



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN BOVINOS PRODUCTORES DE
LECHE**

**SERVICIO PROFESIONAL QUE PRESENTA
FELIPE MARTÍNEZ GARCÍA**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

ASESOR

Doctor Médico Veterinario Zootecnista. MANUEL JAIME TENA MARTÍNEZ

Morelia, Michoacán. Julio 2015

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Fisiología de la Reproducción del Ganado Lechero	3
1.1.1 Hipotálamo.....	3
1.1.2 Hipófisis.....	4
1.1.3 Ovario.....	5
1.1.4 Útero.....	5
1.2.1 El Ciclo Estral en La Vaca	6
1.2.2 Fases del ciclo estral.....	6
1.2.3 Reinicio de la actividad ovárica.....	7
1.2.4 Celos.....	9
1.2.5 Signos del celo.....	10
1.2.6 El cuerpo lúteo y la ovulación.....	11
1.2.7 Oleadas foliculares, desarrollo y comportamiento de la FSH.....	15
1.2.8 Comportamiento del estradiol y la LH durante el ciclo.....	18
1.2.9 Vacas anovulares (Anestro).....	20
1.2.10 Ciclo corto.....	23
1.2.11 Intensidad del anestro post-parto.....	24
1.3.1 Importancia de la Sincronización	25
1.3.2 Objetivos de la sincronización.....	27
1.3.3 Ventajas y desventajas de los protocolos de sincronización.....	27
1.3.4 Factores que afectan la eficiencia de la sincronización del celo.....	29
1.3.5 Nutrición.....	29
1.3.6 Condición corporal.....	30
1.3.7 Amamantamiento y destete.....	30
1.3.8 Clima.....	30
1.3.9 Detección del celo.....	31
1.3.10 Mecanismos que se manipulan para la sincronización del celo.....	32
1.3.11 Programas de sincronización de hatos.....	33
1.3.12 Programas de inyección de prostaglandinas $PGF_{2\alpha}$	33
1.3.13 Sincronización del celo con $PGF_{2\alpha}$	34
1.3.14 Programa con 2 dosis de prostaglandinas.....	35

1.3.15 Programa con detección de celo.....	35
1.3.16 Programa con palpación rectal.....	36
1.3.17 Programas con progestágenos.....	37
1.3.18 Programas con progesterona y estradiol.....	39
1.3.19 Programas con GnRH.....	40
1.3.20 Pre-exposición de progesterona usando GnRH.....	41
1.3.21 Uso de progestágeno y GnRH para inducir la ovulación.....	42
1.3.22 Programas con GnRH y PGF ₂ α.....	43
1.3.23 ¿Cuál protocolo de sincronización de celos se debe escoger?.....	45
1.3.24 Criterio para novillas.....	46
1.3.25 Criterio para vacas paridas.....	48
1.3.26 Vacunas previas al empadre.....	48
2. CONCLUSIONES.....	49
3. BIBLIOGRAFÍA.....	50

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Útero y ovarios de una vaca.....	6
Fig. 2 Corte sagital del cerebro de una vaca.....	6
Fig. 3 Dinámica folicular.....	8
Fig. 4 Etapas ováricas durante el ciclo estral.....	8
Fig. 5 Alteraciones en aparato reproductor de la vaca.....	9
Fig. 6 Formación del cuerpo lúteo en la vaca.....	11
Fig. 7 Comportamiento de la progesterona y PGF ₂ α durante el ciclo estral.....	13
Fig. 8 Oleadas foliculares, desarrollo y comportamiento de la FSH.....	15
Fig. 9 Comportamiento del estradiol y la LH durante el ciclo.....	18
Fig. 10 Estro y ovulación en vacas.....	20
Fig. 11 Anestro postparto.....	22
Fig. 12 “Intensidad” de anestro postparto.....	24
Fig. 13 Requerimientos para inducir vacas en anestro al ciclo.....	25
Fig. 14 Sincronización del celo.....	34
Fig. 15 PGF ₂ α+ CIDR® Synch.....	38
Fig. 16 Programa con CIDR.....	38

Fig. 17 Programa con MGA y PGF2alfa.....	39
Fig. 18 Pre-exposición de progesterona usando GnRH.....	41
Fig. 19 Uso de progestin y GnRH para inducir la ovulación.....	42
Fig. 20 Sincronización con detección de celos.....	43
Fig. 21 Sincronización con detección de celos e IATF.....	43
Fig. 22 Sincronización de la ovulación (Ovsinch 56).....	43
Fig. 23 PreSynch (14/14) + OvSynch.....	44
Fig.24 PreSynch (14/14) + Cosynch72.....	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Signos del celo.....	10
Tabla 2. Funciones y manejo de la Progesterona y PGF ₂ α	14
Tabla 3. Funciones y manejo de la oleada folicular y FSH.....	17
Tabla 4. Funciones y manejo del estradiol y LH.....	19
Tabla 5. Ventajas y desventajas de los protocolos de sincronización.....	28
Tabla 6. Sitio de producción y disponibilidad comercial de hormonas usadas para el control del estro.....	32
<i>Tabla 7. Montas por periodo de celo según el número de vacas que entran en celo.....</i>	<i>36</i>
Tabla 8. Descripción de las diferentes medidas del útero y ovarios para los distintos puntajes del tracto reproductivo (RTS).....	47

RESUMEN

La sincronización del estro ha evolucionado como una herramienta de ahorro de trabajo y mano de obra para los productores, con el principal objetivo de mejorar la concepción, optimizar la inseminación artificial (IA), homogenizar los partos y ventas y para obtener una mejora genética a través del uso de la IA, la cual se ha vuelto esencial para el mejoramiento reproductivo de los hatos ganaderos. Para considerar eficiente la actividad de los bovinos productores de leche, es necesario que la vaca tenga un becerro por año y produzca gran cantidad de leche para su venta. Las causas principales de intervalos entre partos largos incluyen la detección pobre del periodo de celo, el esperar demasiado tiempo después del parto para inseminarlas nuevamente, y tasas bajas de concepción.

Para sincronizar e inducir el celo, es necesario primero entender el ciclo estral de una vaca. Los programas de sincronización de celo y ovulación, utilizan una variedad de hormonas inyectables y una variedad de períodos de tiempo, los cuales representan alternativas que varían en costos y beneficios, y están disponibles para los productores

Entre los principales factores que afectan la eficiencia de la sincronización del celo se encuentran; nutrición, condición corporal, amamantamiento y destete, clima y detección del celo. Un protocolo de sincronización efectivo deberá ser capaz de inducir el celo y ovulación fértil tanto en hembras cíclicas como en las que están en anestro.

Las prostaglandinas es el tratamiento más utilizado para la sincronización de celo en bovinos. El tratamiento con GnRH induce la ovulación con la emergencia de una nueva onda folicular, este puede utilizarse en vacas anéstricas y en vaquillas prepúber. Los progestágenos (P₄) son utilizados en diferentes tratamientos para sincronizar el desarrollo folicular y la ovulación, así como para reanudar el ciclo estral en vacas que se encuentran en anestro o en vaquillas prepúber.

Para elegir un programa de sincronización se deben tomar en cuenta algunos factores importantes; mano de obra, detección de celos y disponibilidad de tiempo para llevar a cabo los procedimientos de los programas.

Palabras clave: Sincronización, Estro, Folículo, Ovocito, Cuerpo Lúteo.

SUMMARY ABSTRAC

The estrous Synchronization is evolutioned as a tool to save labor, the main objective is to improve conception, optimized the artificial insemination (AI), that the calving and sales are homogeneous, and breed the cow through artificial insemination for genetic improvement. It is necessary that the cow have one calf for year and produce a great quantity of milk for put on sale. The principal causes of prolonged calving interval are deficiency in detecting estrous and low conception rate.

To synchronize and induce the heat, it is necessary first that all understand estrous cycle of a cow. There exist various options for synchronizing depending in cost and benefit. These programs including: estrous and ovulation synchronization using variety of hormones.

Among the principal factors that affect the efficiency of heat synchronization are: nutrition, condition corporal, suckling and weaning, climate and heat detected. An effective synchronization program can be capable of induced the heat and fertile ovulation in cyclical females as in females in anestrous.

The prostaglandins are the most utilized treatment for the estrous synchronization in cows. The treatment whit GnRH induce the ovulation whit the emergency of a wave follicle, this can be used in cows in anestrous and heifers. The progesterone (P4) is utilized on several synchronize treatments for follicle development and ovulation.

For Select a Synchronization program, are consider any important factors; Labor, heat detect and make use of time for carry out the programs procedures.

Keywords: Synchronization, Estrous, Follicle, Ovum, Corpus Luteum.

1. INTRODUCCIÓN

La cría de ganado bovino productor de leche en México es una de las actividades más rentables en la actualidad, con una población nacional de 2 410 289 cabezas de ganado bovino productor de leche (Sagarpa, 2013).

Para considerar eficiente la actividad del ganado bovino productor de leche, es necesario que la vaca tenga un intervalo entre parto de 12 a 13 meses, es decir, que tenga un becerro por año y produzca gran cantidad de leche para su venta (Mexicano, 2009).

Investigaciones pasadas han demostrado que las vacas preñadas sobreviven 420 días más comparadas con sus compañeras de grupo que están “abiertas” (no preñadas) (Bosques y Graves, 2010).

En un sistema de parición estacional, el reinicio de la actividad estral y la obtención de la preñez, tienen que ocurrir normalmente en un período menor a los 85 días posparto, para poder alcanzar su producción óptima de leche, sin embargo, hay un porcentaje importante de vacas que demoran el reinicio de su ciclicidad por encima de los 50 días posparto, lo cual impide una buena concentración de los partos (Carbajal *et al.*, 2005).

En las ganaderías de leche, la fertilidad de las vacas en lactancia es particularmente baja debido a la escasa eficiencia en la detección de celos y a la baja fertilidad de los mismos (Cutaia y Gabriel, S/F). Noventa por ciento de las vacas en un hato bien manejado deben demostrar celo a los 50 días postparto (Bosques y Graves, 2010).

Los sistemas de control de estros son usados para sincronizar e inducir el celo a través de la manipulación de varios componentes del ciclo estral (Day, 2005). Los programas de sincronización de celo y ovulación, utilizan una variedad de hormonas inyectables y una variedad de períodos de tiempo, los cuales representan alternativas que varían en costos y beneficios y están disponibles para los productores (Bosques y Graves, 2010).

La sincronización del celo se ha desarrollado con el objetivo de mejorar la concepción, optimizar la inseminación artificial (IA) y homogenizar los partos y ventas. (Mexicano, 2009). Desde su inicio la sincronización del estro ha evolucionado como una herramienta de ahorro de trabajo y mano de obra para los productores, con el principal objetivo de obtener una mejora genética a través del uso de la IA, la cual se ha vuelto esencial para el mejoramiento reproductivo de los hatos ganaderos (Mexicano, 2009).

La sincronización del celo a través del uso de fármacos, ha sido usada para mejorar la eficiencia reproductiva en el ganado. Los protocolos para sincronización del celo estuvieron originalmente orientados hacia la disminución del tiempo empleado en la detección del celo, siendo este uno de los principales factores que causa mayores limitaciones en el rendimiento reproductivo del ganado bovino (Del valle, 2000).

El ciclo estral en las vacas dura aproximadamente 21 días, con un rango de 17 a 24 días dependiendo del número de ondas foliculares que se presentan en el ovario del animal, este periodo de receptividad sexual es el resultado de un organizado y complejo sistema de cambios fisiológicos que ocurren en el sistema reproductivo de las vacas en un periodo de tiempo entre un celo y otro (Day, 2005).

Un protocolo de sincronización del estro debe producir un estro fértil y una alta respuesta de sincronización, cuando es utilizado en un grupo de hembras (Nebel y Jobst, 1998).

1.1. FISIOLÓGÍA DE LA REPRODUCCIÓN DEL GANADO BOVINO LECHERO

La fisiología de la reproducción es el conocimiento que trata de los diferentes mecanismos a través de los cuales se logra la perpetuación de todas las especies. Estos procesos reproductivos representan patrones de considerable complejidad, pero muy claros y definidos en la actualidad. En el ganado bovino lechero, al igual que en otros bovinos, los eventos reproductivos son regulados por una secuencia interrelacionada de los sistemas hormonales y nerviosos (José y Manrique, 1990).

La capacidad reproductiva de una hembra depende de cómo se llevan a cabo varios eventos fisiológicos: secreción hormonal, fertilización, implantación, formación del embrión, preñez y parto. La fertilidad puede ser interrumpida en cualquiera de los estadios de reproducción mencionados, los cuales son controlados fisiológicamente por el hipotálamo, la hipófisis, los ovarios, y el tracto reproductivo (José y Manrique, 1990).

1.1.1. HIPOTÁLAMO

Segrega sustancias liberadoras de hormonas, dentro de las cuales se encuentra la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), que estimula la hipófisis para que libere las hormonas gonadotropinas: Luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH). La FSH inicia el crecimiento y desarrollo de folículos en los ovarios y de esta manera el ovocito se encuentra disponible para la fertilización (José y Manrique, 1990).

Histológicamente, el hipotálamo está compuesto de núcleos, células dispersas y axones, los cuales conectan una célula con la otra, pero el elemento principal del hipotálamo, desde el punto de vista reproductivo, son las células neurosecretoras, las cuales se encuentran dispersas en núcleos, estas son células endocrinas, debido a la presencia de gránulos secretores compuestos por hormonas verdaderas, las cuales emigran a los axones para ser vertidas a las terminaciones nerviosas (José y Manrique, 1990).

El comportamiento cíclico normal de la reproducción se debe en gran parte a la acción de la LH y FSH de la parte anterior de la hipófisis, pero la liberación de estas hormonas dependen de las áreas específicas del hipotálamo (José y Manrique, 1990).

1.1.2. HIPÓFISIS

A pesar de que el hipotálamo juega un papel importante en el proceso reproductivo, la hipófisis también toma parte en mecanismos múltiples de vital importancia, dependiendo de las conexiones nerviosas con el hipotálamo. Una de las partes importantes de la hipófisis, desde el punto de vista reproductivo, es el lóbulo anterior, el cual segrega seis hormonas diferentes entre las cuales están la LH y la FSH. El papel de la hipófisis en el control reproductivo repercute en el ciclo del ovario (José y Manrique, 1990).

1.1.3. OVARIO

Es el órgano esencial de la reproducción en la hembra y tiene dos funciones principales: la endocrina, a través de la cual se elaboran las hormonas, y la citogénica, por su producción de ovocitos a través de los folículos. En todos los animales, los ovarios son pares, y su tamaño depende de la edad, especie y estadio reproductivo del animal. El desarrollo de sus componentes histológicos está bajo el control de las hormonas de la hipófisis. Los ovarios son ovoides, pero su forma varía de acuerdo con estructuras diferentes durante el ciclo estral como los folículos y el cuerpo lúteo (CL) o cuerpo amarillo. La superficie del ovario está cubierta por la túnica albugínea que es una formación densa de tejido conjuntivo. El ovario está formado de una parte cortical, en ella se encuentran folículos en diferentes estadios de desarrollo, y una zona medular, formada por una red de fibras conectivas, musculares y un gran número de vasos (José y Manrique, 1990).

El folículo es una estructura muy importante porque produce estrógenos o estradiol (E_2), que al romperse produce el ovocito y el CL, que es una estructura transitoria, este último es importante porque mantiene la preñez a través de la secreción de progesterona (P_4) (José y Manrique, 1990).

1.1.4. ÚTERO

Bajo la influencia de la P_4 , el útero produce una sustancia nutritiva para el embrión llamada leche uterina. Al mismo tiempo, la P_4 causa que se forme un tapón mucoso en la cervix denominado tapón de Wharton, el cual evita que entren bacterias o virus al útero. Los días 16 a 18 del ciclo estral se conocen como " el periodo de reconocimiento materno", durante este periodo, el útero busca la presencia de un embrión en crecimiento, si no se detecta un embrión, el útero inicia la producción de otra hormona, la Prostaglandina ($PGF_{2\alpha}$), esta hormona lisa el CL, cesa la producción de P_4 , y la hipófisis empieza a aumentar la secreción de LH y FSH, altos niveles de LH estimulan al folículo dominante a producir E_2 y traer al animal de regreso al celo (DeJarnette y Nebel, 2011).

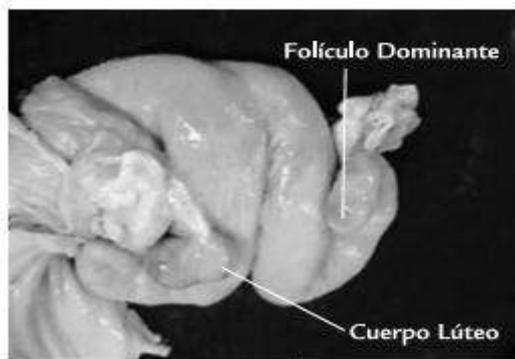


Fig. 1. Útero y ovarios de una vaca

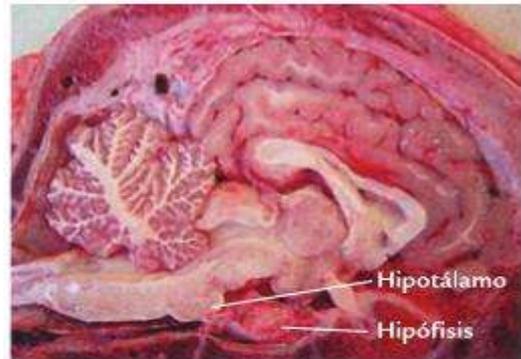


Fig. 2. Corte sagital del cerebro de una vaca

Fuente: Iñiguez, 2014.

1.2.1. EL CICLO ESTRAL EN LA VACA

El ciclo estral está determinado por una serie de eventos fisiológicos que suceden en el periodo de tiempo comprendido entre un celo y otro. En las vacas el ciclo estral tiene una duración promedio de 21 días y puede ser más corto o más largo dependiendo del número de ondas foliculares que se presenten en el ovario del animal (Iñiguez, 2014).

El ciclo estral de la vaca es controlado por una compleja actividad, en la cual intervienen el sistema nervioso, diversos órganos y varias hormonas producidas en el hipotálamo, la hipófisis, el útero y los ovarios.

En los ovarios de la vaca, los folículos se desarrollan continuamente bajo la influencia de la FSH producida en la hipófisis, la cual está controlada a su vez por la GnRH producida en el hipotálamo (Iñiguez, 2014).

1.2.2. FASES DEL CICLO ESTRAL

El ciclo estral se caracteriza por tener 3 fases, las cuales dependen de la actividad del ovario (Iñiguez, 2014).

La primera es la fase folicular o proestro. En esta fase sucede el crecimiento de los folículos que liberan el E2 responsable de la conducta del celo. Dura de 3 a 4 días, aumenta de tamaño el útero, vagina y oviductos. Los E2 absorbidos por la sangre desde los folículos, estimulan la creciente vascularización y el crecimiento celular de los genitales, como preparación al celo (Iñiguez, 2014 y Mexicano, 2009).

La segunda fase, llamada fase periovulatoria o metaestro. Comienza cuando inicia el celo (día 0), durante esta fase se libera el pico mayor de LH que provocan la ovulación, el ovocito es expulsado hacia la trompa del tubo uterino o trompa de falopio (Iñiguez, 2014 y Mexicano, 2009).

La tercera fase se llama fase luteal o diestro. Después de la ovulación, en el lugar donde antes estuvo el folículo, queda una fosa, allí los restos del folículo sufren cambios importantes por influencia de la LH y se forma el CL (Iñiguez, 2014).

1.2.3. Reinicio de la actividad ovárica

Después del parto, las vacas pasan por un periodo de 20 a 30 días en el que no se presentan ciclos estrales, este periodo puede ser mayor en vacas de alta producción cuando no son capaces de obtener suficiente energía para cubrir sus necesidades nutricionales. Estas vacas están en anestro, lo que significa que sus ovarios no funcionan y por lo tanto no se observan en celo (Iñiguez, 2014).

Algunas vacas padecen alteraciones del ciclo. Tal es el caso de las vacas que presentan celo en intervalos muy cortos de tiempo y con una duración del celo de tres a cuatro días (Iñiguez, 2014).

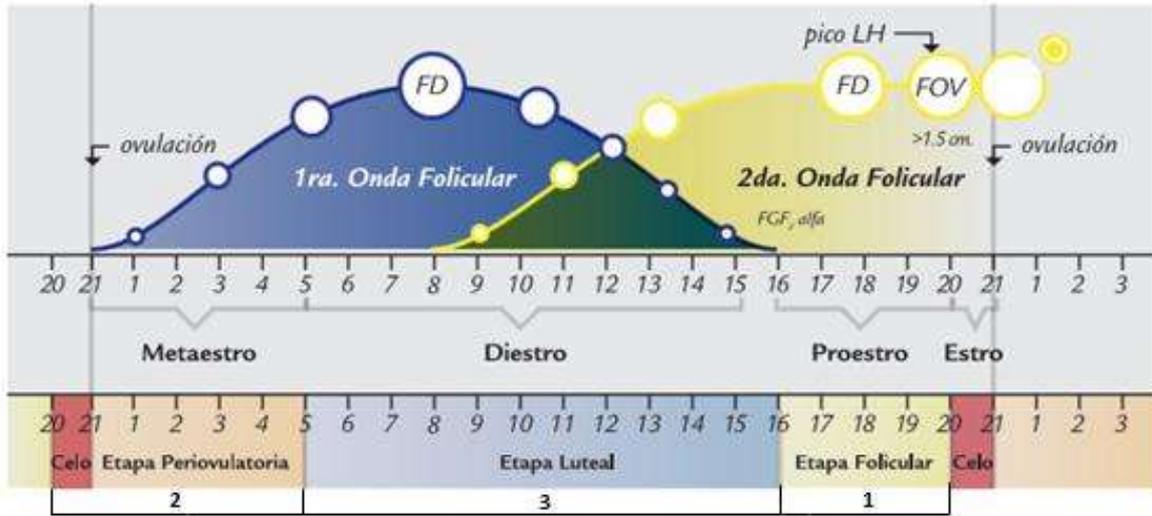


Fig. 3. Dinámica folicular

Fuente: Iñiguez, 2014.

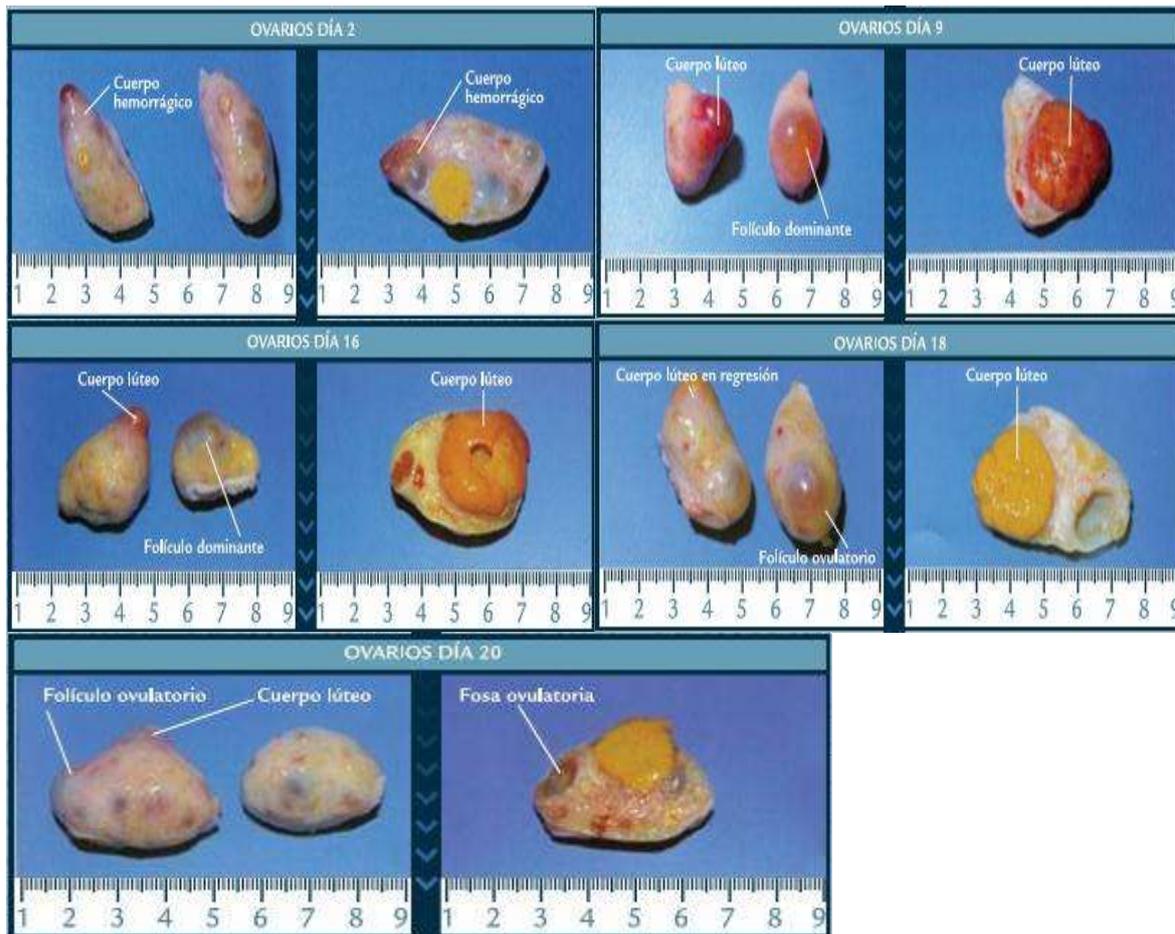


Fig. 4. Etapas ováricas durante el ciclo estral

Fuente: Iñiguez, 2014.

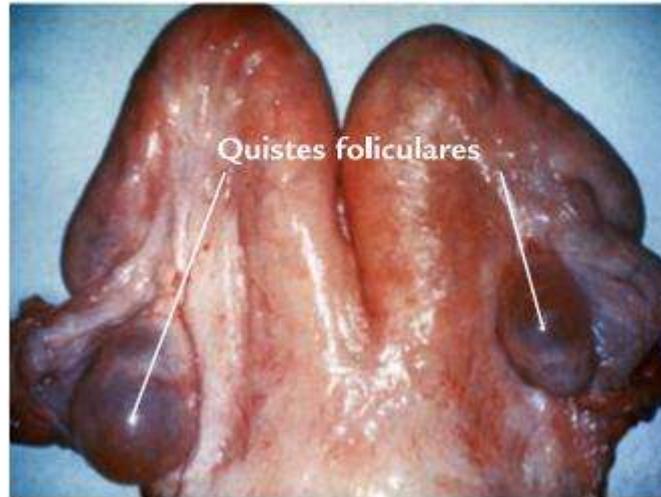


Fig. 5. Alteraciones en aparato reproductor de la vaca

Fuente: Iñiguez, 2014.

1.2.4. CELO

El periodo sexual más intenso del ciclo estral se llama celo o calor y dura aproximadamente entre 8 y 18 horas. Este momento se hace evidente cuando la vaca se queda inmóvil y permite ser montada por otra vaca o por el toro. Entre 10 y 12 horas después de que la vaca ya no permite que la monten sucede la ovulación, el ovocito es liberado y el periodo de celo termina (Iñiguez, 2014).

El tiempo óptimo para que se lleve a cabo la fecundación es muy corto, debido a que los espermatozoides son viables sólo durante 24 horas y el ovocito solamente es fecundable durante cuatro horas. Para que haya espermatozoides viables presentes en el oviducto durante la ovulación, las vacas se inseminan 12 horas después de que comienzan a dejarse montar, la ovulación sucede 24 horas después de este momento (12 horas después de la inseminación) (Iñiguez, 2014).

En el método AM/PM, utilizado tradicionalmente en el ganado lechero, las vacas y vaquillas que se observan en calor durante la mañana deben de ser inseminadas en la tarde cerca del anochecer, así mismo, las vacas y vaquillas que se observan por primera vez en calor durante la tarde, deben ser inseminadas a la mañana siguiente. Otro método dice que las vacas y vaquillas que se observen en celo durante la tarde o durante la mañana siguiente, deben ser inseminadas al medio día. Muchos productores en la actualidad tienen éxito con la inseminación una vez al día (Iñiguez, 2014).

1.2.5. SIGNOS DEL CELO

Tabla 1. Signos del celo	
Signos	Suceso
Primario	Las vacas se mantienen inmóviles al ser montadas
Secundarios	<ul style="list-style-type: none"> - Crayón borrado. - Pelo desacomodado en la base de la cola. - Piel raspada en las prominencias óseas laterales a la cola (isquiones). - Lados sucios debido a la monta de otras vacas. - Salida abundante del moco cervical viscoso y cristalino. - Moco embarrado en la cola y los muslos. - Vulva inflamada. - Interior de la vulva y vagina rojizo y húmedo. - A la palpación, útero turgente y presencia de un folículo mayor de 1.5 cms.

Cutaia y Gabriel, S/F.

1.2.6. EL CUERPO LÚTEO Y LA OVULACIÓN

En el día 21 del ciclo estral de las vacas, se ve reflejado el CL en el ovario, este se origina de un folículo preovulatorio que se presenta en el día que el animal entra en celo (día 0). La figura 6 ilustra el proceso de formación, desarrollo y regresión del CL. (Day, 2005).

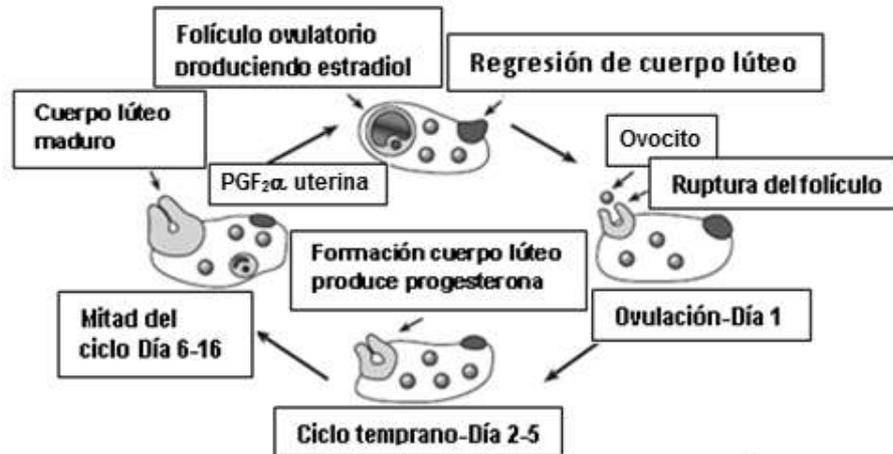


Figura 6. Formación del cuerpo lúteo en la vaca.

Fuente: Day, 2005.

Un folículo preovulatorio, es una estructura llena de fluido en el ovario que contiene un ovocito para ser fertilizado y una capa de células alrededor de la capa externa de la estructura (Células de la granulas y de las tecas interna y externas). Este folículo produce la hormona E₂ que causa que el animal muestre el celo y es el responsable de inducir cambios hormonales que provocaran que este folículo ovule (Day, 2005).

Durante la etapa final del proceso de maduración, el E2 provoca que la vaca entre en celo. El E2 es transportado por la sangre a todas partes del cuerpo, causando que otros órganos reaccionen de distintas maneras, ocasiona que el útero sea más sensible a estímulos, y ayuda en el transporte de espermatozoides después de la inseminación, estimula al cérvix el cual secreta un moco viscoso que fluye y lubrica la vagina, así mismo también es responsable de los síntomas externos del celo, incluyendo una vulva rojiza y ligeramente inflamada, permitiendo que otras vacas la monten, dejen de comer, mugir frecuentemente y mantener erectas las orejas (DeJarnette y Nebel, 2011).

El E2 estimula al hipotálamo, el cual libera GnRH, esto hace que la hipófisis aumente la liberación de LH que provoca la ovulación, la ovulación es la liberación del ovocito tras la ruptura del folículo maduro, sucede 24 horas después del pico de LH. Tras la ovulación, el ovocito es recogido por la trompa del oviducto y transportado hasta el útero. Durante el transporte, el ovocito puede ser fertilizado cuando pasa por la parte intermedia del oviducto llamada ampolla. La fertilización es la unión del espermatozoide con el ovocito (Iñiguez, 2014).

En el día 1, el folículo preovulatorio se rompe y libera el ovocito en el oviducto. En el día 2 a 5, ocurren cambios importantes en las células que cubren el folículo ovulado, esas células son transformadas o luteinizadas en la estructura llamada cuerpo lúteo. Una primera función del CL es producir P₄, la hormona progestacional, la cual mantiene la gestación. Si el ovocito liberado en el día 1 es fertilizado, el CL permanecerá durante toda la gestación, y la P₄ secretada ayudara a mantener dicha gestación. El CL produce P₄ a partir del cuarto o quinto día después del celo, la P₄ inhibe la producción de GnRH en el hipotálamo y reduce la liberación de LH en la hipófisis, lo cual evita nuevas ovulaciones. En la sincronización de estros, la función importante de la P₄ es que si esta se presenta en la oleada folicular de la vaca, esta no mostrara celo, esta ventaja se usa en el control del ciclo estral de las vacas (Day, 2005).

Si el animal no queda gestante, el CL va a mantenerse en el ovario hasta aproximadamente el día 17, ese mismo día, el útero envía una señal al ovario para que el CL presente se lise mediante la acción de la $PGF_{2\alpha}$. Durante ese tiempo el sistema reproductivo de las vacas está reconociendo que no están gestantes, el útero entonces secreta la hormona $PGF_{2\alpha}$, esta hormona provoca la regresión del CL, cuando el CL se lisa, los niveles de P_4 descienden, como resultado de esto, se activa la liberación de GnRH y aumento de LH, esto resulta en la formación de un nuevo folículo ovulatorio, incremento de la producción de E_2 , estro, y otra oportunidad para la concepción (Day, 2005).

Normalmente, mientras una vaca o vaquilla no quede gestante, tendrá un ciclo estral de 21 días con un rango de 17 a 24 días. Las vaquillas tienen un ciclo estral ligeramente más corto que las vacas y este ciclo continua hasta que la vaca o vaquilla quede gestante (Day, 2005).

La formación, vida, y desaparición del CL resulta de los niveles de P_4 en sangre del animal durante los 21 días del ciclo estral. Este nivel de P_4 , y la de $PGF_{2\alpha}$, se muestran en la fig. 7 (Day, 2005).

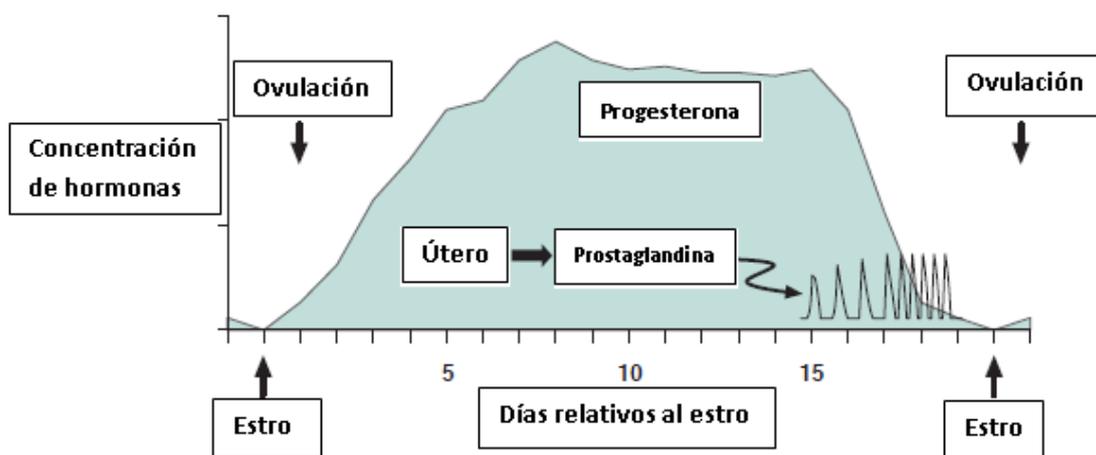


Figura 7. Comportamiento de la progesterona y $PGF_{2\alpha}$ durante el ciclo estral

Fuente: Day, 2005.

La acción de la $PGF_{2\alpha}$ es esencial en los programas de control del estro, la capacidad que proporciona la $PGF_{2\alpha}$ por inyección; es la regresión del CL y eliminar la producción de P_4 de la oleada en sangre, posteriormente las vacas entran en celo 2 a 5 días después. La sincronización e inducción a la regresión del CL en todas las vacas es fundamental en todos los programas de control del estro (Day, 2005).

Hormona	Funciones	Manejo
Progesterona (P4)	<ul style="list-style-type: none"> -Impide el celo y ovulación, si se mantiene en niveles altos. -Influye en el crecimiento de folículos. -Su presentación es necesaria para la concepción de vacas en anestro. 	<ul style="list-style-type: none"> Sincronizar el decline de progesterona en todas las vacas mediante: – Regresión de CL. -Retirar progestágeno de la Vagina de la vaca.
$PGF_{2\alpha}$	-Induce regresión de CL y caída de progesterona.	Se inyecta en la etapa apropiada del ciclo estral para la regresión de CL.

Fuente: Day, 2005.

1.2.7. OLEADAS FOLICULARES, DESARROLLO Y COMPORTAMIENTO DE LA FSH

El descubrimiento de la oleada folicular en los bovinos es relativamente reciente y es muy intensa su acción en el propósito de la sincronización para el control del ciclo estral. En la figura 8 se muestra una oleada folicular (Day, 2005).

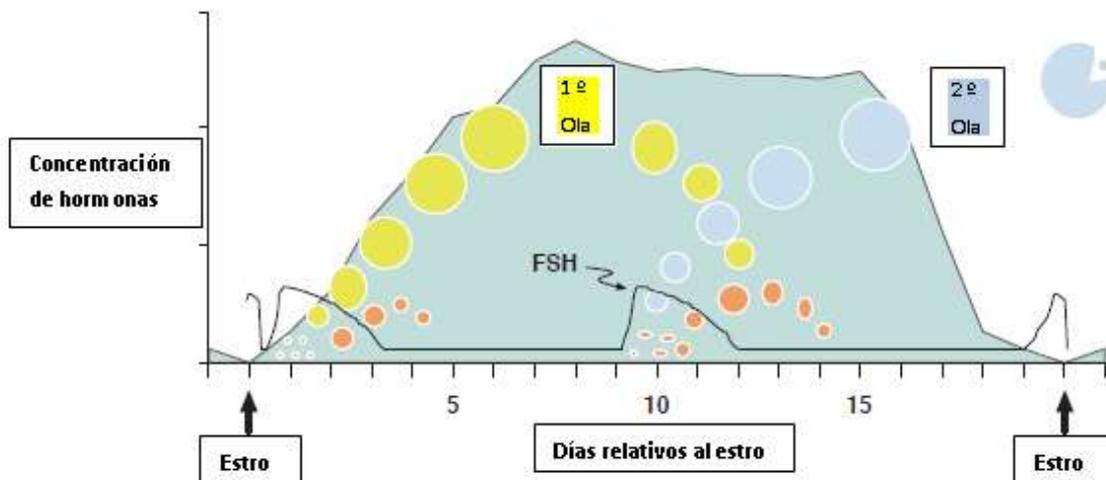


Figura 8. Oleadas Foliculares, Desarrollo y comportamiento de la FSH

Fuente: Day, 2005.

Los folículos en crecimiento que son normales, desencadenan las oleadas durante el ciclo estral, la mayoría de las vacas tienen de dos a tres oleadas foliculares durante cada ciclo (Day, 2005).

Existen vacas con 2, 3 y hasta 4 ondas foliculares, esto determina que existan diferencias en la duración del ciclo estral. En las vacas con 2 ondas el ciclo dura de 18 a 20 días. En las vacas con 3 ondas, 21 a 23 días y en las vacas con 4 ondas, 24 - 25 días (Iñiguez, 2014).

La primera oleada para el siguiente ciclo comienza el día 0 inmediatamente después de la ovulación del ciclo anterior. La segunda ola comienza aproximadamente el día 10. En algunas vacas, una tercera oleada comienza en el día 15 - 18 (Day, 2005).

Una oleada consiste en un grupo de pequeños folículos que empiezan a madurar al mismo tiempo. El crecimiento de cada oleada es iniciada por la FSH. Como este grupo de folículos continúa en crecimiento, uno de ellos se hace dominante sobre los demás y detiene la secreción de FSH, el folículo dominante continúa creciendo, mientras que el otro grupo de folículos se atresia. El folículo dominante de la primera oleada (en vacas con dos oleadas) y el folículo dominante de la primera y segunda oleada (en vacas con tres oleadas) son destinados a sufrir atresia y serán reemplazados por un nuevo grupo de pequeños folículos. La razón de que el folículo dominante sufra atresia es porque se encuentra en presencia de un CL, y la P₄ que éste produce, hace un bloqueo en el hipotálamo que evita que se libere la LH y no siga progresando la ovulación. Una vez que el folículo dominante sufre atresia, los folículos pequeños son removidos, se activa la FSH, y permite el comienzo de una nueva oleada folicular (Day, 2005).

En la segunda oleada (fig. 8), el decline de P₄ sucede en el día 18, esto se debe a la regresión del CL inducido por la PGF₂ α , esto permite que surja un folículo dominante que llegue a la etapa de ovulación. Cuando se controla esta fase de desarrollo folicular, pueden utilizarse los programas de IA e inseminar a detección de celo (Day, 2005).

Es fundamental a la hora de utilizar protocolos de IA sincronizar las oleadas con folículos desarrollados en todas las vacas, tanto ese mismo día, misma edad y mismo tamaño. Una inyección de GnRH se usa para este propósito, induce la ovulación de folículos dominantes y permite una nueva oleada en el tiempo apropiado en respuesta a la FSH (Day, 2005).

Tabla 3. Funciones y Manejo de la oleada folicular y la FSH

	Funciones	Manejo
Oleadas foliculares	<ul style="list-style-type: none"> -Producir óvulos para fertilización. -Proporcionar un folículo que produzca estradiol e induzca el celo. -El Tamaño del CL, la tasa de regresión y el crecimiento en un intervalo de tiempo influyen al estro. 	<p>Sincronizar la hora de inicio de las ondas foliculares para permitir:</p> <ul style="list-style-type: none"> -momento de IA -Sincronizado de ovulación <p>Sincronizar las oleadas foliculares evita la ovulación por:</p> <ul style="list-style-type: none"> -edad (persistente) o folículos inmaduros
FSH	<ul style="list-style-type: none"> -Comienza a estimularse en cada oleada. -Estimula pronto el crecimiento de folículos -Es inhibido por los factores de un folículo dominante. 	<p>Inducir la ovulación de folículos dominantes para permitir una nueva oleada en el momento apropiado en respuesta a la FSH.</p>

Fuente: Day, 2005.

1.2.8. COMPORTAMIENTO DEL ESTRADIOL Y LA LH DURANTE EL CICLO

Otro producto importante de los folículos es la hormona estradiol (E₂) (fig.9); Generalmente la secreción de E₂ sigue las oleadas del crecimiento del folículo, el E₂ llega a tener altos niveles en la siguiente disminución de P₄, los pequeños pulsos de la LH que se liberan debido a la disminución de P₄ ocasiona que un folículo preovulatorio produzca altos niveles de E₂, la elevación del E₂ actúa en el centro de comportamiento centro del cerebro de las vacas y ocasiona el estro. Una función igualmente importante de los altos niveles de E₂ es que induce una repentina liberación de GnRH del hipotálamo, que vuelva a ocasionar un incremento de LH de la hipófisis, este incremento preovulatorio de LH es directamente responsable para iniciar la ovulación (Day, 2005).

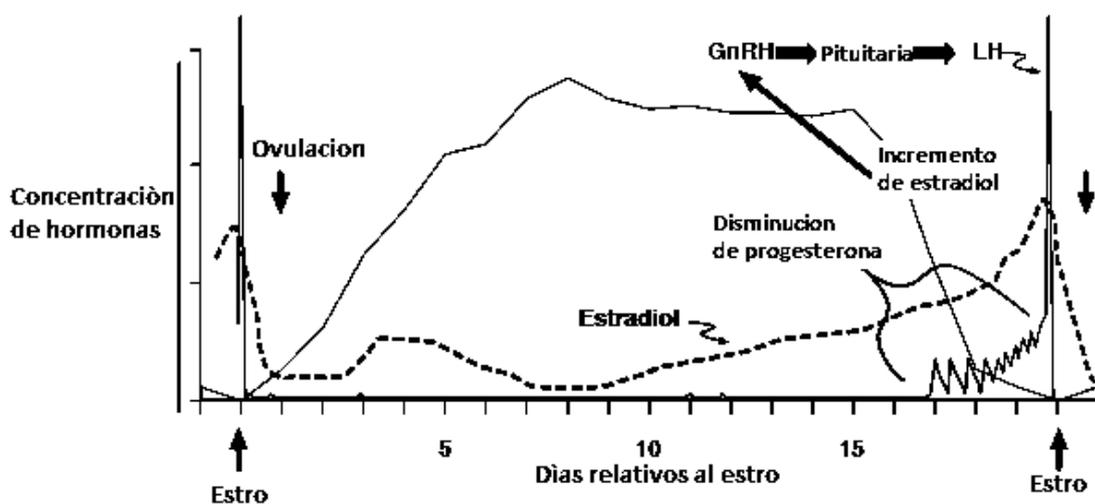


Fig. 9 Comportamiento del estradiol y la LH durante el ciclo

Fuente: Day, 2005.

En los programas de sincronización en donde las vacas son inseminadas siguiendo la secuencia; detección del celo, incremento de los pulsos de LH, incremento de E₂, estro y el incremento (pico) de LH, se ha desarrollado un progreso importante en cada una de las intervenciones. En la mayoría de los programas de inseminación, una inyección de GnRH ocasiona el incremento de LH, y así la ovulación en un determinado tiempo. En estos programas, son intervalos de 48 a 72 horas después de la disminución de la P₄, lo que permite que ocurran los cambios por influencia de la LH y el E₂. Sincronizar el aumento de la LH con una inyección de GnRH es fundamental en la mayoría de los programas de sincronización para IA (Day, 2005).

Hormona	Funciones	Manejo
Estradiol	<ul style="list-style-type: none"> -Señal para el comienzo del estro. -Señal para el incremento de LH. 	-Sigue las oleadas durante el crecimiento folicular.
LH	<ul style="list-style-type: none"> -Se dan pequeños pulsos para el crecimiento final de folículos preovulatorios. -Al incrementarse desencadena la ovulación. -Es inhibida por la progesterona. -Es estimulada por la GnRH. 	<ul style="list-style-type: none"> -Permite pequeños climáx al crecer folículos por 48 horas o más después de disminuir la progesterona. Al Inducir un incremento de LH con GnRH desencadena la ovulación para: -Momento de IA. -Iniciar una nueva oleada folicular.

Fuente: Day, 2005.

Combinando todos estos componentes y hormonas del ciclo estral se presenta una imagen completa del proceso que resulta en estro y ovulación (Day, 2005).

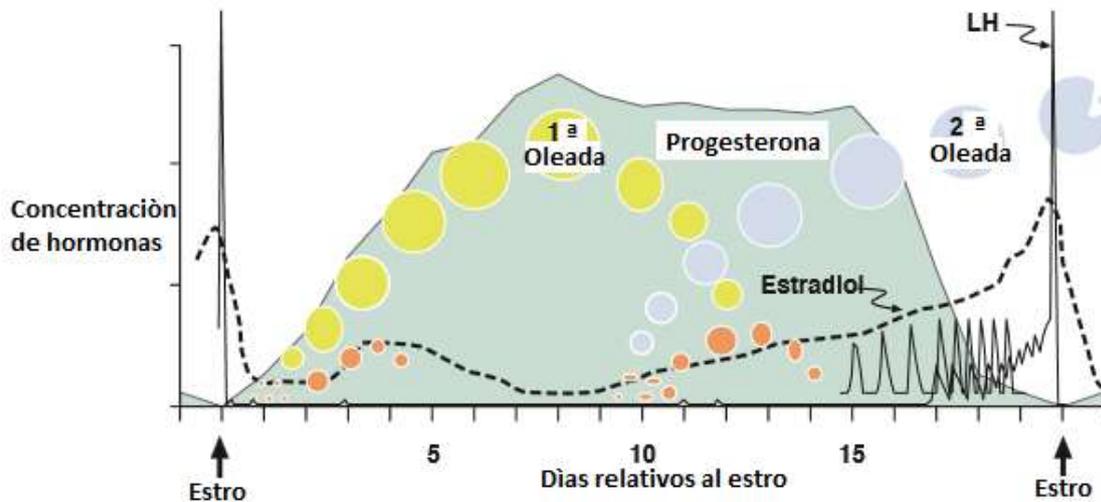


Fig. 10 Estro y ovulación en vacas

Fuente: Day, 2005.

Cuando se inicia un programa de sincronización en un grupo de vacas, generalmente su ciclo es aleatorio en cada uno de ellas, así como su etapa del ciclo estral es desconocida. La tarea del programa de control de estro es modificar esos componentes y hormonas hasta alcanzar el estro y la ovulación en un grupo de vacas al mismo tiempo (Day, 2005).

1.2.9. VACAS ANOVULARES (ANESTRO)

Un obstáculo importante para el éxito del control del estro dentro de todos los grupos de vacas postparto y vaquillas prepúberes, es el anestro, con la misma proporción para ambos estadios de las hembras. El anestro es un acontecimiento normal y que impide que las vacas lleguen a concepción por no tener la talla apropiada (vaquillas) o por alterar sustancialmente su intervalo de parto anual (vacas postparto) (Day, 2005).

El anestro es un fenómeno común en las vacas después del parto, vacas amamantando o en las vacas que sufren una privación dilatada de alimento y emaciación (balance energético negativo), así como en vacas que desarrollan quistes en los ovarios (Santos *et al.*, 2010).

Las vacas en anestro tienen folículos que no son capaces de secretar E₂ suficiente para aumentar la concentración plasmática necesaria que desencadene una oleada (pico) de GnRH y LH. En las primeras 4 a 8 semanas después del parto, la mayoría de vacas lecheras lactantes han alcanzado un balance de nutrientes y energía positiva y las modificaciones hormonales y metabólicas asociadas a este estatus positivo de energía favorecen la actividad ovárica. Las vacas en un mejor balance de energía tienen una secreción de LH mayor y desarrollan folículos que pueden alcanzar diámetros antrales superiores a 15 mm (Santos *et al.*, 2010).

La insulina juega un rol central en el control homeostático, y su concentración está relacionada positivamente con la ingesta de energía. Beam y Butler (1999) han reportado que la relación entre insulina, hormona del crecimiento y el día del nadir (punto más bajo) del balance energético influyen en el crecimiento folicular (Cavestany, 2010).

Gong *et al.*, (2002) demostraron que las dietas ricas en almidón, también llamadas dietas glucogénicas, aumentan las concentraciones de insulina en el comienzo de la lactación y aceleran la aparición de la primera ovulación postparto, sin embargo, se debe tener precaución con el exceso de carbohidratos fermentables ya que es sabido que el propionato es un potente agente hipofágico en los rumiantes (Allen *et al.*, 2009).

El diagnóstico de las vacas en anestro se establece por la ausencia de un CL en los ovarios de las vacas o también por las bajas concentraciones de P₄ en plasma o suero. Básicamente el diagnóstico se basa en la falta de actividad luteal. Para los veterinarios clínicos la ecografía es probablemente el método más práctico y preciso para detectar vacas en anestro (Bosques y Graves, 2010).

El tratamiento con 100 mg de GnRH induce la ovulación en más del 80% de las vacas anovulares. Por lo tanto, un método eficaz para inducir la ovulación y la formación de un CL en vacas en anestro es tratarlas simplemente con GnRH. Otra estrategia es suplementar con P₄. También, hay datos indicando que 50mg de GnRH pueden ser tan efectivos como 100mg, lo que bajará los costos. Es importante que cuando se trate con una dosis menor se use una aguja calibre 20 de 1½ pulgadas con el GnRH y que toda la dosis sea depositada en el animal (Bosques y Graves, 2010).

El tratamiento de las vacas en anestro con dispositivos intravaginales que contienen P₄ como el CIDR (liberación interna controlada de progesterona), es capaz de inducir la ciclicidad en las vacas en anestro (Santos *et al.*, 2010).

La proporción de hembras en anestro en el comienzo de su estación de cría anual puede ser entre el 20 % hasta el 70 %. Vaquillas que alcanzan la pubertad a los 12 a 15 meses de edad, y la duración de los rangos del anestro postparto es de 25 a más de 80 días (Day, 2005).

La figura 11 ilustra el anestro postparto en términos de desarrollo folicular y concentraciones de progesterona.

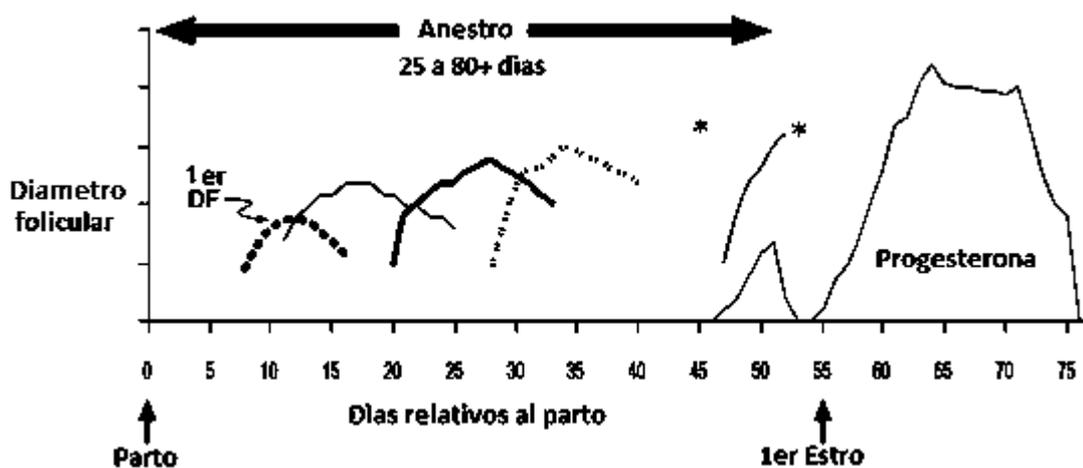


Fig. 11. Anestro postparto

Fuente: Day, 2005.

En la fig.11 se presenta un ejemplo con una vaca en un periodo de anestro de 55 días. Desde el parto hasta cerca del día 45, no existe progesterona en el sistema del animal, durante este tiempo, la hembra no está ovulando para formar un CL, por lo que la vaca no está teniendo ciclo estral, siendo este último la base para el término del anestro. En este periodo, casi siempre ocurren oleadas de desarrollo folicular sin haber ovulación. En el primer diámetro folicular se aprecia el crecimiento y atresia del primer folículo dominante de la primera oleada después del parto, otras oleadas de desarrollo folicular comienzan 7 a 14 días después del parto y continúa en aumento a través de la primera ovulación después del parto. La primera ovulación después del parto en este ejemplo ocurre en el día 45 y es indicado por el asterisco al final en el quinto diámetro folicular (Day, 2005).

1.2.10. Ciclo corto

En la fig.11 se observa también el incremento en progesterona después de la ovulación, y el intervalo a la siguiente ovulación (2do asterisco), que no es 21, pero solo cerca de 10 días. Este ciclo corto es también un acontecimiento normal en más del 80% de las vacas postparto a la primera ovulación después del parto y a la primera ovulación en vaquillas prepúberes. Algunas vacas (20 a 30 %) van a mostrar celo al comienzo del ciclo corto, sin embargo, vacas que son inseminadas o apareadas con el toro en este celo no quedaran preñadas. El propósito del ciclo corto es proporcionar un periodo de exposición de progesterona antes de la primera ovulación “normal” en el día 55. El periodo corto de progesterona expuesto es necesario para que el siguiente ciclo sea normal de 21 días. En los sistemas de control de estros designados a inducir ovulación en vacas postparto, es esencial que la vaca proporcione este corto periodo de progesterona expuesto antes del estro/ovulación en cada inseminación que ocurra. La tasa de concepción de las vacas que no tienen periodo de progesterona expuesto es de 0 % (Day, 2005).

1.2.11. Intensidad del anestro post-parto

Para iniciar el ciclo estral en vacas anéstricas, es complicado, ya que todas las vacas en anestro no responden igualmente a tratamientos designados a inducir el celo. Esta variación de vacas en anestro se describe por el concepto de “intensidad” de anestros (fig. 12) (Day, 2005).

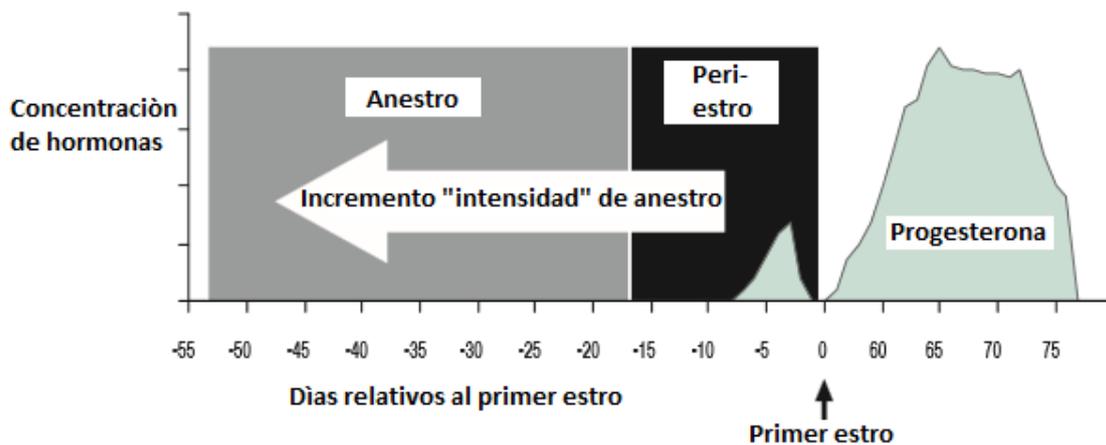


Figura 12. “Intensidad” de anestro postparto

Fuente: Day, 2005.

Para este concepto, las concentraciones de progesterona tienen que verse relativas a partir de los días del primer estro normal en vacas postparto. Vacas que están cerca de iniciar un ciclo estral normal (menos de 2 a 3 semanas-periestro) al empezar un programa de sincronización normal se cree que responden a muchos de los actuales programas de control de estro. Animales que son “intensos” en anestros (más de 2 o 3 semanas antes de su reanudación espontánea del ciclo estral-anestro) responden menos y requieren de un sistema más fuerte de control de estros para inducir el comienzo del ciclo (Day, 2005).

Dentro de un rebaño, la proporción de vacas en anestro que caen en cada una de esas categorías puede variar ampliamente dependiendo de la distribución de parto, edad de las vacas, genética, programa de nutrición, y otros factores. Es importante pronosticar aquellas vacas que son periestros y aquellas que son intensas en anestro, así como, determinar el grado de dificultad o si es imposible de iniciar un ciclo estral normal (Day, 2005).

Es difícil que los sistemas de control de estro induzcan a todas las vacas postparto en anestro a comenzar el ciclo estral, por lo que la estimulación necesaria para inducir una mayoría de vacas postparto en anestro al ciclo se resume en la fig. 13 (Day, 2005).

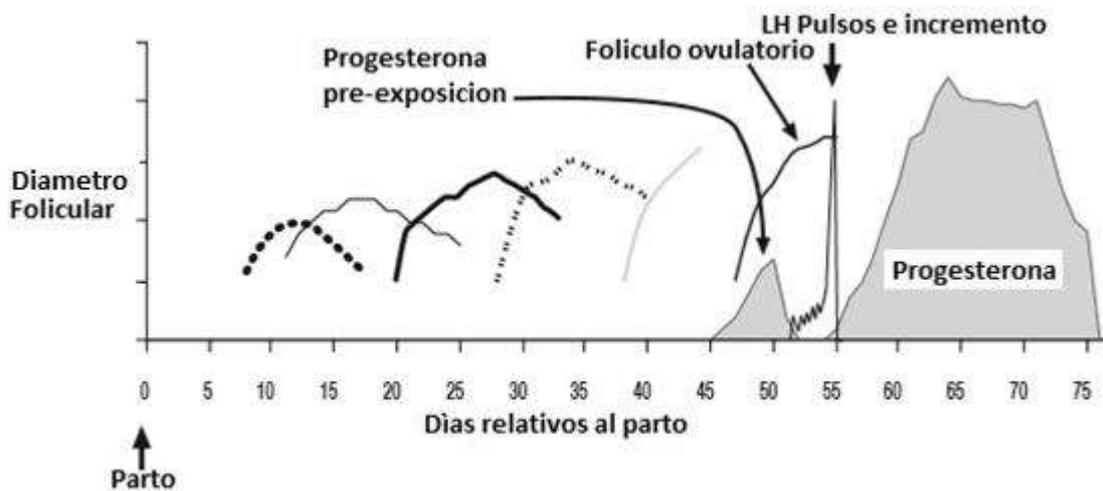


Figura 13. Requerimientos para inducir vacas en anestro al ciclo

Fuente: Day, 2005.

1.3.1. IMPORTANCIA DE LA SINCRONIZACIÓN

La cría de ganado productor de leche en México es una de las actividades más rentables en la actualidad, con una población nacional de 2 410289 cabezas de ganado Bovino productor de leche (Sagarpa, 2013).

Para considerar eficiente la actividad del ganado bovino productor de leche, es necesario que la vaca tenga un intervalo entre parto de 12 a 13 meses, es decir, que tenga un becerro por año y produzca gran cantidad de leche para su venta (Mexicano, 2009).

Se ha demostrado que las vacas preñadas sobreviven 420 días más comparadas con sus compañeras de grupo que están “abiertas” (no preñadas). Una vaca debe de preñarse 85 días postparto para poder alcanzar la producción óptima de leche; Se recomienda que estas vacas deben de parir cada 12.5 meses. Noventa por ciento de las vacas en un hato bien manejado deben demostrar celo a los 50 días postparto (Bosques y Graves, 2010).

La vaca lechera moderna produce 5,000 Kg de leche más por lactancia que la de hace 50 años, pero también tiene 30% menos fertilidad (González, 2012). Las causas principales de intervalos entre partos largos incluyen la detección pobre del periodo de celo, el esperar demasiado tiempo después del parto para inseminarlas nuevamente, y tazas bajas de concepción (Bosques y Graves, 2010). La reanudación del ciclo estral para el siguiente parto es importante para elevar la eficiencia reproductiva en cada año en cada temporada de parto en un rebaño (Rhodes *et al.*, 2003).

La sincronización del celo a través del uso de fármacos, ha sido usada para mejorar la eficiencia reproductiva en el ganado. Los protocolos para sincronización del celo estuvieron originalmente orientados hacia la disminución del tiempo empleado en la detección del celo, siendo este uno de los principales factores que causa mayores limitaciones en el rendimiento reproductivo del ganado bovino (Del valle, 2000).

Desde su inicio la sincronización del estro ha evolucionado como una herramienta de ahorro de trabajo y mano de obra para los productores, con el principal objetivo de obtener una mejora genética a través del uso de la inseminación artificial, la cual se ha vuelto esencial para el mejoramiento reproductivo de los hatos ganaderos (Mexicano, 2009).

Para sincronizar e inducir el celo, es necesario entender todo el ciclo estral de una vaca (Day, 2005).

1.3.2. OBJETIVOS DE LA SINCRONIZACIÓN

La sincronización del celo se ha desarrollado con el objetivo de mejorar la concepción, optimizar la (IA) y homogenizar los partos y ventas (Mexicano, 2009).

1.3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN

Tabla 5. Ventajas y desventajas de los protocolos de sincronización

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> -Disminución del tiempo dedicado a la detección del celo en los programas de IA. -Aminora el esfuerzo dedicado al parto, ya que el esfuerzo se concentra en un lapso de tiempo. -Permite que se dedique más tiempo a otras áreas de producción. -Hace más factible la IA, ya que reduce los problemas generales de manejo. -Agrupa la descendencia; el productor dispone para la venta de los lotes uniformes de becerros. -Mejora las prácticas de manejo, alimentación y salud. -Concentración de animales en estro en un corto periodo. -Racionalización de la IA. -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.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> -La fertilidad ha sido baja (13 a 45 %). La mayoría de los ganaderos esperan y deben obtener más del 50% de concepción al primer servicio. -Costo, no debe exceder de 5 a 10 dólares estadounidenses por cabeza. -Durante estos días, la concentración del trabajo hace necesarios a los empleados, desatendiendo sus ocupaciones ordinarias. -El problema que representa el que un gran número de vacas llegue al parto en forma simultánea.

Fuente: Becaluba, 2007 y Mexicano, 2009.

1.3.4. FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE LA SINCRONIZACIÓN DEL CELO

Estímulos endógenos, principalmente a través de las variaciones en las concentraciones sanguíneas de determinadas hormonas sexuales, así como efectos exógenos, por ejemplo, nivel nutricional, luz, temperatura ambiental, bioestimulación, ejercen un efecto positivo o negativo sobre la producción y liberación de ciertas hormonas (López, 2014).

Los resultados reproductivos en aquellos programas que no utilicen la inseminación a tiempo predeterminado, dependerán del protocolo de sincronización, la ciclicidad y fertilidad del rebaño, estado nutricional, genotipo, docilidad del rebaño, semen a utilizar, técnico inseminador y de la habilidad en la detección del celo (Odde, 1990).

El costo del programa dependerá de los productos a utilizar, las facilidades para el manejo del rebaño y la docilidad del mismo. En vacas o en novillas, el factor limitante para el éxito del programa de sincronización es el porcentaje de hembras ciclando. Un factor que se debe tener en cuenta, es el amamantamiento, ya que las vacas amamantando tienen su ciclicidad comprometida (Odde, 1990).

La superficie de los pisos, la segregación de las hembras en grupos de alimentación, corrientemente el aumento en la frecuencia de ordeñas y la rutina en el suministro de alimentos, contribuyen a dificultar la conformación de grupos sexualmente activos (GSA) en los animales y con ello las posibilidades de observar la actividad de monta por el personal responsable (Contreras *et al.*, 1999).

1.3.5. NUTRICIÓN

El estado nutricional está relacionado con la ciclicidad de las hembras tratadas, de manera tal que manteniendo un buen aporte nutricional, se garantiza un mayor número de hembras ciclando (Mexicano, 2009).

1.3.6. CONDICIÓN CORPORAL

La condición corporal es una evaluación subjetiva de la grasa que cubre la región lumbar y la pelvis. Se ha encontrado que un balance energético positivo, una mayor ganancia de peso y una mejor condición corporal se correlaciona positivamente con las concentraciones de progesterona en plasma en lactación temprana; Teniendo en cuenta que valores iguales o mayores a 1 mg/ml son indicadores de ciclicidad (Mexicano, 2009).

Los ciclos estrales se pueden mantener si la calificación de la condición corporal es de 3 a 3.5 puntos en una escala del 1 al 5. Por otro lado el balance energético negativo es la más importante limitante para desarrollar el patrón pulsátil de LH requerido para la primera ovulación (Mexicano, 2009).

1.3.7. AMAMANTAMIENTO Y DESTETE

El amamantamiento retarda la liberación de hormonas para el reinicio del ciclo estral después del parto, por lo que las vacas que pierden su cría al nacimiento, entran en celo más pronto que las que están amamantando. Retrasar el amamantamiento 8 horas después del ordeño produce beneficios en el intervalo parto-primero estro, en la proporción de vacas que ovulan y en la producción de leche total en los primeros 100 días después del parto, y no afecta negativamente el crecimiento del becerro, la producción de leche ordeñada o el peso corporal maternal (Mexicano, 2009).

1.3.8. CLIMA

Las temperaturas elevadas también se han asociado con un descenso en la eficiencia reproductiva en las especies domésticas, tal es el caso de ganado lechero que habita en regiones tropicales donde está sujeto a tensión térmica en forma crónica durante todo el año (Mexicano, 2009).

1.3.9. DETECCIÓN DEL CELO

En las ganaderías de leche, la fertilidad de las vacas en lactancia es particularmente baja debido a la escasa eficiencia en la detección de celos y a la baja fertilidad de los mismos (Cutaia y Gabriel, S/F).

Debido a que los ganaderos sólo detectan el 50% de los celos que se presentan en un hato, es necesario aplicar los programas para la regulación del ciclo estral que hacen posible la sincronización del celo y la inseminación de los animales a un tiempo predeterminado (Iñiguez, 2014).

Las vacas muestran el celo con mayor frecuencia durante la noche y las primeras horas de la mañana. Lo ideal es observar durante 20 minutos tres veces al día en las primeras horas de la mañana, al medio día y por las últimas horas de la tarde. Es indispensable contar con un buen sistema de identificación y un buen sistema de registros. La aplicación de una buena técnica de detección de celos es esencial para el éxito de la inseminación artificial (Iñiguez, 2014).

1.3.10. MECANISMOS QUE SE MANIPULAN PARA LA SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO

Tabla 6. Sitio de producción y disponibilidad comercial de hormonas usadas para el control del estro.		
Glándula	Hormona (Abreviación)	Productos Comerciales
Hipotálamo	Hormona liberadora de Gonadotropina (GnRH)	Cystorelin®, Factrel®, Fertagyl®, OvaCyst®
Hipófisis	Hormona Luteinizante (LH)	Hormona luteinizante porcina (pLH).
	Hormona Foliculo estimulante (FSH)	Folltropin®
Ovario		
- Folículos	Estradiol (E ₂)	-Estradiol-17β -Benzoato de estradiol (BE). -Cipionato de estradiol (CPE). -Valerato de estradiol (VE).
- Cuerpos lúteos (CL)	Progesterona (P ₄)	-Acetato de Melengestrol (MGA®) -Dispositivo Intravaginal liberador de Progesterona (CIDR®)
Útero	Prostaglandina (PGF _{2α})	-Lutalyse® -Estrumate® -ProstaMate® -In Sync®

Fuente: Day, 2005 y Colazo *et al.*, 2007.

Las hormonas enlistadas en la tabla 4 influyen en la secreción de otras hormonas y en la función de los componentes del sistema reproductivo ocasionando un control del estro, ovulación, formación y regresión del cuerpo lúteo, y el crecimiento de folículos en los ovarios. El objetivo de los sistemas de control del estro es que todos esos cambios fisiológicos ocurran en todos los animales al mismo tiempo para la sincronización de los mismos y utilizar la IA (Day, 2005).

1.3.11. PROGRAMAS DE SINCRONIZACIÓN DE HATOS

Los sistemas de control de estros son usados para sincronizar e inducir el celo a través de la manipulación de varios componentes del ciclo estral (Day, 2005). Los programas de sincronización de celo y ovulación, utilizan una variedad de hormonas inyectables y una variedad de períodos de tiempo, los cuales representan alternativas que varían en costos y beneficios, y están disponibles para los productores (Bosques y Graves, 2010).

1.3.12. PROGRAMAS DE INYECCIÓN DE PROSTAGLANDINAS

Las $PGF_{2\alpha}$ pueden ayudar a formar grupos de animales que caigan en celo a la misma vez. La detección de celo debe ser eficiente para que estos programas sean exitosos (Bosques y Graves, 2010).

A pesar de que la $PGF_{2\alpha}$ es el tratamiento más utilizado para la sincronización del celo en bovinos, tiene algunas limitaciones importantes (Colazo et al., 2007); los animales deben estar ciclando para que las prostaglandinas funcionen ya que requieren de un CL funcional en el ovario para que el animal responda (Bosques y Graves, 2010).

La $\text{PGF}_{2\alpha}$ no es efectiva para la inducción de la luteólisis hasta unos 5 ó 6 días después del celo y si el tratamiento se administra cuando el ciclo estral está avanzado, puede que la luteólisis ya haya comenzado por la acción de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ endógena. Cuando se induce la luteólisis con un tratamiento de $\text{PGF}_{2\alpha}$, el comienzo del estro se distribuye en un periodo de 6 días. Esta variación se debe al estado del desarrollo folicular al momento del tratamiento (Colazo et al., 2007).

1.3.13 Sincronización del celo con $\text{PGF}_{2\alpha}$

Este consiste en provocar la regresión temprana del CL, mediante la inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$. La inyección termina con la fase luteal, inicia entonces una nueva fase folicular, la vaca aparece en celo dos o tres días más tarde y puede ser inseminada 12 horas después del inicio del celo (Iñiguez, 2014).

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
$\text{PGF}_{2\alpha}$		Celo	I.A.

Fig. 14. Sincronización del celo

Fuente: Iñiguez, (Iñiguez, 2014).

Para que esto suceda, la vaca debe estar entre los días 6 y 16 del ciclo y debe tener un CL maduro. Cuando una vaca es tratada durante los primeros 5 días del ciclo, la $\text{PGF}_{2\alpha}$ no hará ningún efecto y se desarrollará un CL normal. Se necesita entonces una segunda inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$ once días después cuando esté presente un CL maduro. La vaca puede ser inseminada a celo observado o a tiempo fijo 72 horas después de la segunda inyección. Vacas que se encuentren en anestro, la inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$ no causará ningún efecto (Iñiguez, 2014).

1.3.14. Programa con 2 dosis de prostaglandinas

Con un intervalo de 10 u 11 días entre dosis, teóricamente todas las vacas deberían tener un CL que responda a la $\text{PGF}_{2\alpha}$ en el segundo tratamiento y la manifestación de celos se agruparía en un periodo de 3 a 5 días. Sin embargo, la concepción es más elevada con un intervalo de 14 días porque es más probable encontrar un folículo dominante en ese momento. Se recomienda inseminar a todos aquellos animales que presenten celo después del primer tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ y tratar con la segunda dosis de $\text{PGF}_{2\alpha}$, solamente a los animales que no presentaron celo. Los bovinos inyectados con $\text{PGF}_{2\alpha}$ en diestro avanzado tienen una respuesta de celo mayor y tasas de concepción más elevadas que los animales inyectados durante el diestro temprano o medio (Colazo *et al.*, 2007).

1.3.15. Programa con detección de celo

Otro método consiste en detectar celo e inseminar a los animales durante aproximadamente 5 días, tratar con $\text{PGF}_{2\alpha}$ a aquellos animales no detectados en celo y continuar con la detección de celos e IA por 5 - 6 días más. Aunque este método incrementaría el tiempo utilizado en la detección de celos, tendría varias ventajas. La primera es que permite monitorear la actividad sexual del rodeo antes de la administración de $\text{PGF}_{2\alpha}$. Segundo, permite un uso más efectivo de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ porque se evita tratar animales que estarían en el comienzo o final del ciclo estral (Colazo *et al.*, 2007).

1.3.16. Programa con palpación rectal

El tercer método utilizado por los veterinarios es el que combina palpación rectal de las estructuras ováricas y el tratamiento con $\text{PGF}_{2\alpha}$ a aquellos animales que presentan un CL funcional. Aunque este método, como el anterior, permitiría un uso más efectivo de la $\text{PGF}_{2\alpha}$, los resultados han sido variables, particularmente debido a la gran variación entre veterinarios en determinar la presencia de un CL funcional. La fertilidad del celo inducido al administrar un análogo sintético de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ en novillas lecheras con CL palpable ha sido similar al logrado con un celo natural y esto ha sido recientemente confirmado en vacas lecheras (Colazo *et al.*, 2007).

Estos programas pueden ser usados en vacas o en novillas, a diferencia de los programas de sincronización de ovulación, los cuales trabajan mejor en vacas (Colazo *et al.*, 2007).

Los programas de inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$ requieren una detección de celo, este es el primer paso al intentar preñar un animal. Las vacas solo muestran signos de celo de 3 a 5 minutos a la vez durante el periodo de estro; Al aumentar el número de vacas en celo, el número de montas por periodo de celo también aumenta, así al crear grupos de animales con celos sincronizados aumenta la actividad de monta (Bosques y Graves, 2010).

Tabla 7. Montas por periodo de celo según el número de vacas que entran en celo

Vacas en Celo	Montas/Periodo de celo
1	12
2	36
3	53

Fuente: Bosques y Graves, 2010.

1.3.17. PROGRAMAS CON PROGESTÁGENOS

Los progestágenos alteran la función ovárica suprimiendo el estro y evitando la ovulación, la P₄ reduce la frecuencia de los pulsos de LH, lo cual a su vez suprime el crecimiento del folículo dominante según la dosis. El acetato de Melengestrol (MGA) es menos efectivo que la P₄ nativa para suprimir la LH. Es importante destacar que la P₄ no suprime la secreción de FSH, por lo tanto, las ondas foliculares siguen emergiendo en presencia de un CL funcional. A pesar de que los progestágenos administrados por intervalos mayores a la vida del CL (es decir, >14 días) resulta en un celo sincrónico al retirarlas, sin embargo, la fertilidad en el próximo celo es baja (Colazo *et al.*, 2007).

Debido a que algunos tipos y dosis de progestágenos utilizados para controlar el ciclo estral en bovinos suelen ser menos eficaces que la endógena (de un CL) en la supresión de secreción de LH, la alta frecuencia de pulsos de LH que resulta del mal funcionamiento de algunos progestágenos análogos, ocasiona el desarrollo de folículos “persistentes” que contienen ovocitos envejecidos que llevan a una baja fertilidad, sin embargo, el dispositivo CIDR (dispositivo Intravaginal con 1.9 gr de P₄) ha sido aprobado en varios países para la sincronización de celo en vaquillonas. Las instrucciones recomendadas en la etiqueta (para IA) establecen que el CIDR debería permanecer en la vagina durante 7 días, la PGF_{2α} se administra 24 horas antes de la remoción del CIDR y la detección de celo comienza 48 horas después de la remoción del CIDR, después de un breve período de tratamiento (7 días), el problema de los folículos persistentes se reduce. Los CIDR pueden ser utilizados en diferentes tratamientos para sincronizar el desarrollo folicular y la ovulación (Colazo *et al.*, 2007).

D	PGF _{2α} L	M	M	J	V	S	
		Tail stripe (chalk/Saint) and AI = Marcado de cola el IA					
D	L	M	M	J	V	S	
D	PGF _{2α} L	M	M	J	V	S	
		Tail stripe (chalk/Saint) and AI = Marcado de cola el IA					
D	L	M	M	J	V	S	
D	PGF _{2α} L	M	M	J	V	S	
		Tail stripe (chalk/Saint) and AI = Marcado de cola el IA					
D	CIDR® L + GnRH	M	M	J	V	S	
D	CIDR® L out + PGF _{2α}	M	GnRH (pm)	IATF (am)	J	V	S

Fig. 15. PGF_{2α} + CIDR® Synch

Fuente: DeJarnette y Nebel, S/F.

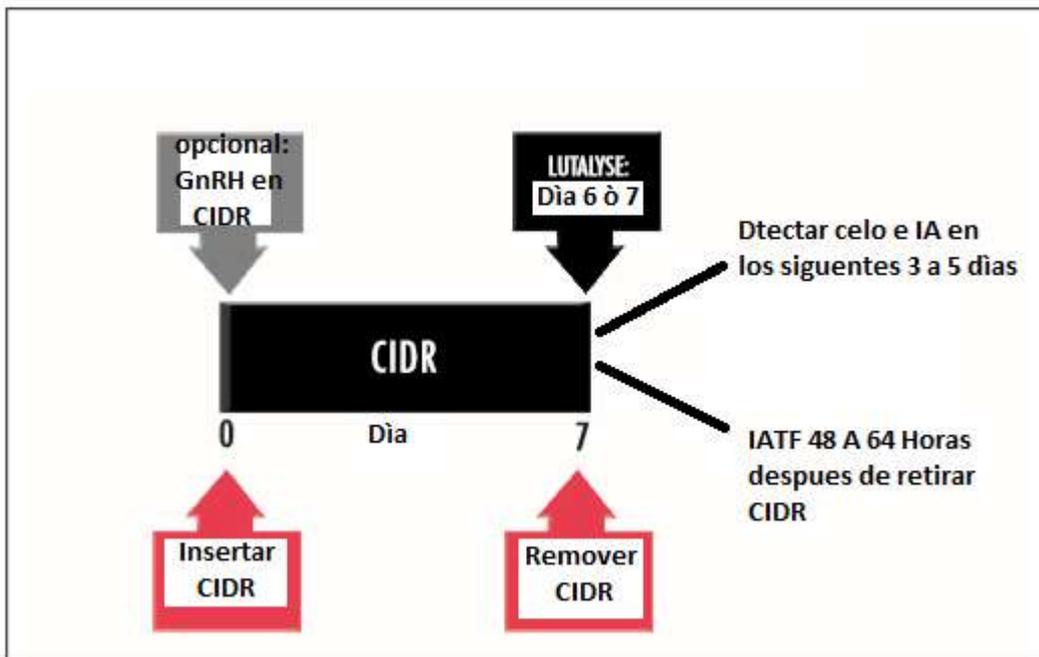


Fig. 16. Programa con CIDR

Fuente: DeJarnette, S/F.

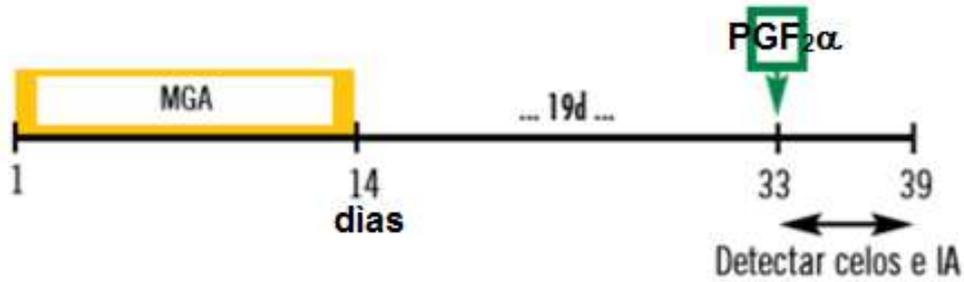


Fig. 17. Programa con MGA y PGF_{2α}

Fuente: Sires, 2008.

1.3.18. PROGRAMAS CON PROGESTERONA Y ESTRADIOL

Antes del advenimiento de la PGF_{2α}, el estradiol se administraba (cerca del comienzo de un tratamiento con progestágeno de corta duración) para inducir la liberación endógena de PGF_{2α} y la luteólisis, la probabilidad del desarrollo de un folículo persistente se redujo y a pesar de que las tasas de preñez variaron ampliamente (33 a 68%), los resultados han sido en general aceptables. Generalmente estos tratamientos resultan en preñeces en bovinos prepúberes o posparto anovulatorios, especialmente si están cercanos a iniciar la ciclicidad en forma espontánea. Las malas tasas de preñez se atribuyen generalmente a la mala condición corporal o a los intervalos posparto. (Colazo *et al.*, 2007).

Se ha demostrado que otro beneficio del E₂ en protocolos breves con progestágeno es la regresión folicular, seguida de la emergencia de una nueva onda folicular, el mecanismo incluye la supresión de las concentraciones circulantes de FSH. El tratamiento con un E₂ de corta acción (Ej., estradiol -17 β) en vacas tratadas con progestágeno, es seguido de la emergencia de una nueva onda folicular 3 a 5 días más tarde, sin importar el estadio del ciclo estral al momento del tratamiento. En programas de sincronización de celo, una dosis más baja, generalmente 1 mg de E₂, se administra 24 horas después de la remoción del progestágeno, esto sincroniza un pico de LH aproximadamente 16 a 18 horas después del tratamiento, y la ovulación, aproximadamente 24-32 horas después del pico de LH; La IATF suele realizarse unas 30-34 horas después del segundo tratamiento con E₂. A pesar de que algunos bovinos muestran celo dentro de las 12 horas después del tratamiento con E₂, no hay motivos para inseminar a esos animales antes de la IATF planeada (Colazo *et al.*, 2007).

El cipionato de estradiol (CPE) y el valerato de estradiol (VE) en dosis bajas de 0,5 o 1 mg, combinados con progestágenos, podrían ser eficazmente utilizados en protocolos de IATF en vaquillonas productoras de carne así como de leche (Colazo *et al.*, 2007).

1.3.19. PROGRAMAS CON GnRH

La GnRH sintética estuvo disponible en la década de 1970 como tratamiento para quistes foliculares. En bovinos con un folículo dominante en crecimiento (al menos 10 mm en diámetro), el tratamiento con GnRH induce la ovulación con la emergencia de una nueva onda folicular aproximadamente 2 días después del tratamiento, el tratamiento con PGF_{2 α} 6 o 7 días después de la GnRH resulta en la ovulación del nuevo folículo dominante, especialmente cuando se administra una segunda inyección de GnRH 36-48 horas después de la PGF_{2 α} (Colazo *et al.*, 2007).

1.3.21. Uso de progestágeno y GnRH para inducir la ovulación

La propuesta alternativa es usando GnRH y proporcionar la pre-exposición de progesterona administrando un progestágeno directamente, ya sea, a través de la comida (MGA) o insertado Intravaginal (CIDR). Este método es más predecible, pues éste es 100% liberador de P4 en todas las hembras. El número de vacas que ovulan al retirar el progestágeno, puede incrementarse substancialmente por proporcionar un estímulo para incrementar la LH; Esto se consigue en algunos sistemas actuales con una inyección de GnRH 3 días después de retirar el progestágeno (Figura 19) (Day, 2005).

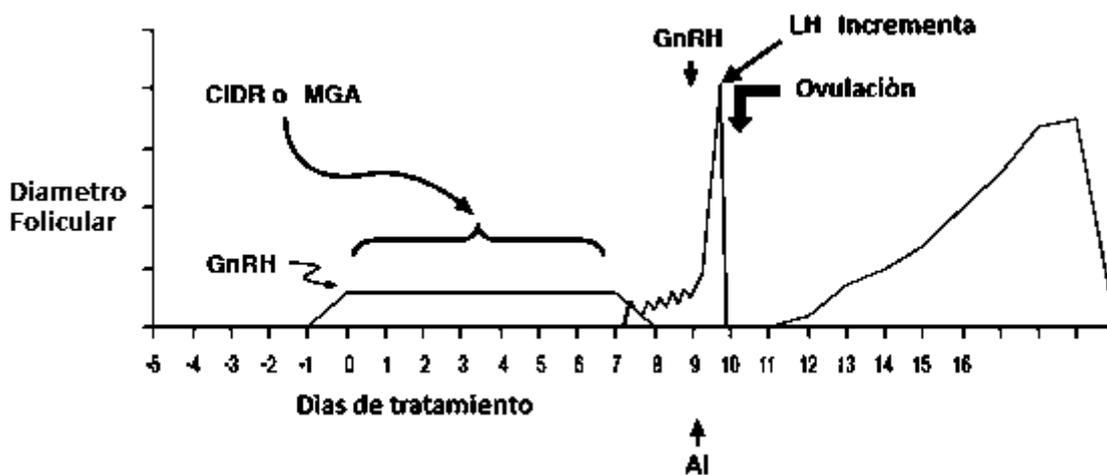


Figura 19. Uso de Progestágeno y GnRH para inducir la ovulación

Fuente: Day, 2005.

Esta es la herramienta más fuerte disponible que induce vacas en anestro a reanudar o continuar el ciclo estral y vaquillas a alcanzar la pubertad. Con esta secuencia, las hembras pueden ser inseminadas al inducir la ovulación en 8 o 10 días con una expectativa razonable para ser preñadas (Day, 2005).

Se han utilizado diversos tratamientos hormonales para tratar vacas en anestro, los que mayor suceso han logrado son aquellos que combinan el uso de progestágenos con E2 o GnRH (Carbajal *et al.*, 2005).

1.3.22. PROGRAMAS CON GnRH y PGF_{2α}

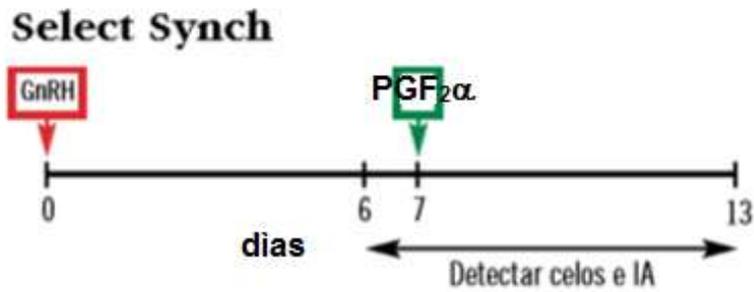


Fig. 20 Sincronización con detección de celos

Fuente: Sires, 2008.

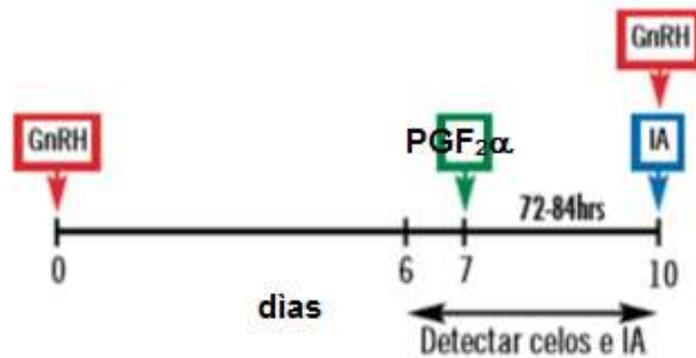


Fig.21 Sincronización con detección de celos e IATF

Fuente: Sires, 2008.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
S1	9:00 A.M. GnRH 100 microgramos						
S2	9:00 A.M. PGF _{2α}		5:00 P.M. GnRH 100 microgramos	9:00 A.M. IATF			

Fig. 22. Sincronización de la Ovulación (Ovsinch 56)

Fuente: Iñiguez, 2014.

El programa (Ovsinch 56) sincroniza el momento de la ovulación y permite inseminar a las vacas a una hora determinada sin necesidad de detectar celo, funciona muy bien en vacas Holstein; Solo el 30 % de las vacas sincronizadas con este método muestran signos de celo, pero todas deben ser inseminadas en el momento predeterminado en el programa, algunas vacas entran en celo antes de terminar el programa, entre los días 5 y 7 después de la primera inyección de GnRH, estas vacas se deben inseminar de acuerdo con el método AM-PM, se les aplica GnRH al momento de la inseminación para asegurar la ovulación y aumentar la posibilidad de éxito (Iñiguez, 2014).

D	PGF _{2α}	L	M	M	J	V	S
D		L	M	M	J	V	S
D	PGF _{2α}	L	M	M	J	V	S
D		L	M	M	J	V	S
D	GnRH	L	M	M	J	V	S
D	PGF _{2α} (pm)	L	M	GnRH (pm)	IATF (am)	J	V

Fig. 23. PreSynch (14/14) + OvSynch

Fuente: DeJarnette y Nebel, S/F.

D	PGF _{2α}	L	M	M	J	V	S
D		L	M	M	J	V	S
D	PGF _{2α}	L	M	M	J	V	S
D		L	M	M	J	V	S
D	GnRH	L	M	M	J	V	S
D	PGF _{2α}	L	M	M	GnRH + IATF	J	V

Fig.24. PreSynch (14/14) + CoSynch72

Fuente: DeJarnette y Nebel, S/F.

1.3.23. ¿CUÁL PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS SE DEBE ESCOGER?

Al escoger un protocolo de sincronización de celos, hay un número de cuestiones a considerar incluyendo si se desea detectar los celos e ir inseminando con la regla AM/PM; si se desea en cambio inseminar a un tiempo predeterminado (IATF) o bien detectar celos por unas 72 a 84 horas (dependiendo del protocolo) y luego inseminar a tiempo fijo las que no hayan sido detectadas. Existe una planilla con los diferentes protocolos de sincronización tanto para vacas como para novillas, que aparece en los catálogos de toros de las principales compañías de IA, y en ella, hay protocolos para cada uno de los escenarios descritos arriba. Otros temas a considerar son: la proporción de vacas que se encuentran ciclando, así como el tiempo y trabajo necesario y costo de los protocolos (Cavazos, 2011).

Si un número significativo de hembras no se encuentran ciclando al momento de iniciar el programa de sincronización, será necesario utilizar algún protocolo basado en progestágenos, dos productos a base de progestágenos que están disponibles en el mercado para sincronización son: el MGA y el CIDR, una de las ventajas del tratamiento a base de progestágenos es que una proporción de las becerras prepúberes y de las vacas paridas acíclicas, serán inducidas a iniciar sus ciclos estrales. En becerras que están ciclando, el uso del MGA o del CIDR no afecta el tiempo de regresión del CL, sin embargo, una vez que el CL ha sufrido regresión, el uso de progestágenos puede inhibir la presentación de celo y la ovulación en becerras o vacas, consecuentemente, la administración de progestágenos a vacas que ya han sufrido la regresión del CL, va a retrasar la expresión de celo y la ovulación hasta después de que el progestágeno sea retirado (Cavazos, 2011).

Al inicio de la temporada de empadre, la mayoría de los hatos están formados por una mezcla de hembras ciclando y de hembras en anestro. Un protocolo de sincronización efectivo deberá ser capaz de inducir el celo y ovulación fértil tanto en hembras cíclicas como en las que están en anestro (Cavazos, 2011); En la mayoría de los rebaños, se dificulta identificar hembras ciclando y hembras en anestro individualmente, por lo tanto, si la sincronización del rebaño entero es el objetivo, se seguirá una única secuencia de tratamientos, o quizá, un designado para vacas ciclando y otro para vacas en anestros, con el fin de provocar en todas esas hembras el estro y la ovulación en un mismo día para ser inseminadas, o sobre unos 3 a 5 días para inseminación en base a detección de celo (Day, 2005).

1.3.24. CRITERIO PARA NOVILLAS

Si se está trabajando con novillas, estas deben tener al menos 60% de su peso adulto cuando se inseminen a los 15 meses de edad. Esto permitirá que estas tengan el parto a los 2 años de edad. Las novillas son los animales más fértiles en el hato y deberían inseminarse artificialmente utilizando semen de sementales genéticamente superiores y seleccionar aquellos toros conocidos por su producción de partos fáciles. Toros con una tasa de preñez baja en su inventario de semen pueden funcionar mejor en aquellos animales con alta fertilidad como lo son las novillas (Bosques y Graves, 2010).

Las novillas que van a ser utilizadas con fines de cría, no deben haber recibido implantes promotores del crecimiento ya que el aplicar implantes de ese tipo a becerras en sus primeros 30 días de vida, afecta la función uterina y las subsecuentes tasas de preñez en ellas (Cavazos, 2011).

Por lo menos el 50% de las novillas deberán tener un puntaje de 3 a 3.5 en la clasificación de su tracto reproductivo, unas 6 semanas antes del período de empadre. El puntaje asignado al tracto reproductivo (RTS, por sus siglas en inglés) es una medida subjetiva para evaluar la madurez sexual de las novillas, que generalmente es practicado por un veterinario unas 4 a 6 semanas antes del inicio del empadre. El puntaje se obtiene por medio de palpación rectal y se basa en el grado de desarrollo del útero y el estado de los ovarios (tamaño del folículo dominante y la presencia o ausencia de un CL); A cada novilla se le clasifica con un puntaje de 1 a 5 (1= inmadura y 5= presencia de CL) de tal modo que un RTS de 1 se refiere a una novilla aún prepúber, si el puntaje es de 2 a 3 se refiere a novillas ya entrando a la pubertad (en estado de transición) mientras que el 4 y 5 son novillas que se encuentran ciclando, ya en plena pubertad. En la Tabla 2 se describen las dimensiones del útero y de los ovarios para cada uno de los puntajes del RTS (Cavazos, 2011).

Tabla 8. Descripción de las diferentes medidas del útero y ovarios para los distintos puntajes del tracto reproductivo (RTS).

RTS	Cuernos uterinos Diámetro en mm	Longitud del Ovario en mm	Altura del Ovario en mm	Anchura del Ovario en mm	Estructuras en el Ovario
1	Inmadura <20 mm, no tono	15	10	8	No hay folículos palpables
2	20 – 25 mm No tono	18	12	10	Folículos de 8 mm
3	20 – 25 mm Tono ligero	22	15	10	Folículos de 8 a 10 mm
4	30 mm Buen tono	30	16	12	Folículos de > 10 mm, posible CL
5	> 30 mm	> 32	20	15	CL presente

Fuente: Cavazos, 2011.

La regla AM-PM para inseminar las vaquillas tal vez no es la mejor estrategia para conducir la IA en vaquillas de leche. Los programas de servicio controlado en vaquillas mejoran la eficiencia en la detección de celos y mano de obra asociada con la detección de celos e IA (Fricke, 1997).

1.3.25. CRITERIO PARA VACAS PARIDAS

Para incrementar el número de vacas ciclando al inicio del empadre, las vacas deberán haber parido sin dificultad, estar en buena condición corporal al parto, estar sanas y que se les haya permitido un adecuado periodo de recuperación desde el parto hasta el inicio del programa de empadre. Condición corporal al parto ≥ 5 (Siendo 1= muy delgada y 9 = obesa); Si el protocolo de sincronización que se empleara incluye la administración de un CIDR, las vacas deberán tener un mínimo de 21 días de paridas al momento de recibir el CIDR y 3 Baja incidencia de distocias, ya que los partos difíciles prolongan el intervalo postparto requerido por la vaca (Cavazos, 2011).

1.3.26. VACUNAS PREVIAS AL EMPADRE

Enfermedades que afectan la reproducción, como la *Diarrea viral bovina* (BVD), *Vibriosis*, *Leptospirosis*, y la *Rinotraqueitis infecciosa bovina* (IBR) pueden inducir abortos en el ganado y disminuir la rentabilidad.

- Las becerras deben ser vacunadas a los 2 o 3 meses de vida y al momento del destete.
- Tanto vacas como novillas deben recibir una dosis de refuerzo unos 30 días antes del empadre.

Animales que no hayan sido vacunados previamente, no deben ser vacunados ya cerca del periodo de empadre (Cavazos, 2011).

2. CONCLUSIONES

La sincronización del estro en bovinos productores de leche, tiene como principal objetivo mejorar la concepción, optimizar la IA y homogenizar los partos y ventas a través de la manipulación de varios componentes en las funciones del ciclo estral, ocasionando un control del celo, ovulación, formación y regresión del cuerpo lúteo y el crecimiento de folículos en los ovarios de manera que todos esos cambios fisiológicos ocurran en todos los animales al mismo tiempo para la sincronización de los mismos y utilizar la inseminación artificial.

En el caso de los bovinos productores de leche, el principal propósito es destetar un becerro por año y mantener una alta producción de leche durante todo el año, así como reanudar el ciclo estral en cada parto para elevar la eficiencia reproductiva en cada temporada de parto.

Un protocolo de sincronización del estro debe producir un estro fértil y una alta respuesta de sincronización, por ello es indispensable la sincronización del celo así como el sincronizado de las ondas foliculares para que exista un ovulo maduro a la hora de la inseminación.

Factores como el nivel nutricional, luz, temperatura ambiental, bioestimulación, costos, amamantamiento y detección de celos ejercen un efecto positivo o negativo sobre los programas de sincronización.

Para elegir un programa de sincronización se deben tomar en cuenta algunos factores importantes; mano de obra, detección de celos y disponibilidad de tiempo para llevar a cabo los procedimientos de los programas, para ello, existen programas de sincronización del celo y ovulación, que utilizan una variedad de hormonas inyectables y una variedad de períodos de tiempo, los cuales representan alternativas que varían en costos y beneficios y que están disponibles para los productores.

3. BIBLIOGRAFIA

Allen, M.S, Bradford, B.J and Oba, M. 2009. Board invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. [En línea] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19648500> Consulta: [14 de enero del 2015].

Beam, S.W and butler, W.R. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. J. Reprod. Fétil. [En línea] Disponible: en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10692872> [Consulta: 27 de enero del 2015].

Becaluba, F. 2007. Métodos de sincronización de celos en bovinos. [En línea] disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/genetica/articulos/metodos-sincronizacion-celos-bovinos-t1678/p0.htm> [consulta: 15 de enero del 2015].

Bosques, M. H. J. y Graves, W. M. 2010. Programas de Sincronización de Hatos. Pdf. [En línea] The University of Georgia. Disponible en: <http://athenaeum.libs.uga.edu/bitstream/handle/10724/11989/B1227-SP.pdf?sequence=1> [Consulta: 31 de enero del 2015].

Carbajal, B; Castro, T. y Rubianes, E. 2005. Uso de un dispositivo Intravaginal liberador de progesterona y benzoato de estradiol en animales en anestro y ciclando en rodeos lecheros de parición estacionada. Universidad de la República Oriental del Uruguay. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/62-dispositivo_intravaginal.pdf [consulta: 20 de noviembre del 2014].

Cavazos, G. F. 2011. Puntos clave para un programa exitoso de sincronización e inseminación artificial. ABS México Disponible en: <http://absmexico.com.mx/docs/puntoscla.pdf> [consulta 16 de enero del 2015].

Cavestany D. 2010. Inducción de celos e inseminación artificial en vacas de leche en anestro. Una nueva aproximación a un viejo problema. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/173-induccion_celos.pdf [consulta: 31 de enero del 2015]

Colazo, M.G; Mapletoft, R.J; Martínez, M. F; Kastelic, J. P. 2007. El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas. Pdf. La pampa, República Argentina. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/178-sincronizacion_4-19.pdf [Consulta 07 de febrero del 2015].

Contreras, n; Letelier, M. V; Saravia, F; Santa María, A. MV; Lobos, A. M. V; Recabarren, S. 1999. Sincronización de estros con GnRH y Prostaglandina F_{2a} en vacas Holstein Friesian en confinamiento. Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301732X1999000100002 [consulta 12 de febrero del 2015].

Cutaia, E. L y Gabriel A. B. S/F. Uso de la tecnología de IATF en rodeos lecheros. 1 Instituto de Reproducción Animal Córdoba (IRAC), 2Universidad Católica de Córdoba, 3Syntex SA. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/101-iatf_en_rodeos_lecheros.pdf [Consulta 10 de febrero del 2015].

Day, L. M. 2005. Handbook of Estrous Synchronization. Pdf. Ohio Agricultural Research and Development Center The Ohio State University. Disponible en: www.oardc.ohio-state.edu/estroussynch [consulta: 15 de noviembre del 2014].

DeJarnette M. S/F. OvSynch, co-synch, PreSynch and kitchen synch: How did breeding cows get so complicated? [En línea] disponible en: http://www.selectsires.com/programs/docs/ovsynch_cosynch_presynch.pdf [consulta 12 de Febrero del 2015].

DeJarnette, M y Nebel, R. 2011. Anatomía y Fisiología de la Reproducción Bovina. [En línea] disponible en: http://www.selectsires.com/dairy/spanresources/reproductive_anatomy_spanish.pdf [consulta 11 de febrero del 2015].

DeJarnette, M y Nebel, R. S/F. Protocolos de sincronización para vacas lecheras. [En línea] disponible en: www.selectsires.com/dairy/spanresources/0708_spanish_dairycow.pdf [consulta 12 de febrero del 2015].

Del Valle, D. T. 2000. Protocolos para la sincronización del celo y la ovulación en bovinos. [En línea] disponible en: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/libro_reproduccionbovina/cap19.PDF [consulta 23 de febrero del 2015].

Fricke, M. P. 1997. Manejo Reproductivo en Vaquillas de Leche. Departamento de Ciencia Lechera, Universidad de Wisconsin-Mádison, Mádison. Disponible en: http://cooprinsem.cl/home/pdf/jornadas_tecnicas/2009/descarga.php?id=15_estrategias_optimizacion_reproduccion_vaquillas.pdf. [Consulta 10 de febrero del 2015].

Gong, J.G; Lee, W.J; Garnsworthy, P.C and Webb, R. 2002. Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. *Reproduction*. [En línea] Disponible en: <http://www.reproduction-online.org/content/123/3/419.full.pdf> [Consulta 07 de febrero del 2015].

González, G. A. G. 2012. Reproducción [En línea] Virbac México, S.A. DE C.V. disponible en: <http://www.webveterinaria.com/virbac/news12/bovinos.pdf> [consulta 11 de febrero del 2015].

Íñiguez, F. 2014. Manipulación del Ciclo Estral en Ganado Bovino. [En línea] Laboratorios Virbac México S.A. de C.V. Disponible en: <http://www.webveterinaria.com/virbac/news23/bovinos.pdf> [consulta: 15 de enero del 2015].

José R. y Manrique M. 1990. Fisiología de la reproducción del ganado Lechero [en línea]. Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd33/texto/fisiologia.htm [consulta 05 de febrero del 2015].

López, L. O. 2014. Bases de la producción bovina, cría manejo y explotación del ganado bovino. Pdf. Universidad Popular de Nicaragua. (UPONIC) Facultad de Ciencias Agrarias. Disponible en: <http://es.slideshare.net/otoniellalopez/ganado-bovino-uponic> [consulta: 03 de febrero del 2015].

Mexicano, B.A. 2009. Principales protocolos de Sincronización del estro utilizados en la ganadería Bovina y su costo–beneficio en la actualidad. (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/677/2/Tesis.pdf> [consulta 07 de febrero del 2015].

Nebel. R. L. and Jobst, S. M. 1998. Evaluation of systematic breeding programs for lactating dairy cows: a review. Department of Dairy Science, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg 24061, USA. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9594406> [Consulta: 17 de noviembre del 2014].

Odde, K. G. 1990. A review of Synchronization of Estrous in postpartum cattle. Pdf. [En línea] Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2180878> [consulta 23 de noviembre Del 2014].

Rhodes, F. M; McDougall, S; Burke, C. R; Verkerk G. A and Macmillan K. L. 2003. Invited Review: Treatment of Cows with an Extended Postpartum Anestrous Interval. Pdf. American Dairy Science Association. [Consulta 10 de febrero del 2015].

Sagarpa. 2013. Bovino leche, Población ganadera, 2004 – 2013, Cabezas. [En línea]. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/opt/poblagand/Bovinos_leche.pdf [consulta 10 de febrero del 2015].

Santos, E. P. J; Bisinotto, S. R. y Ribeiro, S. E. 2010. Vacas anovulares: factores de riesgo y estrategias de tratamiento. Pdf. [en línea] Departamento De Ciencia Animal, Universidad De Florida. Disponible en: http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/criaysalud/44/cys_44_Vacas_anovulares.pdf [Consulta 17 de enero del 2015].

Sires, S. 2008. Protocolos de Sincronización Para Vacas de Carne – 2008. Pdf. Select Sires [consulta 12 de Febrero del 2015].