luteinizante) con picos de gran amplitud, ocurre a través del período de maduración sexual y continúa durante la primera época de celo; y, la disminución de los picos de LH comienza alrededor de una semana antes de su primera ovulación.

No existe correlación distintiva entre los niveles séricos de la FSH (hormona folículo estimulante), estrógenos o GNRH (hormona gonadotropina corionica) y el inicio de la pubertad; sin embargo, la primera oleada ovulatoria se asocia con una elevación de progesterona (Kaltebanch *et al*, 1982).

El inicio de la pubertad no se caracteriza por ninguna deficiencia en los niveles circulantes de gonadotropinas ni la sensibilidad del ovario parece limitada, ya que las hembras prepúberes ovulan cuando se les administran gonadotropinas exógenas. Aún se desconoce el mecanismo exacto que controla el inicio de la pubertad. Aunque el hipotálamo y los ovarios parecen competentes, éstos se han probado sólo con grandes cantidades de hormona exógena. Por tanto, es posible que la pubertad requiera maduración de los mecanismos hipotalámicos que controlan el modo de secreción de la LH. También pueden estar involucrados los incrementos en la sensibilidad ovárica a niveles fisiológicos de gonadotropina (Kaltebanch *et al*, 1982).

### **2.1.2. Formación de los folículos germinales de la vaca**

#### **2.1.2.1. Foliculogenesis**

Estudios realizados por Hafez (1999), indican que de la reserva de los folículos primordiales, formados durante la vida fetal o poco después del nacimiento, algunos comienzan a crecer para no dejar de hacerlo durante toda la vida o cuando menos hasta que dicha reserva se agota. Con base en mediciones de los diámetros de oocito y folículo, desde el principio se advirtió la partición del oocito en el inicio de

crecimiento folicular. Sin embargo, tal crecimiento es consecuencia de cambios en la forma de las células foliculares de planas a cuboides. Cuando algún folículo sale de esta reserva, sigue creciendo hasta la ovulación o hasta que degenera, como ocurre con la mayor parte de los folículos. El folículo de mayor tamaño se encarga de casi toda secreción de estrógeno por el ovario durante el estro; dicha secreción disminuye con rapidez hacia el momento del pico de hormona luteinizante.

La vaca solo ovula un folículo, el cual puede identificarse por sus dimensiones unos tres días antes del inicio del estro, cuando hay uno o dos folículos grandes en los ovarios Hafez (1999).

#### **2.1.2.2. Crecimiento folicular**

Hafez (1999), menciona que el folículo ovárico es una unidad fisiológica equilibrada, cuyo funcionamiento y estructura dependen no sólo de factores extracelulares, como las gonadotropinas, sino también de un complejo sistema de relaciones intrafoliculares.

De acuerdo con Hafez (1999), el crecimiento y maduración foliculares representan una sucesión de transformaciones subcelulares y moleculares de diversos componentes del folículo como oocito, granulosa y teca regidas por varios factores intrafoliculares y señales hormonales que conducen a la secreción de andrógenos y estrógenos (principalmente el estradiol).

En el crecimiento folicular intervienen la proliferación y la diferenciación inducidas por hormonas de células de la teca y de la granulosa, lo que en última instancia causa un incremento en la capacidad de los folículos de producir estradiol y de reaccionar a las gonadotropinas. La producción de estradiol determina cuál folículo adquirirá los receptores de LH necesarios para la ovulación y la luteinización. Las perturbaciones en la reactividad de granulosa y teca a las señales gonadotropinicas,

que estimulan y mantienen velocidades máximas de biosíntesis de estrógenos y andrógenos, interrumpen el crecimiento folicular e inician la atresia, Hafez (1999).

### **2.1.3. Ciclo Estral**

De acuerdo con Palma (2001), la hembra cuando alcanza la pubertad está apta para reproducirse e iniciar su apetencia sexual por el sexo opuesto, la pubertad varía considerablemente de acuerdo con la raza, nutrición, clima, manejo, etc., manifiesta cambios rítmicos en su conducta sexual, denominada celo o estro. Los acontecimientos que comienzan en un celo y finalizan en el siguiente reciben el nombre de ciclo estral. El ciclo estral bovino tiene una duración promedio de 21 días y se produce en forma continua a lo largo del año, por lo que se clasifica a las hembras bovinas como poliéstricas continuas.

El conocimiento de los mecanismos involucrados en el control del ciclo estral como son la ovulación, la función luteal, la dinámica folicular, dan las bases para comprender y establecer métodos eficientes de sincronización del celo (Palma, 2001).

#### **2.1.3.1. Fases del Ciclo Estral**

Palma, (2001) manifiesta que el ciclo estral está dividido en 4 fases, que son las siguientes:

- 1) Proestro
- 2) Estro
- 3) Metaestro
- 4) Diestro

El día cero 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 lisis del cuerpo lúteo y finalizará en la lisis del siguiente.

#### **2.1.3.1.1 Proestro**

Palma (2001), expresa que este período, cuya duración es 3 días, comienza con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior y finaliza con la manifestación de celo. En el momento de la regresión luteal se produce una rápida disminución en el peso del cuerpo lúteo, en el contenido de ADN y en el tamaño de las células. La  $PGF2\alpha$  (prostaglandina  $F2\alpha$ ), de origen uterino, es el principal agente luteolítico que llega al ovario mediante un mecanismo de contracorriente establecido entre la vena uterina y la arteria ovárica.

Bath *et al* (1982) encontraron que la secreción de progesterona disminuye considerablemente a medida que el cuerpo lúteo tiene su regresión. El folículo ovárico destinado a ovular comienza a crecer con mayor rapidez que los demás folículos y los niveles de estrógeno en la sangre comienza a elevarse.

El proestro presenta ciertas características externas como las siguientes:

- El animal olfatea a las vacas, a los vaqueros y ordeñadores.
- Existe secreción de moco opalescente grisáceo transparente.
- Endematización de la vulva.
- Incremento de la temperatura corporal.
- Disminución en la producción de leche.

#### **2.1.3.1.2. Estro o Celso**

Hafez (1999), indica que el celo o estro es el momento en el cual la hembra acepta al macho y se le puede definir además como un proceso natural fisiológico en el que

intervienen un complejo de transformaciones específicas de diferente índole cuyo fin será anidar en su matriz a un nuevo ser.

Bath *et al* (1982), expresan que las señales de estro incluyen el ponerse en pie cuando la montan otras vacas, montar a otras vacas, el flujo claro de moco de la vulva, la vulva dilatada, la inquietud y, a veces, los mugidos. En el ganado, el estro puede durar 18 ó 24 horas, y la ovulación se produce de 10 a 14 horas después del final del estro. El estrógeno es la hormona ovárica predominante durante esta fase del ciclo.

#### **2.1.3.1.3. Metaestro**

El metaestro es el período posestrual de 2 a 4 días de duración, en esta fase los niveles de estrógenos disminuyen, y el cuerpo lúteo comienza a desarrollarse. Bath *et al* (1982), la secreción de progesterona aumenta poco a poco durante este tiempo. En esta fase, aproximadamente el 90% de las vaquillas y el 50% de las vacas tienen una pequeña descarga de sangre de la vagina. Este sangrado metaestral no se relaciona con la fertilidad. Sólo quiere decir que la vaca estuvo en celo hace dos días y, si no se observó el estro, deberá aparecer un celo subsiguiente dentro de 16 días.

Hay ciertas características internas que suceden durante esta fase como son: el folículo se rompe y se produce la ovulación, el útero presenta un tono erecto, mientras el endometrio se prepara para recibir el posible embrión, a la vez se estimula el crecimiento inicial del cuerpo lúteo, (Bath *et al* 1982).

#### **2.1.3.1.4. Diestro**

Según Galina (1991), el diestro se caracteriza por la plena funcionalidad del cuerpo lúteo, va de los días 5 al 18 del ciclo y se le conoce como la fase luteal durante la cual el cuerpo lúteo establecido domina el ciclo. Se mantiene durante 8 a 10 días y posteriormente con la regresión del cuerpo lúteo éste descende. Este nivel alto de

progesterona inhibe el desarrollo final y maduración de nuevos folículos ováricos emergentes debido a su efecto inhibitorio sobre la secreción de LH (hormona luteinizante). Si el oocito no es fertilizado luego de la ovulación, el útero empieza a secretar prostaglandina  $F_2\alpha$  desde el día 16; esta prostaglandina es luteolítica y causa una regresión rápida del cuerpo lúteo por los días 17-19 del ciclo, la pérdida del cuerpo lúteo causa una baja precipitada de los niveles de progesterona en el plasma permitiendo la maduración de nuevos folículos y una próxima ovulación en pocos días.

Faber, *et al* (1979), mencionan que, en el diestro, el cuerpo lúteo y su secreción es el que determina esencialmente la duración del ciclo y se caracteriza por el elevado nivel de progesterona.

#### **2.1.4. Cambios Ováricos durante el Ciclo Estral**

Bath *et al* (1982), indican que las células que recubren el folículo se multiplican durante el ciclo estral, de tal modo que, con el tiempo, se forma en torno al óvulo una cavidad llena de líquido o antro.

El óvulo y una capa de células circundantes, el montículo ovárico, se sitúa en un montón de células que se extienden hacia el centro del folículo. En esta etapa el folículo se denomina folículo de De Graaf y las células que lo recubren se llaman células granulosas, (Bath *et al*, 1982).

De acuerdo con Hafez (1999), en cada ovario de la vaca hay varios miles de folículos, pero sólo uno es liberado cada ciclo estral. En los bovinos, durante este ciclo ocurren dos oleadas de actividad folicular. La primera se produce en una fase temprana y la segunda lo hace a la mitad del ciclo. A partir de la primera oleada, un folículo pequeño de menos de 5mm crece hasta medir más de 10 mm entre los días 5 y 11 y luego se atrofia. Aunque este folículo no ovula, secreta contracciones de estradiol similares a las de un folículo ovulatorio. A partir de la segunda oleada hay

un rápido recambio de grandes folículos productores de estrógeno. De este modo, cuando al menos un folículo grande está presente en el ovario bovino durante todo el ciclo estral y al parecer controla el destino de otros folículos ahí. Solo uno o dos folículos grandes presentes poco antes del inicio del estro experimentan el rápido crecimiento final y se convierten en folículos de De Graaf maduros, capaces de ovular.

Para Hafez (1999), el folículo se colapsa después de la ovulación. No ocurre hemorragia en este sitio, sino que la cavidad se cubre gradualmente de células de cuerpo lúteo. Este cuerpo alcanza la madurez unos siete días después de la ovulación, este cuerpo lúteo funciona durante otros ocho o nueve días antes de experimentar regresión finalmente. El crecimiento folicular, ovulación y funcionamiento del cuerpo lúteo son regulados por el eje hipotálamo-hipófisis-ovarios.

### **2.1.5. Hormonas Hipotalámicas**

Las hormonas hipotalámicas que se relacionan con la reproducción en la hembra, son: Hormona de liberación de las gonadotropinas (GNRH), Hormona inhibidora de la prolactina (PIH) y Oxitocina, (Sorensen, 1989).

#### **2.1.5.1. Hormona de Liberación de las Gonadotropinas (GNRH)**

Se considera que esta es la fuente de la FSH-RH (hormona liberadora de FSH) y la LH-RH (hormona liberadora de LH). La GNRH se ha encontrado en muchas áreas del hipotálamo a partir de donde pasa, a través de las neuronas, hacia la adenohipófisis. Allí promueve la síntesis y secreción de las FSH y LH por las células basófilas de dicha estructura. (Sorensen ,1989)



### **2.1.5.2. Hormona Inhibidora de la Prolactina (PIH)**

Esta hormona es producida por el hipotálamo y restringe la producción y liberación de la prolactina en la adenohipófisis. El flujo de la hormona, a partir del hipotálamo, es por vía neural; la acción se ejerce sobre las células de la adenohipófisis, para inhibir la síntesis y secreción de la prolactina, (Sorensen, 1989)

### **2.1.5.3. Oxitocina**

La oxitocina se produce en los núcleos supraóptico y para ventricular del hipotálamo, y fluye por la vía neural hacia la neurohipófisis, en donde se almacena. No existe una hormona liberadora de esta sustancia. En respuesta a estímulos adecuados para la bajada de la leche, o por la contracción del miometrio durante el parto, la neurohipófisis libera la oxitocina (Sorensen,1989).

## **2.1.6. Hormonas Hipofisarias**

Sorensen (1989), indica que las hormonas de la hipófisis se dividen en dos grupos: las de la adenohipófisis y las de la neurohipófisis.

### **2.1.6.1. Adenohipófisis**

La adenohipófisis glandular secreta y libera FSH y LH, dos glucoproteínas (Sorensen, 1989)

#### **2.1.6.1.1. Hormona Folículo Estimulante (FSH)**

Se sintetiza en las células basofílicas, pasa a través de las paredes celulares entre las células, para penetrar al lecho vascular de la adenohipófisis, por intermedio del cual se desliza al torrente sanguíneo y llega a su órgano blanco. En la hembra, el principal órgano blanco de la FSH es el ovario. En el cual promueve el desarrollo de los

folículos ováricos y la producción de estrógeno. Los niveles de FSH en la sangre van aumentando hasta la ovulación (Sorensen, 1989)

#### **2.1.6.1.2. Hormona Luteinizante (LH)**

Es producida por el mismo tipo de células que la FSH, su vía de entrada al torrente sanguíneo, es idéntica. Su blanco es el folículo del ovario. Cuando la LH alcanza su máxima concentración en la sangre, sucede la ovulación, durante la cual, y después de ésta, la LH promueve un cambio en las células de la granulosa y la teca. Éstos modifican su forma y se llenan de granulosas, lo que les confiere su característico color amarillo. A medida que las células siguen creciendo, producen la segunda hormona sexual femenina, la progesterona (Sorensen, 1989).

#### **2.1.6.1.3. Prolactina**

Se sintetiza en las células acidófilas; en algunas especies, estimula el desarrollo y mantenimiento del CL (cuerpo lúteo). La prolactina es un polipéptido (Sorensen, 1989)

#### **2.1.6.2. Neurohipófisis**

La oxitocina se almacena en esta porción, aunque se produce en el hipotálamo (Sorensen, 1989).

#### **2.1.7. Hormonas Gonadales**

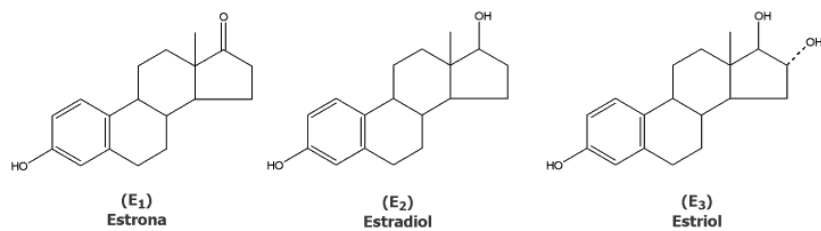
Según Sorensen (1989), el ovario produce dos hormonas: estrógenos en el folículo y progesterona en el cuerpo lúteo.

### 2.1.7.1. Estrógenos

Sorensen (1989), señala que los estrógenos son el término colectivo que se aplica a las hormonas esteroidales femeninas. Los estrógenos incluyen al estradiol, producido por las células de la granulosa y por la teca interna del folículo. Existen otras dos hormonas estrogénicas: la estrona, un producto de secreción, y el estriol, una sustancia de excreción.

Hafez (1999), sostiene que el estradiol es el estrógeno biológicamente activo producido por el ovario, junto con cantidades menores de estrona. Excepto por la posible secreción de un poco de estriol en la fase de cuerpo amarillo del ciclo, la mayor parte del estriol y de estrógenos urinarios afines son productos de la desintegración metabólica de estradiol y estrona secretados.

Hernández (1994), indica que los estrógenos naturales son esteroides de 18 carbonos caracterizados por un anillo A aromático, un grupo hidroxilo fenólico en C- 3 y un grupo hidroxilo (estradiol), o cetónico (estrona) en C-17.



**Fig. 1** Estructura de los estrógenos

Fuente: Hernández (1994).

#### **2.1.7.1.1. Química y Biosíntesis de los Estrógenos**

Hernández (1994), señala que los estrógenos se producen con control sinérgico de la FSH y LH, quizá con la influencia local de factores intrafoliculares como la inhibina.

Vásconez (1994), afirma que la biosíntesis de los estrógenos se hace partiendo del colesterol. La conversión de andrógenos a estrógenos se hace por aromatización.

Del mismo modo Gática (1986), manifiesta que el principal estrógeno natural es el estradiol, luego la estrona que es un precursor del estradiol y el estriol que es un metabolito. La esterificación del estradiol hace su absorción sea lenta por vía intramuscular y su acción más prolongada por mayor liposubilidad y menor hidrosolubilidad, lo que aumenta eficacia

#### **2.1.7.1.2. Funciones de los Estrógenos**

Según Hafez (1999), de todos los esteroides, los estrógenos actúan en el Sistema Nervioso Central para inducir el estro conductual. También actúan en el útero incrementando la masa endometrial y miometrial. De igual forma actúan en el útero al incrementar la amplitud y la frecuencia de contracción mediante la potenciación de los efectos de la oxitocina y la prostaglandina  $F_2\alpha$ . La manifestación física de las características sexuales secundarias femeninas se atribuye al estrógeno, el cual estimula el crecimiento de los conductos y causa el desarrollo de la glándula mamaria. Por retroalimentación negativa, los valores de estrógenos inhiben la secreción de la hormona folículo estimulante de la hipófisis y de GNRH del hipotálamo.

#### **2.1.7.1.3. Mecanismos de Acción de los Estrógenos**

Hernández (1994), sostiene que los estrógenos se difunden pasivamente a través de las membranas celulares y se combinan con receptores estrogénicos nucleares. Esta

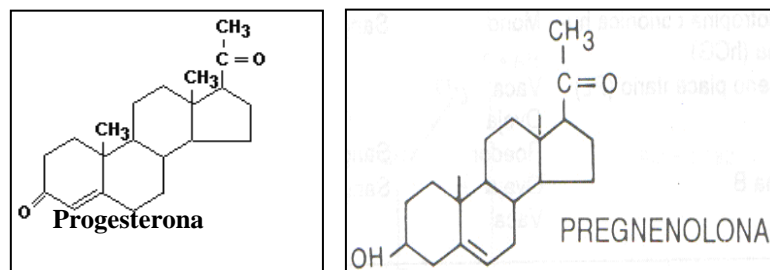
proteína, que se encuentra en tejidos blanco de los estrógenos, forma un complejo con la hormona que se fija al ácido desoxiribonucleico (ADN), con la que fomenta la transcripción de diversos ácidos ribonucleicos mensajeros (ARNm).

Ganong (1992), describió que como otros esteroides, los estrógenos se combinan con un receptor proteico intracelular y el complejo se fija al ADN, con lo que fomenta la formación de diversos ARNm que a su vez dirigen la formación de nuevas proteínas que modifican la función celular y parece probable que todas las acciones de los estrógenos sean producidas de esta manera, aunque es posible que intervengan otros mecanismos.

### 2.1.7.2. Progestágenos

Sumano *et al* (1997), encontraron que los progestágenos son secretadas por el cuerpo lúteo ovárico, la placenta y la corteza suprarrenal. Los más importantes son la progesterona y el pregnanediol.

Según Hernández (1999), la progesterona es un esteroide de 21 carbonos. Es la hormona pregestacional más importante, que es necesaria para el mantenimiento de la preñez en todas las especies, ya sea provista por el cuerpo lúteo, la placenta, o por ambos.



**Fig. 2.** Estructura de los progestágenos

Hafez (1999).

### **2.1.7.2.1. Química y Biosíntesis de la Progesterona**

Faber *et al* (1979), reportaron que la síntesis de todos los progestágenos parte del colesterol. La progesterona es un producto intermedio en la síntesis de todas las hormonas esteroideas de la suprarrenal, del testículo y del ovario. La progesterona es sintetizada a partir de su precursor inmediato, la pregnolona, por una reacción combinada de deshidrogenación e isomerización. El cuerpo amarillo segrega como progestágeno más importante la progesterona.

### **2.1.7.2.2 Funciones de los Progestágenos**

Según Hafez (1999), la progesterona prepara al endometrio para la implantación del embrión y el mantenimiento de la preñez, al incrementar el número de glándulas secretoras endometriales e inhibir la motilidad del miometrio; actúa de manera sinérgica con los estrógenos para inducir el estro conductual; provoca el desarrollo del tejido secretorio (alveolos) de las glándulas mamarias. Las altas concentraciones de progesterona inhiben el estro y la oleada ovulatoria de hormona luteinizante, de este modo es importante en la regulación hormonal del ciclo estral.

### **2.1.7.2.3. Mecanismos de Acción de la Progesterona**

Según Hernández (1994), al igual que otras hormonas esteroideas, la progesterona se difunde libremente hacia el núcleo celular, donde se fija a receptores específicos y, en último término, influencia la transmisión de un limitado grupo de genes para iniciar la síntesis de un nuevo ARNm. Los receptores de la progesterona tienen distribución limitada en los tejidos corporales, más que en otra hormona esteroide, encontrándose principalmente en el tracto reproductor femenino. La acción antiestrogénica de la progesterona está mediada en parte por la inducción de la 17 hidroxisteroide deshidrogenasa (la que cataliza la oxidación del estradiol al compuesto menos potente, la estrona) y la enzima estrógeno sulfotransferasa (la que

cataliza la sulfatación e inactivación de los estrógenos). La progesterona también deprime la expresión de los receptores estrogénicos.

### **2.1.8. Prostaglandinas**

Conocidas también como (ácido prostanóico) se forman por transformación de ácidos grasos no saturados, algunas de ellas son investigadas por su papel en la maduración del folículo ovárico, siendo por eso potenciales anticonceptivos naturales, la sustancia original es una mezcla de sustancias lipídicas halladas en semen de carnero. Tienen efectos directos en la relajación y estiramiento de músculos lisos no vasculares (útero). El mecanismo por el cual se produce la luteolisis mediada por prostaglandinas no se conoce. Pero puede deberse a un efecto local relacionado con la disminución del flujo vascular lúteo o por inhibición directa de la síntesis de la progesterona. Las prostaglandinas tienen un papel activo en identificación de enfermedades de próstata y riñones. Son activas en el asma bronquial, en la ovulación, en artritis, glaucoma y tiene efectos en el sistema inmunológico. La aspirina y la indometacina inhiben la acción de las prostaglandinas (Hernández, 1994).

#### **2.1.8.1. Funciones de las prostaglandinas**

Según Hernández (1994), las prostaglandinas intervienen en la respuesta inflamatoria: vasodilatación, aumento de la permeabilidad de los tejidos, permitiendo el paso de los leucocitos, antiagregante plaquetario, estímulo de las terminaciones nerviosas del dolor. Provocan la contracción de la musculatura lisa. Esto es especialmente importante en la del útero En el semen hay cantidades pequeñas de prostaglandinas para favorecer la contracción del útero y como consecuencia la ascensión de los espermatozoides a las trompas de Falopio. Del mismo modo son liberadas durante la ovulación, para favorecer el desprendimiento del endometrio. Intervienen en la regulación de la temperatura corporal.

### **2.1.9. Interacción Hormonal**

Fricke (1997), encontró que la fase final de la maduración folicular y la ovulación está caracterizada por la existencia de pulsos frecuentes (20-30 pulsos/día) de LH. Posteriormente a la ovulación, los restos del folículo ovulatorio se luteinizan y comienza la secreción de progesterona por parte del cuerpo lúteo en formación.

Los niveles de progesterona en la sangre determinan una bajada en la liberación de GNRH hipotalámica que condiciona una menor pulsatilidad de la FSH y LH aunque esta es suficiente para promover el desarrollo folicular en ambos ovarios.

Los folículos en desarrollo segregan estrógenos que inicialmente ejercen un feed back positivo sobre el eje hipotálamo – hipófisis. Los estrógenos producidos por el folículo dominante también inhiben el crecimiento de folículos subordinados. Mientras existe un cuerpo lúteo en alguno de los ovarios, la progesterona producida inhibe nuevas ovulaciones, impidiendo que se incremente la pulsatilidad basal de FSH/LH (6 – 8 pulsos/día). Entre los días 16 – 19 del ciclo, se produce la regresión morfológica y funcional del cuerpo lúteo gracias a la acción de las prostaglandinas uterinas y el folículo dominante que exista en ese momento se convierte en el folículo preovulatorio (Fricke 1997).

### **2.1.10. Cuerpo Lúteo**

Según estudios realizados por Hafez (1999), el cuerpo lúteo o cuerpo amarillo, se desarrolla después del colapso del folículo en la ovulación. En la pared folicular interna se forman pliegues macroscópicos y microscópicos que penetran en la cavidad central. Tales pliegues consisten en un núcleo central de tejido estromático y grandes vasos sanguíneos que se distienden. Las células se desarrollan pocos días después de la ovulación y experimentan regresión con rapidez; a las 24 horas de la ovulación, todas las células de la teca restantes se encuentran en avanzado estado de degeneración. Tras la ovulación comienzan la hipertrofia y luteinización de las células granulosa. El tejido del cuerpo amarillo se agranda, principalmente por



hipertrofia de las células luteínicas. Para el desarrollo del cuerpo lúteo se requieren de varios factores que conforman el complejo luteotrófico, en la vaca la LH y prolactina estimularán la producción de progesterona.

La estructura histológica del cuerpo lúteo está conformada por dos tipos de células largas, originadas en la granulosa, están bajo la influencia de la FSH y con mayor proporción de receptores para prostaglandinas, originadas en la teca con mayor porcentaje de receptores para LH y que son mayormente productoras de progesterona (Hafez, 1999).

### **2.1.11. Ondas Foliculares y Folículo Dominante**

Según publicaciones de laboratorios Pfizer (2005), el crecimiento de los folículos ováricos se desarrolla en una onda común. Este patrón se repite de 8 a 12 días durante cada ciclo estral, así como antes de la pubertad, también como a los 10 días de posparto, durante el anestro y durante el embarazo temprano. El desarrollo del folículo ovárico en el ganado es una secuencia de eventos organizados. Cada onda folicular avanza a través de pasos de reclutamiento, selección y dominio. Durante cada ciclo estral, las vacas pueden presentar, dos, tres y a veces cuatro ondas de crecimiento folicular.

Esta primera onda folicular de ciclo anéstrico comienza con el reclutamiento de un grupo de folículos de 4 mm en el ovario, continuando con la onda periovulatoria de FSH durante los siguientes días, de este grupo de folículos emergentes, se selecciona un solo folículo, que es el dominante, (Laboratorios Pfizer, 2005).

El folículo dominante suprime el crecimiento de los otros folículos del grupo y se convierten en folículos subordinados. Debido a la presencia del cuerpo lúteo funcional y las altas concentraciones de progesterona suprimiendo la secreción de LH, este primer folículo dominante no ovula y pasa a ser subordinado. Comienza una fase de reclutamiento de la segunda onda folicular, (Laboratorios Pfizer, 2005).

Nuevamente se selecciona un folículo dominante de esta segunda onda folicular y este folículo continúa hacia la ovulación en un ciclo de dos ondas. En un ciclo de tres ondas, el folículo dominante de la segunda onda se convierte en un subordinado ante la influencia de la alta presencia lútea de progesterona. La regresión del cuerpo lúteo se asocia con una declinación en progesterona lo que permite que la onda folicular emergente ovule con el estro. El cuerpo lúteo comienza a retirarse antes en dos ciclos de ondas (día 17), que en los ciclos de tres ondas (día 20), resultando en un estro más corto (20 días vs. 23 días respectivamente), Laboratorios Pfizer (2005).

## **2.2. Anestro**

Jainudeen (1984), indica que el anestro denota un estado de completa inactividad sexual donde no hay manifestaciones de estro. No es una enfermedad sino un signo de una variedad de condiciones. Aunque el anestro se observa durante ciertos estados fisiológicos, por ejemplo durante la pubertad, durante la gestación y lactación, frecuentemente es un signo de depresión temporal o permanente de la actividad ovárica, llamada anestro verdadero, causada por cambios estacionales en el ambiente físico, deficiencias nutricionales, estrés lactacional y envejecimiento. Algunas condiciones patológicas de los ovarios o del útero también suprimen el estro.

### **2.2.1. Anestro estacional**

Durante el anestro estacional no hay cambios cíclicos en los ovarios y el aparato reproductor. La extensión del anestro estacional varía con la especie, raza y ambiente físico. Los ovarios se vuelven pequeños y duros, no contienen ni folículos ni cuerpo lúteo, presentando una baja concentración sérica de LH, progesterona y estradiol (Jainudeen, 1984)

### **2.2.2. Anestro durante la lactación**

En varias especies, la ovulación y la actividad reproductiva relacionada se suprime por un periodo variable después del parto y durante la lactación. La incidencia y duración del anestro varía grandemente entre las diferentes especies, razas y también está influenciado por la temporada de parto, nivel de producción de leche, número de crías amamantadas. Por ejemplo la duración del anestro en vacas que amamantan a sus terneros es más larga que en vacas similares que se ordeñan dos veces al día. Esto sugiere que el amamantamiento o la frecuencia en el retiro de la leche puede influir en la actividad hipofisaria gonadotrópica. La actividad ovárica, basada en los niveles plasmáticos de progesterona, se reanuda en menos de 30% en las vacas que están amamantando a los 60 días después del parto (Jainudeen, 1984).

Las interacciones fisiológicas entre la lactación y la depresión de la función ovárica no se han establecido por completo, pero pueden relacionarse con la disfunción hipofisaria asociada con la lactación. La duración del anestro se relaciona fuertemente con la duración e intensidad de la lactación, y los quistes ováricos son comunes durante el periodo posparto inicial (Jainudeen, 1984).

### **2.2.3. Anestro por envejecimiento**

Estudios realizados por Jainudeen (1984), indican a los animales domésticos, con excepción del caballo, rara vez se les permite vivir hasta una edad avanzada, por razones económicas y, aún más, rara vez se le da la oportunidad de reproducirse al final de su vida. Los cuerpos lúteos anormales y los ovarios que carecen de cuerpo lúteo son responsables de más del 80% de los casos de infertilidad en las vacas de 14 a 15 años de edad. La disfunción ovárica puede relacionarse a uno o más de los siguientes factores: fracaso de las células foliculares para responder totalmente al estímulo hormonal, cambio en la cantidad o calidad de la secreción hormonal, estímulo reducido. Independientemente del mecanismo involucrado, el anestro por envejecimiento tal vez altera la relación funcional del eje hipotálamo-hipofisario-

ovárico y, por tanto, lleva a una disminución en la secreción gonadotrópica o a un cambio en la respuesta ovárica a estas hormonas.

#### **2.2.4. Deficiencias nutricionales**

En investigaciones ejecutadas por Jainudeen (1984), se encontró que el nivel de energía tiene un efecto significativo en la secreción ovárica. La nutrición inadecuada suprime el estro en las hembras jóvenes en crecimiento más que en las adultas. Los bajos niveles de energía llevan a inactividad ovárica y anestro en vacas productoras. Las deficiencias en minerales o vitaminas causan anestro. La deficiencia de fósforo en bovinos y ovinos en pastoreo causa disfunción ovárica, que a su vez lleva retraso de la pubertad, signos deprimidos de estro. En las cerdas jóvenes o en vacas que se alimentan con dietas deficientes en manganeso se experimentan alteraciones ováricas que van desde signos débiles de estro hasta el anestro. Las deficiencias en vitamina A y E pueden causar ciclos estrales irregulares o anestro (Jainudeen, 1984).

#### **2.3. Detección de celos**

Según Laboratorios Intervet, (2005), hay numerosos factores que pueden dificultar la detección del celo:

- La duración del ciclo sexual varía entre 18 y 24 días
- Las vacas pueden presentar signo de celo sólo durante un breve período.
- A menudo la actividad sexual sucede durante la noche.
- El comportamiento sexual de vacas en celo presenta variaciones individuales.
- La estabulación fija.

El celo se detecta mejor cuando las vacas se mantienen en estabulación libre sin suelos resbaladizos y con espacio suficiente. En condiciones tropicales, el celo ocurre más a menudo durante la noche y madrugada (más frío), acortándose su duración (Laboratorios Intervet, 2005).

### **2.3.1. Estro silencioso**

Jainudeen (1984), sostiene que el estro silencioso (ovulación silenciosa) o la ocurrencia de ovulación sin estro manifiesto, se presenta en todos los animales domésticos, particularmente en los jóvenes y en aquellos en raciones inferiores a la de mantenimiento. Se sospecha de él cuando el intervalo entre dos períodos estrales consecutivos es el doble o el triple de la duración normal. Durante el primer ciclo estral de la temporada de crianza, se presenta en el borrego una elevada incidencia de estro silencioso, que aparentemente se relaciona con la ausencia de un cuerpo lúteo del ciclo estral previo. Ocurren varios ciclos estrales silenciosos en ganado de engorde y como en vacas lecheras que se ordeñan tres veces al día.

### **2.3.2. Elementos Auxiliares para la Detección de Celos**

Laboratorios Intervet (2005), mencionan varios detectores de celo, por ejemplo:

- Detectores de monta: se adhieren en la línea media del dorso de la vaca justo por delante del nacimiento de la cola. Un detector “disparado” indica que el animal ha sido montado.
- Embadurnamiento de la cola: consiste en la aplicación de una tira de pintura esmalte en el pelo (20 cm de larga y 5 cm de ancha) que recubre los puntos próximos al nacimiento de la cola que serán rozados al ser montadas las vacas. Se deben emplear colores brillantes y limpiar la superficie de aplicación antes de ponerlo.
- Animales recela: como toros vasectomizados o vacas de desecho androgenizadas montarán las hembras en celo llamando la atención del granjero. Se les puede equipar con un marcador de bola en el mentón o con una pastilla de pintura de almagre.

## **2.4. Sincronización de Celos**

### **2.4.1. Definición**

De acuerdo con Galina (1986), el concepto de sincronización de estros no debe confundirse con el de inducción del estro, ya que la sincronización se refiere al agrupamiento de los estros en un determinado período, mientras que la inducción es una provocación al organismo reproductivamente inactivo (anéstricas), para que se inicie su actividad o reducir un ciclo en uno o varios animales. Es la manipulación de los estros, de tal manera que la inseminación artificial puede llevarse a cabo en un período corto. La sincronización de estros se puede lograr por medio de la imitación de la función endocrina del cuerpo lúteo o provocando una regresión rápida (luteolisis).

Cole *et al* (1984), sostienen que la sincronización de celo consiste en obtener varias hembras ovulando en la fecha elegida por el inseminador, reduciendo considerablemente el trabajo y el tiempo con el objetivo de realizar inseminaciones.

Roche *et al* (1981), reportaron que la progesterona además de actuar como sincronizador de celos, actúa como terapia de anestro.

Según Roberts (1979), la base fisiológica de la sincronización del estro es el hecho de que la progesterona producida por el cuerpo lúteo, inhibe la liberación de LH e impide así la maduración del folículo de Graaf.

### **2.4.2. Objetivos de la Sincronización de Celos**

Según Hafez (1999), la sincronización permite obtener la fertilidad normal del estro controlado. Tener la posibilidad de predecir el día y el momento en que un grupo de hembras está listo para aparearse.

Brito (1984), afirma que la sincronización del estro y la ovulación permiten predecir el momento del estro con seguridad razonable, reduciendo así el tiempo requerido para su detección.

#### **2.4.3. Ventajas de la Sincronización de Celos**

Para Hafez (1999), al manipular ciclos estrales en un grupo de hembras, mediante la aplicación de hormonas exógenas se puede predecir el estro y la ovulación de las mismas, con lo cual se disminuye el consumo de tiempo, mano de obra y el error humano. En el bovino permite el uso de IA en gran proporción del hato reproductor en un momento dado.

El uso de la IA conduce a un mejoramiento genético más acelerado de los animales (Galina, 1986).

Según Mc. Donald (1981), en la producción de animales domésticos el control de la fecha del parto representa un progreso en la economía doméstica de estos animales. Este control del estro significará uniformidad en la edad de los recién nacidos, lográndose así mejorar los cuidados de estos y una utilización eficiente de los recursos disponibles.

#### **2.4.4. Desventajas de la Sincronización de Celos**

Hafez (1999), indica que es necesario enfatizar que la sincronización del estro no es un sustituto para el manejo inadecuado. Con este método no se elimina por completo la necesidad de detectar el estro, ya que en el ganado lechero un cierto porcentaje de estos, luego del tratamiento pueden estar en estro entre 1 y 6 días después del tiempo fijado para la IA.

## **2.4.5. Factores que Afectan la Sincronización de Celos**

### **2.4.5.1. Nutrición**

Gallego (1995), señala que las deficiencias y desbalances nutricionales, pueden disminuir la fertilidad en vacas aparentemente normales. Los bajos niveles nutricionales afectan directamente la función ovárica reduciendo la capacidad de respuesta a los estímulos hormonales normales, limitando la síntesis de esteroides por el cuerpo lúteo. La iniciación de la lactancia, terminación de involución uterina y la reanudación de la ciclicidad ovárica dependen de una función adecuada del hipotálamo, pituitaria, ovario y las deficiencias nutricionales influyen en la presentación de enfermedades púerperales e involución uterina alterando la función de las glándulas anteriormente mencionadas.

Robinson (1992), manifiesta que la nutrición modifica el sistema neuroendócrino en todas las especies, como consecuencia de esto se observa una alteración en la frecuencia de la liberación de LH.

Braun (1992), describió que los requerimientos nutricionales de la vaca lechera deben estar basados en las necesidades de mantenimiento para su peso; así como también se debe tomar en cuenta requerimientos nutricionales adicionales para producción, crecimiento, gestación y recuperación del peso corporal perdido.

Galina (1991), indica que el reinicio de la actividad ovárica es variable después del parto y está estrechamente relacionado con el nivel de nutrición (nivel de energía) y el tipo de parto. En el ganado lechero la mayoría de vacas deben haber tenido la presentación de un estro los 30 primeros días después del parto si la alimentación es adecuada. En la vaca lechera la mala alimentación ocasiona un retardo en la presentación del primer estro post- parto, principalmente cuando la energía administrada en el alimento es baja, lo que no solo causa el anestro, sino que afecta el porcentaje de concepción del hato.



### **2.4.5.2. Condición Corporal**

Gallego (1995), dice que para poder evaluar el estado reproductivo en vacas de leche desde el punto de vista nutricional es necesario conocer la condición corporal de los animales.

Robinson (1992) afirma que una vaca lechera deberá tener una excelente condición corporal para ganar o mantener su peso mediante el período del parto y lactación futura, caso contrario su ciclo reproductivo se verá afectado.

### **2.4.5.3. Manejo**

De acuerdo con Gallego (1995), el manejo de un hato es responsabilidad del ganadero o del mayordomo y por lo tanto muchas veces es lo más difícil de resolver, ya que implica un enfoque directamente al ejercicio de la medicina veterinaria. Dentro del manejo está la salud del hato lechero y se pueden considerar diversas enfermedades infecciosas; las cuales ocasionan problemas reproductivos que pueden variar desde mortalidad embrionaria hasta la producción de abortos y mortalidad neonatal con todas sus secuelas.

Pastor (1997), considera que se deben definir algunos sistemas de manejo para poder utilizar la sincronización de celos como los siguientes:

- El parto debe ser normal y si presentó retención de placenta se deberá esperar la cura total de la misma.
- Se realizan dos chequeos de palpación, uno a los 15 días post - parto, determinando su calidad de involución uterina y la calidad estructural del ovario.

- Es un programa diseñado principalmente para animales de producción lechera especializada, no se conocen datos de respuesta en vacas de doble propósito y de carne, al igual que su uso no se conoce con exactitud los resultados en novillas.
- Debe valorarse la condición corporal cada 15 días después del parto y no se debe incluir ninguna vaca con una pérdida de más de un punto en la escala de condición corporal.
- De existir una vaca tratada contra una infección durante los primeros 45 días se deberá evaluar clínicamente para poder determinar si es posible incluirla en el sistema.

#### **2.4.6. Métodos Sincronización de Celos en Bovinos**

##### **2.4.6.1. Sincronización con Prostaglandinas**

Del Campo *et al* (1989), encontraron que el método más efectivo para la sincronización de celo en bovinos, es la utilización de doble inyección de prostaglandinas F2 alfa con intervalos de 11 a 12 días.

Con la primera inyección se induce la regresión de aquellos cuerpos lúteos totalmente formados (día 5-16) y con la segunda inyección, aplicada después de 11 a 12 días, se induce la regresión de los que se formaron después de la primera aplicación y también en aquellos que estaban en los días 1-4 del ciclo. Luego de la última aplicación del producto se observa el apareamiento de celo (3-5 días) y se procede a inseminar en base a éste (Del Campo *et al*, 1989).

Según Hafez (1999), la sincronización del estro en el ganado vacuno involucra el uso de prostaglandinas. Primero, se inyecta a todos los animales el primer día y entonces se someten a detección de estro los siguientes cinco días. Las que se detectan en estro

durante este período, se aparean o inseminan en base al estro. A los animales que no estén en estro, los primeros cinco días, se les inyectan otra vez a los 11 ó 12 días. Estos animales se observan en busca de estro por cinco días y se inseminan con base en el estro o se les aplica inseminación artificial a tiempo fijo de 72 a 96 horas.

Bearden *et al* (1984), señala que la prostaglandina F<sub>2</sub> alfa se administra el día 5 y después hasta el día 17, causando regresión del cuerpo lúteo y el subsecuente retorno del estro 36 a 72 horas después. A partir del día 1 al 4 el cuerpo lúteo aparentemente no posee suficientes sitios receptores para responder a niveles normales de prostaglandinas F<sub>2</sub> alfa. Después del día 17 el cuerpo lúteo involuciona normalmente.

#### **2.4.6.2. Sincronización con Progestágenos y Prostaglandinas**

Según Hafez (1999), el método más efectivo para sincronizar el estro involucra la administración de un progestágeno (pesario o implante), por siete días, con prostaglandina F<sub>2</sub> alfa administradas al sexto día. Parece ser que este esquema proporciona el más alto grado de sincronía entre los métodos que se han evaluado en el ganado. Las inseminaciones se administran con base en el estro o en aproximadamente 84 horas después del tratamiento.

Bearden *et al* (1984), encontraron que la combinación de los dos métodos ha demostrado ser muy promisorio. En vacas Holstein, los progestágenos administrados como pesarios vaginales o implantes durante 7 días, combinados con prostaglandinas F<sub>2</sub> alfa administrados en el día 6, ha conducido a una concepción igual o mejor que las testigo. También se mejoró la sincronización con esta técnica 82% de los animales presentaron estro en un período de 17 horas y 100% en un período de 32 horas. Las inseminaciones se realizan en base al estro.

### **2.4.6.3. Sincronización con Progestágenos**

Hafez (1999), describió que el ganado se puede sincronizar de manera efectiva por la combinación de estrógeno y progestágeno a corto plazo. La inyección de estrógeno (5mg de valerato de estradiol) y progestágeno (3mg de norgestomet), se administran al primer día del tratamiento. Entonces, un implante de progestágeno (norgestomet), se aplica por nueve días iniciando el día uno. El estro inicia al segundo o tercer día después del retiro del progestágeno. Las inseminaciones se aplican con base en el estro a tiempo fijo (54 horas) después del retiro del progestágeno.

Según Holy (1986), la sincronización se basa en la aplicación de los medicamentos con acción progestágena que se instalan en el transcurso de dos semanas, suprimiéndose tanto el celo como la ovulación. Pueden usarse solos o en combinación con estrógenos, ya sea en forma de inyecciones, implantes, pesarios vaginales o por vía oral. Aunque con dichos progestágenos se logra altos niveles de sincronización de celo, la fertilidad es relativamente baja y por lo tanto, dicho tipo de sincronización lo usan solo algunos autores.

Bearden *et al* (1984), señalan que las inyecciones de progesterona inhiben el estro y la ovulación en el ganado y en las ovejas. El período de administración debe ser suficientemente largo como para permitir que el cuerpo lúteo involucre con el fin de obtener la sincronización. Generalmente el período de tratamiento es de 16 días para la vaca. El progestágeno exógeno previene la liberación de FSH para evitar el estro y la ovulación hasta que el progestágeno sea retirado. Después de la suspensión del progestágeno, la disminución de los niveles sanguíneos del mismo conduce a la liberación de FSH, presentándose el estro 2 a 6 días después.

Los progestágenos se administran en el alimento, agua de bebida, implantes subcutáneos, aplicación tópica y pesarios vaginales. Aproximadamente el 80 a 90% de las hembras se sincronizan con la utilización de este método (Bearden *et al*, 1984).

Galina (1991), señaló que la combinación de progestágenos con estrógenos o la utilización de progesterona por medio de la eliminación lenta de un dispositivo vaginal ofrecen posibilidades muy efectivas de control del estro. La utilización de estos productos es relativamente sencilla como es el caso de Synchronate donde solo se necesita aplicarlo en forma de implante subcutáneo al mismo tiempo de la inyección de 5 mg de valerato de estradiol, el implante se retira a los 9 días y las hembras mostrarán estro 48 horas después.

La ventaja de este método sobre las prostaglandinas es que puede inducir estro en bovinos que están por empezar a ciclar y la presencia de estrógenos a nivel hipotalámico pueden desencadenar producción de factores de liberación, (Galina, 1991),

#### **2.4.6.4. Sincronización con CIDR**

##### **2.4.6.4.1. Descripción**

Según los Laboratorio Pfizer (2005), el CIDR es un dispositivo de aplicación intravaginal a base de progesterona, indicado para la sincronización de servicios y tratamiento del anestro en vacas y vaquillonas de carne o leche.

##### **2.4.6.4.2. Composición**

CIDR está compuesto por silicona inerte moldeada sobre un soporte de nylon, a la que se ha incorporado 1,9 g de progesterona natural micronizada.

##### **2.4.6.4.3. Modo de Acción**

El dispositivo CIDR actúa como un depósito de progesterona natural, la cual es liberada y absorbida por la mucosa vaginal, en cantidades suficientes para inhibir la

liberación de las hormonas luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH) por la hipófisis frenando la ovulación y consecuente aparición del celo. Cuando el CIDR es retirado, la concentración de progesterona en sangre decrece en menos de 6 horas y el animal entra en celo entre las 30-90 horas posteriores (Laboratorio Pfizer, 2005).

#### **2.4.6.4.4. Ventajas**

CIDR es la base de los programas actuales de inseminación artificial a tiempo fijo (IATP) y/o sobre celo detectado en ganado vacuno, independientemente de raza y categoría. Más del 90% de las vaquillonas tratadas entran en celo a las 48 horas de retirado el dispositivo. Altos porcentajes de preñez a primera IA. Eficacia comprobada en el tratamiento del anestro. CIDR se distingue por su facilidad de colocación y retiro con mayores tasas de retención frente a otros productos disponibles, (Laboratorio Pfizer, 2005).

#### **2.4.6.4.5. Indicaciones**

CIDR está indicado para la regulación del ciclo estral en vacas y vaquillonas (sincronización de celos), tratamiento del anestro y acortamiento del intervalo entre primer servicio/concepción conocido como (Re-sincronización) (Laboratorio Pfizer, 2005).

#### **2.4.6.4.6. Aplicación**

1. Sumergir el aplicador de CIDR en una solución antiséptica a base de amonios cuaternarios o yodo povidona.
1. Colocar el dispositivo en el aplicador.
3. Lubricar el extremo del aplicador a introducir en la vagina, desplazar la cola e higienizar los labios vulvares con toalla descartable.
4. Introducir suavemente el aplicador hasta llegar a la porción anterior de la vagina.
5. Liberar el dispositivo, accionado y manteniendo presionado la parte circular del

aplicador.

Nota: Para retirarlo, tirar suave pero firmemente del cordón que sobresale de la vulva.

#### **2.4.6.4.7. Precauciones y contraindicaciones**

No utilizar en animales con anormalidades anatómicas en el aparato reproductor y animales con pobre condición corporal, enfermos o mal nutridos.

#### **2.4.6.4.8. Restricciones de Uso**

No destinar la carne y/o la leche a consumo humano o industrialización de los animales tratados, hasta transcurridos 30 días del retiro del dispositivo.

#### **2.4.6.5. Sincronización con Crestar**

##### **2.4.6.5.1. Descripción**

Según los Laboratorios Intervet México (2005), Crestar es un inductor y sincronizador de estros en bovinos que consta de un implante subcutáneo más un inyectable.

##### **2.4.6.5.2. Composición**

Cada implante contiene, 3mg de Norgestomet, y una solución inyectable Crestar con 5 mg valerato de estradiol

##### **2.4.6.5.3. Indicaciones**

Método de inducción y sincronización de celos que permite:

1. Inducir y sincronizar los celos en las hembras en reposo ovárico (anestro).
2. Sincronizar los celos en las hembras cíclicas independientemente de la etapa del ciclo estral.

#### **2.4.6.5.4. Dosis y Vía de Administración**

Novillas y vacas: 1 implante + 1 inyección

#### **2.4.6.5.5. Precauciones**

1. Se recomienda el uso únicamente en animales sanos.
2. Las vaquillas deben ser tratadas cuando tengan al menos el 60-70% de su peso adulto y una edad entre 15 y 20 meses (dependiendo de la raza).
3. Las vacas no deben ser tratadas antes de los 45 días posparto.
4. Consérvese protegido de la luz en un lugar fresco y seco.

#### **2.4.6.6. Sincronización con Gestavec**

##### **2.4.6.6.1. Composición**

Laboratorios Ceba (2005), señala que cada ml contiene 25mg de progesterona.

##### **2.4.6.6.2. Indicaciones**

Anabólico para bovinos, equinos, porcinos y caninos. Coadyuvante en los casos en que se requiera promover la síntesis proteica, en enfermedades de tipo consuntivo o debilitantes que produzcan pérdida de peso, (Laboratorios Ceba, 2005).

##### **2.4.6.6.3. Generalidades**

La Progesterona es un esteroide de acción prolongada y mínima acción androgénica y hormonal, que se presenta en solución oleosa inyectable, utilizada en el tratamiento



de ciertos procesos patofisiológicos y catabólicos en los animales. No tiene marcadas propiedades gonadotrópicas ni tampoco produce efecto definido sobre el endometrio. Los esteroides sintéticos manifiestan un notable efecto sobre el metabolismo constructivo y resultan útiles en el tratamiento de los animales seniles y en la recuperación de los animales jóvenes que han sufrido una enfermedad consuntiva o debilitante (Laboratorios Ceba, 2005).

#### **2.4.6.6.4. Dosis y vía de administración**

La dosis para bovinos, equinos y porcinos es de 1.0 ml de progesterona por cada 90 kg de peso, en el caso de los bovinos puede repetirse a los 20 días. En equinos repetir a los 10 y 45 días. En animales reproductores la dosis se recomienda aplicarla cada 30 días con un máximo de 3 veces. La dosis recomendada, el empleo en animales reproductores y la duración del tratamiento pueden ser modificados de acuerdo con criterio del Médico Veterinario (Laboratorios Ceba, 2005).

#### **2.4.6.6.5. Precauciones**

No usar en animales gestantes ni en casos de tumores malignos, adenoma anal y carcinoma de la próstata. En animales jóvenes puede presentarse osificación prematura. No se debe aplicar dentro de los 30 días anteriores al sacrificio del ganado para consumo humano ni en vacas en producción de leche para consumo humano. La sobredosificación puede producir masculinización (Laboratorios Ceba, 2005).

#### **2.4.6.6.7. Métodos con asociaciones hormonales**

Gatica (1986), señala que el empleo de Norgestomet para inducir ciclicidad en vacas postparto, el tratamiento consiste en la aplicación de un implante subcutáneo en la oreja que contiene 6 mg. de Norgestomet para lograr niveles inmediatos 2 mg de estradiol para inducir luteolisis, el implante se retira a los 9 días. El estro se inicia al segundo o tercer día del retiro del progestágeno.

En un tratamiento con progesterona para vacas en anestro, un grupo de 39 vacas de lechería con más de 60 días de paridas en anestro postparto fueron tratadas con 50 mg de progesterona intramuscular por 5 días seguidos, al sexto día fueron inyectadas con 5 mg de Benzoato de estradiol (utilizado como agente luteolítico), debido a que los animales que quedaron gestantes mas los animales que después del celo inducido tuvieron un segundo celo (18 a 24 días), se puede asumir que hubo reinicio de la ciclicidad o un celo con ovulación en el 65,8% de los animales tratados,(Gatica, 1986).

Para Smith, et al (1984), otro método para sincronizar el estro en ganado involucra la administración de un progestágeno (pesario o implante) por siete días con prostaglandina administrada al sexto día.

Según Mac Millan (1993), la progesterona, benzoato de estradiol y prostaglandina  $F_2\alpha$  han sido usadas solas o en combinación para sincronizar estro. Este mecanismo puede llevar a una sincronización precisa con reducida fertilidad. En el proceso para mejorar la sincronización y fertilidad se hizo una serie de pruebas en vacas lecheras. Cada prueba se basa en el uso del CIDR- B (dispositivo con progesterona natural) por 7-10 días con o sin aplicación de benzoato de estradiol (10 mg) en una capsula de gelatina y con una inyección de prostaglandina  $F_2\alpha$  2 a 4 días antes de remover el dispositivo. Los resultados de estas pruebas indicaron que la inyección de prostaglandina  $F_2\alpha$  antes de remover el dispositivo mejora el proceso de sincronización (en términos de animales sincronizados a las 48 horas de retirado el dispositivo), pero presenta una reducida tasa de preñez. Si el uso de benzoato de estradiol es combinado con la prostaglandina  $F_2\alpha$  (4 días antes de remover el dispositivo) en el programa de CIDR por 10 días la tasa de sincronización a las 48 horas fue del 93% y de preñez del 56%; mientras que al excluir el benzoato de estradiol del programa la tasa de sincronización baja a 87% y la preñez a 45%. Estos resultados son evidencia adicional de que la combinación de benzoato de estradiol con progesterona está alterando las ondas foliculares con efectos sobre la sincronización y fertilidad.

## **2.5. Ovulación**

Hafez (1999), dice que los vacunos son únicos entre los animales domésticos en el sentido de que la hembra ovula 10 a 12 horas después del final de la fase de inmovilidad estral o, en promedio, 30 horas después de iniciado el estro. Las vacas son ovuladoras espontáneas, pero la ovulación puede adelantarse unas 2 horas mediante el servicio con un toro vasectomizado.

Por lo común, en la vaca sólo un folículo ovula cada ciclo estral. Alrededor del 10% de las veces ovulan dos folículos y es raro que ovulen tres. La ovulación ocurre en el ovario derecho alrededor del 60% de las veces; el 40% restante ocurre en el izquierdo. La primera ovulación después del parto se presenta más a menudo en el ovario opuesto al asta uterina que antes alojó al feto, (Hafez, 1999).

## **2.6. Inseminación Artificial**

### **2.6.1. Concepto**

Hernández, *et al* (1994), destaca que actualmente es posible prescindir del acto natural de la monta, adoptando un sistema que admite la unión del espermatozoide y el óvulo sin necesidad de la cópula. Con este objeto se puede recolectar el semen en un recipiente especial y, luego de un tratamiento previo, depositarlo en el aparato genital de la vaca, mediante un instrumento adecuado. Este procedimiento se llama inseminación artificial.

De acuerdo con Hafez (1999), la inseminación artificial es básicamente un procedimiento de dos pasos. Primero el semen es recolectado del macho; y segundo; el semen es depositado dentro del trayecto reproductor femenino.

West (1992), indica que la inseminación artificial es la introducción de células germinales masculinas (espermatozoides) en la hembra sin que ocurra una verdadera monta.

Trujillo (1992), recalca que la inseminación artificial, consiste en depositar el semen mecánicamente en el tracto reproductor de la hembra.

### **2.6.2. Ventajas de la Inseminación Artificial**

Para Galina (1991), estas son las siguientes ventajas:

- Evita la transmisión de enfermedades venéreas.
- Facilita el transporte y la distribución del semen.
- Permite realizar un mejoramiento genético acelerado, mediante el uso de sementales probados.
- Mejor utilización del semental, ya que a partir del eyaculado es posible inseminar varias hembras.
- Evita la presencia del macho en el hato, gasto de mantenimiento y elimina el peligro que representa.
- Estimula el uso de registros.
- Facilita la implementación de programas de sincronización y cruzamientos.
- Posibilita la adquisición de animales valiosos por parte de ganaderos de escasos recursos.
- Se puede hacer pruebas de progenie de un semental más rápido que con monta natural, ya que permite cubrir un gran número de vacas de diferentes lugares al mismo tiempo.
- Pueden servirse vaconas y vacas de tamaño pequeño sin causar daños, que a veces se presentan cuando se sirven con monta natural utilizando toros muy pesados.

### **2.6.3. Desventajas de la Inseminación Artificial**

- El costo inicial de un programa de Inseminación Artificial es alto (Compra de equipo, construcción de instalaciones).
- Las enfermedades pueden difundirse cuando se utilizan sementales enfermos.
- La consanguinidad tiende a incrementarse cuando se utilizan sementales de una sola línea genética durante muchos años.
- Implica un dominio de la técnica. Es necesario que el técnico inseminador sea entrenado en una empresa especializada que cuente con bastante experiencia.
- Requiere una muy buena detección del celo. (Capacitar al personal).  
(Galina, 1991)

### **2.6.4. Momento Ideal para la Inseminación Artificial**

Galina (1991), dice que el celo o período estral de la vaca, dura aproximadamente entre 15 y 20 horas y la ovulación ocurre en las últimas horas del celo. Al parecer el momento óptimo de la inseminación, es de la mitad del estro hasta la finalización del mismo; es decir unas 12 a 18 horas después del inicio del celo.

Galina (1991), indica que por lo general se menciona la técnica de AM-PM que no es más que dejar pasar 12 horas de hincado el celo para poder realizar la inseminación artificial (I.A.) así de manera general podemos señalar que todos aquellos animales que entran en celo por la mañana (05h00) deben ser inseminados por la tarde (17h00) del mismo día, las que entran en celo por la tarde deben ser inseminadas a la mañana del día siguiente.

## **2.7. Fecundación**

Para McLaren (1980), todo el proceso reproductor sexual gira en torno al acto de la fecundación; sin embargo ésta en sí misma no es un proceso reproductor. Por lo

contrario, consiste esencialmente en la fusión de dos células, los gametos masculino y femenino, para formar una sola, el cigoto. La fecundación es un proceso doble:

- a) En su aspecto embriológico, incluye la activación del óvulo por el espermatozoide. Sin este estímulo de fecundación, el ovulo normalmente no comienza su división, y no ocurre ningún desarrollo embrionario. Se sabe que en algunos animales los tratamientos experimentales pueden copiar estos aspectos de la fecundación, induciendo el desarrollo del óvulo sin fecundación.
  
- b) En su aspecto genético, la fecundación incluye la introducción de material hereditario del padre al ovulo. Por este medio es posible que los caracteres benéficos surjan muy separados en el tiempo y en el espacio y que a la larga se combinen para formar un individuo. La importancia de este proceso para la selección natural y artificial difícilmente puede sobreestimarse. De acuerdo con la creencia actual en genética, el material hereditario esencial es el DNA cromosómico en el núcleo del espermatozoide: la fusión de los núcleos masculino y femenino en el proceso de la singamia se considera por tanto que frecuentemente es el proceso central de la fecundación. Aunque se han hecho intentos para inyectar DNA al óvulo experimentalmente, este aspecto de la fecundación aún no se intenta en el laboratorio.

En la fecundación, las dos células se combinan para formar una, la primera célula del nuevo individuo, si bien el número de cromosomas permanece constante en cada generación. Esto se debe a que los dos gametos contienen sólo la mitad del número de cromosomas característicos de la especie, (McLaren, 1990).

## **2.8. Diagnostico de Preñez**

Hafez (1999), hace referencia que, el saber si una hembra bovina está o no preñada reviste considerable valor económico. Para un buen diagnóstico reproductivo del rebaño es esencial disponer de un método de detección de animales gestantes y no gestantes que se precoz. Durante la preñez, el producto inhibe la regresión del cuerpo

amarillo e impide que la madre vuelva al estro. Por eso se supone que una hembra que no reinicia el estro está preñada. Este conocimiento es ampliamente utilizado por los granjeros y personas de centros de inseminación artificial como indicador de preñez; sin embargo, la confiabilidad de tal método depende de la exactitud en la detección del estro en el hato. Se dispone de métodos clínicos y de laboratorio para el diagnóstico de preñez. La elección depende de la especie, etapa de gestación, costo, exactitud y rapidez de diagnóstico.

### **2.8.1. Palpación Rectal**

Según el Compendium de Reproducción Animal (1999), la ventaja de la palpación rectal es que proporciona una respuesta inmediata y, si no hay gestación, se puede aplicar algún tipo de terapia. Para una detección de gestación precoz (1 – 3 meses), el diagnóstico se basa en la asimetría de los cuernos uterinos, un menor tono del cuerno gestante y la fluctuación de este último (más tarde de ambos). Se puede palpar un cuerpo lúteo en el lado del cuerno gestante. El deslizamiento de membrana y la palpación de la vesícula amniótica son signos indicativos de gestación. En fases más avanzadas de gestación (>3 meses), el cerviz se sitúa en posición craneal respecto al borde pelviano y no se puede retraer el útero. Este es flácido y se pueden palpar los placentomas y el feto. El tamaño de la arteria uterina media aumenta y se puede palpar el frémito de su superficie.

### **2.8.2. Determinación de Progesterona**

En publicación Compendium de Reproducción Animal (1999) se indica que la progesterona segregada por un cuerpo lúteo funcional entre el día 18 y 24 de la cubrición o inseminación constituye un indicador precoz de gestación. Se puede determinar en leche o plasma. El momento óptimo para el análisis es el día 24 después de la cubrición o IA. Así se elimina el problema de los ciclos largos que pueden dar lugar a falsos positivos. Las causas más comunes de error son

piometra/cuerpo lúteo persistente, ciclos cortos, quistes ováricos (quistes luteínicos) y un manejo incorrecto de las muestras y del test.

### **2.8.3. Exploración Ultrasónica**

Los ultrasonidos de tiempo real (modo B) son un método fiable y relativamente simple de diagnóstico de gestación a partir del día 26. La localización y exploración del útero, mediante una sonda rectal, es fácil y requiere un tiempo mínimo realizando el día 26 y 33 tras la IA, Pieterse et al. (1989) encontraron una sensibilidad de 97,7% y una especificidad de 87,8% constituyendo también un método exacto para el diagnóstico de no gestación. La desventaja de este método es que el equipo necesario para el examen ultrasónico es todavía bastante caro, (Compendium de Reproducción Animal, 1999)

## **2.9. Gestación**

Jainudeen *et al* (1999), manifiestan que la duración de la gestación se calcula como el intervalo entre el servicio fértil y el parto. La duración de la gestación está determinada genéticamente, aunque puede modificarse por factores maternos, fetales y ambientales.

### **2.9.1. Factores Maternos**

La edad de la madre influencia la duración de la gestación en las diferentes especies. La gestación se extiende dos días más de lo normal. Una novillota que concibe a una edad relativamente joven lleva a su cría por un período ligeramente inferior que aquellas que conciben a una edad mayor, Jainudeen. *et al* (1999).



### **2.9.2. Factores Fetales**

Jainudeen *et al* (1999), señalan una relación diversa entre la duración de la gestación y el tamaño de la camada, en varias especies politocas, excepto el cerdo. Los fetos múltiples en las especies monotocas también dan períodos de gestación más cortos. Los becerros gemelos se llevan de tres a seis días menos que becerros solos. El sexo de los fetos, también puede determinar la duración de la gestación; los becerros machos y los potrillos tardan uno o dos días más que la hembra. La talla probablemente afecta la duración de la gestación acelerando el tiempo de iniciación del parto. Las funciones endocrinas del feto pueden influir en la duración de la gestación.

### **2.9.3. Factores Ambientales**

Según Jainudeen *et al* (1999), la estación del año influye en la duración de la preñez. Los potros concebidos a fines de verano y en otoño tienen períodos gestacionales significativamente más cortos que los concebidos al inicio de la temporada reproductiva a principios de la primavera. Así mismo, el tiempo de gestación es unos cuatro días más breve en yeguas bien alimentadas que en las que reciben una ración de mantenimiento.