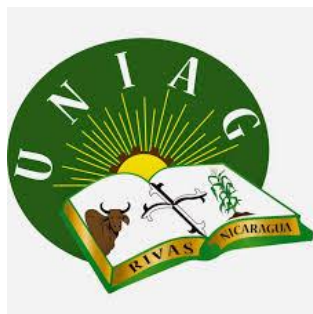


UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA



MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE MEDICO VETERINARIO
ZOOTECNISTA**

“Estudio comparativo de tres métodos de sincronización de celos en bovinos de la finca
Cañas Gordas del Municipio de Sapoa, Nicaragua”

Sustentantes:

Kenndol de Jesús Campos Gutiérrez

Errol Fernando Zúñiga Acuña

Oscar Humberto Velázquez Guadamuz

Tutor: Dr. Pedro Caballero Membreño

Enero de 2015

Rivas, Nicaragua

INDICE

Contenido

I. RESUMEN.....	8
II. INTRODUCCION	9
III. Objetivos	11
3.1. General.....	11
3.2. Específicos.....	11
4. FISIOLOGIA REPRODUCTIVA.....	12
4.1. Generalidades	12
4.2. HIPOTÁLAMO	14
4.2.1. Irrigación del Hipotálamo	15
4.2.2. Relación Hipotálamo-Hipófisis.....	16
4.2.3. Hormonas del hipotálamo	17
4.2.4. Estructura de las gonadotropinas.....	17
4.3. HIPÓFISIS	18
4.3.1. HORMONA LIBERADORA DE GONADOTROPINAS (GnRH)	18
4.3.2. HORMONAS HIPOFISIARIAS.....	19
4.3.2.1. Hormona Folículo Estimulante (FSH)	19
4.3.2.2. Mecánica de Acción de La FSH.....	19
4.3.2.3. HORMONA LUTEINIZANTE (LH)	19
4.4. ESTRUCTURA OVARICA	20
4.5. ACTIVIDAD ESTROGENICA.....	21
4.5.1. Principales funciones.....	22
4.5.2. Mecánica de Acción entre la FSH-LH-ESTROGENOS	22
4.6. LIBERACION DE PROGESTERONA.....	23
4.7. ACCION DE LA PROSTAGLANDINA.....	24
4.8. FASES DEL CICLO ESTRAL	26
4.8.1. Fase Folicular	26
4.8.2. Fase Lutéica	26
4.9. MODIFICACIONES DURANTE EL CICLO ESTRAL EN EL APARATO SEXUAL	27

4.9.3. REGULACIÓN ENDOCRINA DEL CICLO ESTRAL.....	28
4.9.4. Ciclo Estral y Menstrual.....	28
4.10. DINAMICA FOLICULAR.....	28
4.10.1. CONTROL HORMONAL DEL CICLO ESTRAL	31
4.10.2. DINÁMICA FOLICULAR OVÁRICA DURANTE EL CICLO ESTRAL	33
En vacas	33
4.10.3. Duración del Ciclo Estral en Vacas.....	35
4.10.4. Ondas de Crecimiento Folicular durante el Ciclo Estral en vacas doble propósito	35
4.10.5. Emergencia de los Folículos Dominantes en Ciclos Estrales con dos ondas de Crecimiento Folicular	36
4.10.6. Diámetro del Folículo Dominante a la Emergencia de la Onda.....	37
4.10.7. Máximo Diámetro alcanzado por el Folículo Dominante no Ovulatorio	37
4.10.8. Diámetro del Folículo Dominante pre-Ovulatorio	37
4.10.9. Número de Folículos clase 1, clase 2 y clase 3	38
4.10.10. Tasa de Crecimiento del Folículo Dominante.....	38
4.10.11. Duración de las Ondas Foliculares.....	38
4.10.12. Cuerpo Lúteo.....	39
4.11. OVOGÉNESIS.....	39
4.11.1. Ovogénesis y Foliculogénesis	39
4.11.2. EL PROCESO DE LA FOLICULOGÉNESIS	40
4.11.3. ÚLTIMA FASE DE LA FOLICULOGÉNESIS: LAS ONDAS FOLICULARES	40
4.12. SINCRONIZACIÓN DEL CICLO ESTRAL	43
4.12.1. DINÁMICA FOLICULAR OVÁRICA Y LA SINCRONIZACIÓN DEL	44
CELO Y DE LA OVULACIÓN	44
4.12.2. EVALUACIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN Y OVULACIÓN	46
4.12.3. PROTOCOLOS PARA LA SINCRONIZACIÓN DEL CELO Y LA OVULACIÓN	46
4.12.4. Sincronización del Estro a través del Uso de Progesterona (P4) o Progestágenos.....	47
4.12.5. Combinación de Progesterona/Progestágenos con Estrógenos	48
4.12.5. Combinación de Progesterona/Progestágenos con PF2a.....	48
4.13. MECANISMOS REGULADORES DE LA FUNCIÓN REPRODUCTIVA.....	49
4.14. USO DE PROGESTAGENOS EN LA SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO.....	52
4.14.1. Bloqueo a través de la administración de MGA (Acetato de Melengestrol).....	52

4.15. MODELOS DE SINCRONIZACION CON PROSTAGLANDINAS	54
4.15.1. GENERALIDADES.....	54
4.15.2. COMO ACTUA LA PROSTAGLANDINA	55
4.15.3. MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS	55
4.15.4. PROTOCOLOS CON PROSTAGLANDINAS SINTÉTICAS	55
4.15.4.1. Doble Aplicación de PF2 alfa en la Totalidad de los Animales.....	55
4.15.4.2. Doble Aplicación de Prostaglandina con Inseminación después de la primera y segunda dosis	55
4.15.4.3. Aplicación única de Prostaglandina después de un periodo de observación de celos	56
4.16. PROGESTÁGENOS CIDR	57
4.17. PROGESTAGENOS NORGESTOMET	61
V. HIPÓTESIS	63
_Toc409981340VI. Metodología	63
6.1. Lugar del estudio.....	63
6.2. Descripción de la población y selección de la muestra	63
6.3. Tipo de Estudio	64
6.4. Descripción de los Protocolos	65
6.4.1. Procedimiento de Campo	65
6.7. Recolección de Datos	67
6.8. Descripción de Variables	69
6.9. Análisis Estadístico	69
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
7.1.1 Evaluación y Selección de las hembras bovinas que ingresaran a los programas de sincronización.	70
7.1.2. Resultado del porcentaje de concepción en las vacas tratadas	71
8. CONCLUSIONES	80
9. RECOMENDACIONES	82
10. BIBLIOGRAFIA.....	83

Índice de Figuras

Figura 1. Mecanismo de activación reproductiva	12
Figura 2. Etapas del reflejo neural.	13
Figura 3. Ubicación hipotálamo en los bovinos	15
Figura 4. Eje Hipotálamo-Hipófisis-Ovario.....	17
Figura 5. Estructuración del ovario en una hembra bovina.....	21
Figura 6. Mecánica de liberación de la progesterona.....	24
Figura 7. Mecanismo de liberación de la prostaglandina	25
Figura 8. Endocrinología del ciclo estral (Senger, 1999, modificado).....	28
Figura 9. Ovarios con evidencia de folículos	31
Figura 10. Dinámica del celo en la vaca.	33
Figura 11. Oleadas Foliculares.....	34
Figura 12. Ondas Foliculares.	36
Figura 13. Comportamiento de ovulación.....	45
Figura 14. Protocolo de sincronización.....	53
Figura 15. Protocolo de sincronización.....	54
Figura 16. Esquema de sincronización con PF2 alfa bajo dos inyecciones.	56
Imagen 17. Esquema de sincronización con observación de celo y aplicación de PF2 alfa en inyecciones.....	57
Figura 19. Disparador del dispositivo CIDR.....	59
Figura 20. Dispositivo intravaginal CIDR, tipo T.....	59
Figura 21. Forma de colocar dispositivo intravaginal.....	60
Figura 22. Despeje del dispositivo intravaginal.....	60
Figura 23. Verificación de colocación correcta del dispositivo CIDR.....	61
Figura 24. Hormonal Crestar.....	62
Figura 25. Colocación del implante subcutáneo en oreja del bovino.....	62

Índice de tablas

Tabla 1.Productos utilizados.	70
Tabla 2.Protocolo de sincronización.	70
Tabla 3. Evaluación de hembras que ingresaron al protocolo con Prostaglandina.	70
Tabla 4. Evaluación de hembras que ingresaron al protocolo con dispositivo subcutáneo CRESTAR.	71
Tabla 5. Evaluación de hembras que ingresaron al protocolo con dispositivo subcutáneo CRESTAR.	71
Tabla 6. Evaluación de hembras testigo.	71
Tabla 7. Cantidad de preñez en vacas tratadas.	72
Tabla 9. Porcentaje de gestación para cada grupo de acuerdo con los protocolos de sincronización	73
Tabla 1. Balance de Costos Programa de Sincronización Hacienda Cañas Gordas.	78

I. RESUMEN

El presente estudio, se llevó acabo en la Hacienda Cañas Gordas del Municipio de Sapoá de Cárdenas, departamento de Rivas, Nicaragua. Tuvo como propósito, evaluar tres distintos protocolos de sincronización de celos en hembras bovinas, bajo el modelo de inseminación artificial a tiempo fijo. En el primer protocolo se empleó un dispositivo intravaginal (CIDR), en el segundo se utilizó un implante subcutáneo, en la oreja (CRESTAR) y el último se basó en el uso inyectable de prostaglandina. El objetivo fue evaluar cuál de los protocolos expresaba el mayor índice de preñez y la relación costo beneficio. Para alcanzar este objetivo se procedió a comparar los tres protocolos, específicamente empleando progestágenos para CRESTAR y CIDR y el otro a base de un agente luteolítico como lo es la prostaglandina $PF2\alpha$, posteriormente se determinó, el porcentaje de preñez en cada método. Para la aplicación de estos protocolos se efectuó una preselección de hembras fértiles. El resultado final demostró que el CIDR, alcanzó el mayor índice de preñez y rentabilidad. Además se determinó que la condición corporal de los animales no es un factor predisponente para la ejecución de los modelos propuestos. De esta manera se garantiza una mayor cantidad de celos fértiles, dentro de un hato. Se recomienda aplicar este método en otras explotaciones ganaderas de la región.

II. INTRODUCCION

En Nicaragua, al igual que la mayoría de los países de la región centroamericana, la ganadería ha evolucionado de forma lenta comparada con países desarrollados de Europa o América del norte, propiamente Estados Unidos y Canadá. Esto en gran parte por la carencia de recursos económicos. En los años 60 y 70 la ganadería en Nicaragua rondaba los 2,8 millones de cabezas de ganado, pero la actividad decayó llegando al año 1997 a tener solo 1,7 millones de animales.

Para el año 2001 el promedio de producción de leche en Nicaragua era de 3 litros por vaca por día. A esto se le une el alto porcentaje de hembras (cerca del 40% de la población) que son enviadas a sacrificio. La carencia de pasturas mejoradas y el manejo extensivo son parámetros negativos para consolidar la producción.

Al país, los primeros avances en la implementación de métodos de sincronización se dieron en la década de los 90, cuando se incentivó diferentes programas de mejoramiento genético, con la incursión de técnicas de biotecnología como la inseminación artificial y la transferencia embrionaria. Para ello fue indispensable incursión de los diferentes protocolos enfocados a la eficiencia en el celo y ovulación por parte de los animales tratados. Pero el conocimiento teórico práctico de estas herramientas se dio por estudios que abarcaron varias décadas.

La primera propuesta enfocada a un método de sincronización se dio en el año de 1948 (Christian y Casida), empleando progesterona para bloquear la función reproductiva. Al suspender la medicación una gran parte de los animales presentaron síntomas de celo. Posteriormente en 1968 Wiltbank y Kasson, comprobaron que agregando valerato de estradiol (estrógenos), al inicio del tratamiento por su efecto luteolítico el celo aumentaba en los animales tratados. A todo lo anterior se une los índices de preñez. A inicios del 2000 el porcentaje de parición era de 50%, con una mortalidad superior al 15%. Intervalos parto-parto, hasta de 20 meses (MAC 1999).

Este índice de preñez se ve afectado por diferentes causas como mala nutrición, celos falsos, relación macho hembras, raza, desarrollo fisiológico reproductivo, unido a la

actividad hormonal especialmente referente a la liberación de estrógenos, hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH); las cuales depende de niveles óptimos de progesterona en sangre (Bartolomé 2009).

Sin duda para mantener estos niveles de progesterona en su ideal se requiere de la presencia de gonadotrofina coriónica equina (ECG); la cual es producida por las copas endometriales de la yegua preñada y pertenece a la familia de hormonas glicoproteicas junto con la LH y FSH. Fue descrita por primera vez en los años 30 y su uso se estandarizó en medicina humana en técnicas de reproducción asistida. En medicina veterinaria esta hormona ha sido ampliamente estudiada y se ha visto que a diferencia de en los équidos, la eCG administrada en otras especies tiene una actividad tipo LH y FSH y como consecuencia tiene una gran afinidad por ambos tipos de receptores en los ovarios. La ECG tiene un efecto de larga duración sobre los receptores de las células de la granulosa y de la teca lo que estimula la secreción de estradiol y progesterona (Callejas 2004).

Los avances tecnológicos en los últimos años han buscado la manera de solucionar este problemas que afecta a la mayoría de rebaños del mundo entero, como complemento a técnicas biotecnológicas como la inseminación artificial y transferencia embrionarias. Aquí es donde toma auge el uso de métodos para la sincronización de celos, existiendo diferentes métodos.

A través de los años en el sector ganadero se ha buscado incrementar la productividad de los rebaños y para ello se han efectuado grandes avances tanto en el campo de la nutrición, genética. Junto a ello el manejo reproductivo en busca de una eficiencia en los índices de preñez, son pilares para alcanzar una rentabilidad dentro de la finca.

Esta eficiencia reproductiva se ve muy alterada en el logro de resultados principalmente por una serie de alteraciones muy propias de la fisiología reproductiva de los bovinos. La implementación de técnicas de biotecnología como la inseminación artificial brindan un gran aporte al sector, sin embargo su éxito depende de la eficiencia en la detección del celo, y es aquí donde salen diferentes variables negativas que restan efectividad al proceso, entre ellas están la mala detección (celo), alteraciones hormonales (estrógenos, FSH, LH, etc.). Esto ha creado un reto en la medicina veterinaria tras la búsqueda de soluciones, surgiendo los denominados protocolos de sincronización del celo.

III. Objetivos

3.1. General

Comparar tres protocolos de sincronización de celos con inseminación a tiempo fijo, midiendo el porcentaje de preñez en vacas de la finca Cañas Gordas del municipio de Sapoá.

3.2. Específicos

- Determinar cuál de los protocolos de sincronización utilizados alcanza un mayor porcentaje de preñez.
- Medir los niveles de progesterona en sangre, antes y después de la aplicación de los diferentes protocolos de sincronización.
- Medir la respuesta reproductiva de los animales ante la colocación de los dispositivos
- Evaluar la relación costo – beneficio en los procedimientos aplicados.

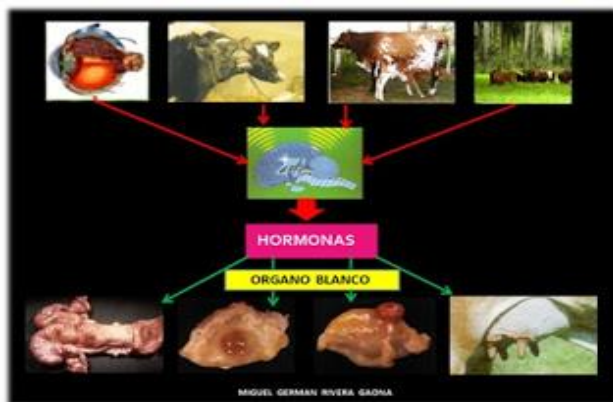
IV. MARCO TEÓRICO

4. FISIOLOGIA REPRODUCTIVA

4.1. Generalidades

En los mamíferos hay dos sistemas que regulan el proceso reproductivo: el endocrino y el nervioso, cada uno desempeña un papel específico. Es necesario que haya una interrelación entre ambos para que el proceso reproductivo llegue a buen término. Esta regulación se lleva cabo mediante una compleja cascada de actividades combinadas del Sistema Nervioso Central (SNC), los tejidos secretores, las hormonas y los órganos blancos. Ver imagen 1

Figura 1. Mecanismo de activación reproductiva



Fuente: Reproducción bovina.net 2014

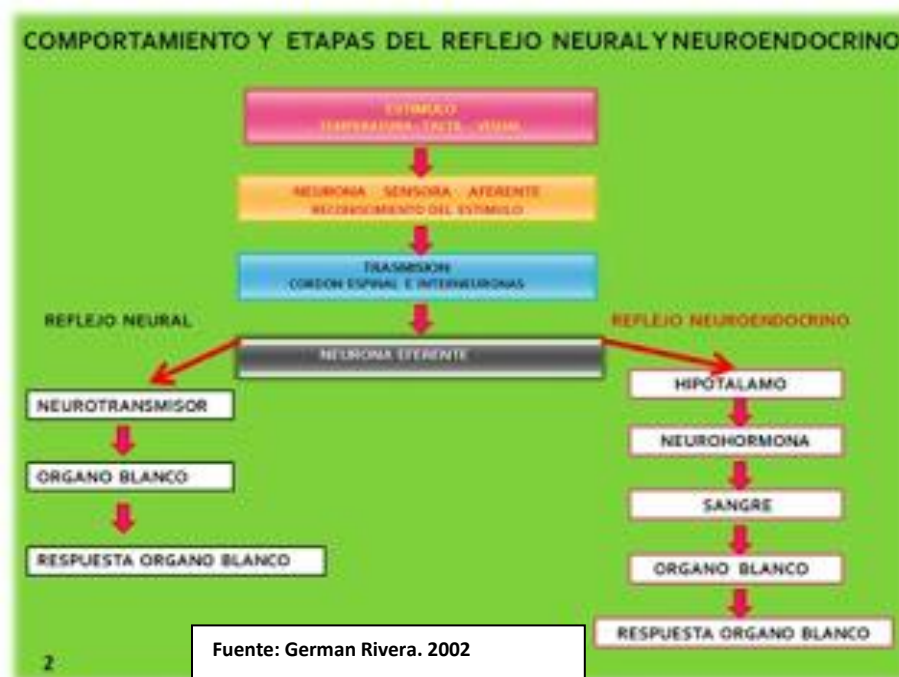
El SNC recibe la información del medio ambiente en forma de señales externas visuales, auditivas y táctiles, traduce la información y reacciona enviando impulsos a través de fibras nerviosas a las gónadas, a través del eje HIPOTALAMO – HIPOFISIS – GONADAS. (D'Occhio 1999)

El hipotálamo y la hipófisis son estructuras que no solo se comportan como productoras de hormonas, estando estrechamente unidas a la parte ventral del cerebro y ambas se comportan como órganos blanco, creando un sistema de rebote homeostático. Las

hormonas son sustancias químicas catalizadoras, producidas en una glándula de secreción interna, con actividad en receptores específicos especializados, que son sintetizadas por glándulas endocrinas y vertidas directamente a la sangre para ejercer su actividad en órganos donde regula o coordina funciones corporales denominado Órgano Efector u Órgano Blanco. La mayoría de las hormonas regulan su propia tasa de secreción mediante un sistema de retroalimentación. Ver imagen 2

La actividad hormonal se ejerce mediante una acción directa de la hormona en un aspecto específico de la reproducción o mediante una acción indirecta en la que la presencia de la hormona es necesaria para el mantenimiento apropiado del ambiente interno que asegure la reproducción exitosa (Hafez, 2000).

Figura 2. Etapas del reflejo neural.



La acción del sistema hormonal se puede subdividir de acuerdo con la forma en que las hormonas alcanzan el órgano blanco. Cuando actúan de forma autocrina, la célula productora es a su vez el órgano blanco. Cuando las hormonas actúan en forma paracrina, el órgano blanco se encuentra en células u órganos próximos. Las hormonas son secretadas por glándulas endocrinas que vierten su contenido directamente a la sangre, mientras que

las glándulas exocrinas lo hacen al interior de un órgano como el tracto digestivo, urinario, etc.). La función endocrina requiere la acción combinada Hormona – Receptor.

Un receptor hormonal es una estructura molecular única en el interior o exterior de la célula con una afinidad alta y específica por una hormona en particular, cuyas funciones son:

- Reconocimiento de la hormona en particular.
- Traducción de la señal hormonal en una respuesta celular específica.

La función de una hormona en una célula puede consistir tanto en la inducción como en la degradación de receptores para otro mensajero. La mayoría de los receptores necesitan de un segundo mensajero para transmitir el mensaje. Uno de los segundos mensajeros que mejor se conoce es el Adenosin Monofosfato Cíclico (AMPC).

Algunos órganos blanco complementarios coadyuvan a la plena respuesta de una determinada hormona. La progesterona condiciona receptores a los estrógenos en regiones críticas del cerebro necesarias a las manifestaciones y comportamiento durante el celo.

4.2. HIPOTÁLAMO

El hipotálamo se encuentra en el plano anatómico en la región inferior del cerebro conocido como el diencefalo, a la vez forma las paredes de la cavidad inferior denominada tercer ventrículo. (Callejas, 1995).

Propiamente se sitúa por el quiasma óptico por delante y los cuerpos mandibulares por atrás, hacia arriba con el tálamo y abajo con la hipófisis. Con esta última desarrolla relaciones de carácter nervioso como endocrino. Ver figura 1.

La irrigación en esta zona es abundante y se establece la formación de núcleos con diferentes neuronas. Interviene en todas las funciones orgánicas de los mamíferos; incluyendo al hombre.

Figura 3. Ubicación hipotálamo en los bovinos



Fuente: Ganadería Mexicana 2014

Forma la base del cerebro, y sus neuronas producen la hormona liberadora de gonadotrofina o GnRH. El GnRH, en la eminencia media, difunde a los capilares del sistema porta hipofisiario y de aquí a las células de la adenohipófisis en donde su función es estimular la síntesis y secreción de las hormonas hipofisiarias, FSH y LH.

4.2.1. Irrigación del Hipotálamo

La irrigación del hipotálamo está a cargo del sistema porta, que actúa tanto sobre el propio hipotálamo como la hipófisis anterior. Básicamente el sistema porta en estas regiones es una capilarización de una vena o una arteria que permite la entrada al sistema circulatorio de alguna sustancia que serán transportadas por la sangre hasta un tejido diana situado a una distancia muy corta. Una vez en el tejido diana la vena o la arteria volverá a ramificarse. La ramificación de los conductos sanguíneos tiene como objetivo facilitar la entrada o salida de las sustancias al transporte sanguíneo. Reeves 1989.

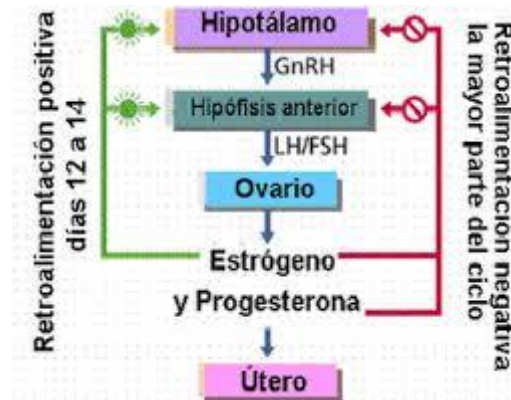
En el sistema hipotálamo hipófisis el sistema porta transporta hormonas generadas en las neuronas parvocelulares del hipotálamo. Estas hormonas o factores son los que se conocen como “*liberadores*”, ya que regulan la actividad de la hipófisis. Estos factores entran en el torrente sanguíneo en un sistema porta, muy ramificado, que irriga al hipotálamo. Así las hormonas viajan un corto trecho por la misma vena hasta la hipófisis, debido a que se encuentran muy próximos. Al llegar a la hipófisis el torrente sanguíneo vuelve a ramificarse para liberar las hormonas. De esta manera las hormonas hipotalámicas acceden a la hipófisis de manera rápida y directa.

4.2.2. Relación Hipotálamo-Hipófisis

La relación hipotálamo-hipófisis es bastante particular, puesto que, a diferencia del resto del sistema nervioso, en que las neuronas se relacionan directamente con su efector (órgano terminal que distribuye los impulsos nerviosos que recibe, activando la secreción de una glándula o contracción de un músculo), en la hipófisis las neuronas hipotalámicas no hacen contacto directo con sus efectoras. Estas últimas pasan a la sangre y alcanzan la adenohipófisis a través de una red capilar que se extiende entre el hipotálamo y la hipófisis anterior. En consecuencia, los núcleos hipotalámicos son fundamentales para el normal funcionamiento de la hipófisis.

La neurohormona hipotalámica (releasing hormone) tendría como misión sacar al sistema de su estabilidad, como generar un ritmo o modificar la tasa de secreción al cambiar la etapa vital del individuo y además tienen acción trófica sobre las células hipofisarias y son, a su vez, reguladas por la hormona o por la acción biológica periférica. Ver figura 2 y 4

Figura 4. Eje Hipotálamo-Hipófisis-Ovario



Fuente. Google/imágenes. 2014

4.2.3. Hormonas del hipotálamo

El hipotálamo, en cuanto órgano endocrino, se ocupa de liberar factores estimuladores o inhibidores a la sangre, pero también es capaz de producir neurohormonas listas para su secreción. Las principales neurohormonas con relación directa en la fisiología reproductiva son la hormona liberadora de gonadotropinas específicamente la GnRH, la cual es un decapeptido (una cadena de 10 aminoácidos), que actúa sobre la hipófisis, estimulando la producción y la liberación de la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH). El balance de estas hormonas coordina el ciclo estral en las hembras y la espermatogénesis en el macho (Mclellan 1997).

4.2.4. Estructura de las gonadotropinas

Las gonadotropinas en su composición están formadas por glucoproteínas y presentan una serie de receptores que se localizan en la membrana celular. Para su dinámica de funcionamiento poseen dos subunidades; la Subunidad α la cual es igual para las hormonas FSH, LH, y es la encargada de capacidad de respuesta biológica.

La Subunidad β es diferente para cada hormona y es responsable de la especificidad de la hormona por el órgano blanco. El aumento en la secreción de gonadotropinas causa la

eliminación del control inhibitorio del SNC, al tiempo que el desarrollo corporal alcanza un tamaño apropiado para el desarrollo reproductivo.

4.3. HIPÓFISIS

La hipófisis es una glándula pequeña, situada en la silla turca, en la base del cerebro, y unida al hipotálamo por el tallo hipofisiario; se llama también glándula pituitaria. Fisiológicamente puede dividirse en dos porciones diferentes: la adenohipófisis, conocida también como hipófisis anterior, y la neurohipófisis, conocida también con el nombre de hipófisis posterior. La adenohipófisis produce varios tipos de hormonas, de las cuales la FSH y LH cumplen un papel relevante en el control reproductivo. La FSH es la responsable del proceso de esteroideogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular, y la LH interviene en el proceso de esteroideogénesis ovárica, ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo. Estas hormonas son secretadas a la circulación en forma de pulsos y son reguladas por dos sistemas, el tónico y el cíclico. El sistema tónico produce el nivel basal circulante, siempre presente, de hormonas hipofisiarias las cuales promueven el desarrollo de los elementos germinales y endócrinos de las gónadas. El sistema cíclico opera más agudamente, siendo evidente por pocas horas en cada uno de los ciclos reproductivos de la hembra. El modo cíclico tiene por función primaria causar la ovulación. La neurohipófisis almacena la oxitocina producida en el hipotálamo. Esta hormona tiene varias funciones como son intervenir en el mecanismo del parto, bajada de la leche, transporte espermático e intervendría en el proceso de luteólisis (D'Occhio 1999).

4.3.1. HORMONA LIBERADORA DE GONADOTROPINAS (GnRH)

Es una hormona peptídica de 10 aminoácidos, es producida principalmente en el hipotálamo. Entre sus principales funciones está la regulación de la liberación de gonadotropinas, control del periodo cíclico. Este decapeptido estimula la liberación de la hormona luteinizante, LH, y folículo estimulante, FSH. La disminución de la amplitud y frecuencia de los ciclos se deben a la presencia de FSH. Mientras que el aumento de la amplitud y frecuencia de los ciclos se deben a la presencia de LH. Una alteración en los niveles normales de GnRH puede ocasionar; animales infértiles y anestros. (Barros 2000)

La GnRH contiene 92 aminoácidos. Las neuronas secretoras se localizan principalmente en el área preóptica del hipotálamo anterior y sus terminaciones nerviosas se encuentran en la capa externa de la eminencia media adyacentes al tallo hipofisiario.

Los niveles de la hormona liberadora de gonadotropina están regulados por mecanismos de retroalimentación gracias a los andrógenos y estrógenos liberados por las gónadas, que actúan en el hipotálamo rápidamente.

4.3.2. HORMONAS HIPOFISIARIAS

4.3.2.1. Hormona Folículo Estimulante (FSH)

Es una hormona producida por la hipófisis, es una glicoproteína cuya vida media oscila entre 2 y 4 horas. Su peso molecular es de 30.000 daltons. Esta hormona se encarga del desarrollo, el crecimiento, la maduración de los ovocitos y liberación de estradiol en la hembra esto al inicio del ciclo estral; y los espermatozoides en el macho.

Además interviene ante la hormona luteinizante (LH) en las células diana, aumentando la sensibilidad de dichas células a la LH. La FSH es regulada por retroalimentación gracias a la acción de esteroides sexuales y otras hormonas sobre la glándula hipofisiaria (McLellan 1997).

Por lo anterior se podrían mencionar las siguientes funciones propias de la FSH:

- Estimula el crecimiento y desarrollo de folículos.
- Interviene en el crecimiento testicular.
- Ayuda en la producción de andrógenos y estrógenos.
- Interviene en la gametogénesis.
- Se utiliza para inducir la superovulación.

4.3.2.2. Mecánica de Acción de La FSH

La FSH estimula el crecimiento y el reclutamiento de los folículos ováricos inmaduros en el ovario, afectando específicamente a las células granulosas. Cuando los folículos maduran, uno de ellos se convierte en dominante. Eso libera inhibina y estradiol, y ambos compuestos disminuyen la producción de FSH mediante la inhibición de la producción de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) en el hipotálamo. (Fernandez 2001)

4.3.2.3. HORMONA LUTEINIZANTE (LH)

Es una hormona producida por la hipófisis cuya vida media es de 30 minutos. Presenta subunidades alfa y beta. Tiene un peso molecular de 30.000 daltons. En el macho se encarga de la regulación de la secreción de testosterona, actuando sobre las células de

Leydig, mientras que en la hembra controla la maduración de los folículos, la ovulación, la iniciación del cuerpo lúteo, junto con la secreción de progesterona. (McLellan 1997).

Su regulación se da por retroalimentación debido a la acción de esteroides sexuales y otras hormonas sobre la hipófisis. La liberación de LH por esta glándula es regulada por la producción pulsátil de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) proveniente del hipotálamo. Estos impulsos a su vez, están sujetos a la retroalimentación del estrógeno proveniente de las gónadas.

En la hembra juega un papel importante en el proceso de la ovulación. Su acción se manifiesta sobre las células de la granulosa del folículo De Graaf del ovario.

Funciones:

- Estimula la ovulación y la formación del cuerpo lúteo.
- Estimula la formación de los cuerpos de Leydig para la producción de testosterona.
- Estimula la producción de andrógenos.
- Luteiniza quistes foliculares.
- Estimula la maduración de folículos en desarrollo.
- La variación en las concentraciones normales produce:
- Retención de la ovulación.
- Anestro.
- Ninfomanía.

4.4. ESTRUCTURA OVARICA

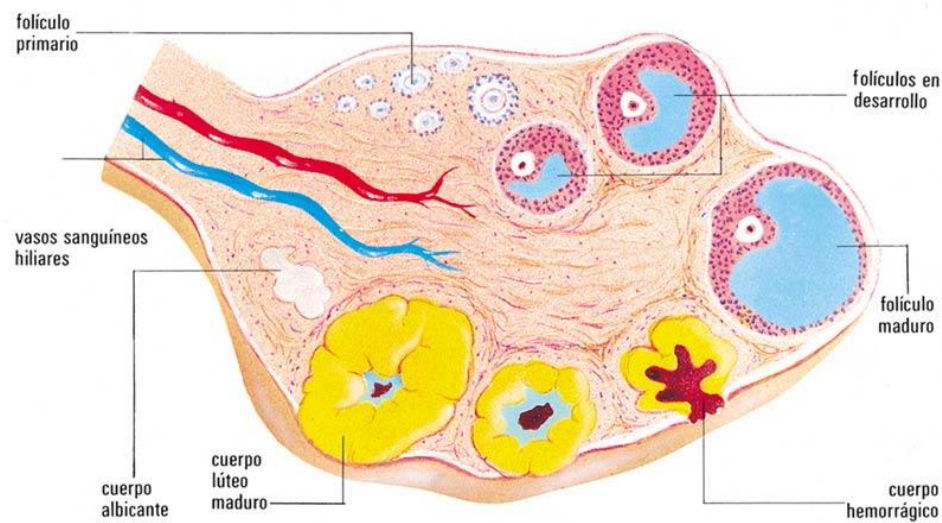
Los ovarios son quizás los órganos más importantes del aparato reproductor de la hembra, ya que ellos se producen los óvulos (función exocrina) y las hormonas (función endocrina). El ovario mide aproximadamente de 2 a 4 cm. de largo por 1 a 2 cm. de ancho. En términos generales el ovario, como glándula sexual femenina es la encargada o responsable de organizar y dirigir toda la vida sexual de la hembra. En contraste con lo que sucede en los testículos, los ovarios permanecen en la cavidad abdominal, en donde en condiciones normales liberan un ovulo cada 10-21 días.

En los ovarios se pueden encontrar dos tipos de estructura: los folículos en diversos grados de crecimiento y el cuerpo lúteo. Los folículos contienen en su interior a los óvulos que por influencia de las hormonas gonadotropinas (FSH y LH) crecen, maduran y posteriormente son expulsados (ovulación) hacia el infundíbulo. En el espacio que queda después de la ovulación, se forma primeramente un cuerpo hemorrágico, que posteriormente se transforma en el cuerpo lúteo. Los folículos secretan los estrógenos que son de cierta forma los responsables de la conducta sexual durante el estro (celo o calor) y el cuerpo lúteo secreta progesterona que es la responsable de la inactividad sexual en todo lo que resta del ciclo y

del mantenimiento de la gestación en caso de que esta haya tenido lugar después del servicio ya sea por monta natural o por IA. Ver figura # 5

Se ha mencionado la influencia que tienen las hormonas gonadotropinas, en particular la LH (hormona luteinizante) y la FSH (hormona folículo estimulante). Estas hormonas son producidas en la hipófisis anterior (parte anatómica del cerebro) y son indispensables para un adecuado funcionamiento de la actividad sexual, así como para la producción de células sexuales, óvulos y espermatozoides, tanto en la hembra como en el macho, respectivamente.

Figura 5. Estructuración del ovario en una hembra bovina.



Fuente: www.google.com/search?q=ovario+de+los+bovinos

4.5. ACTIVIDAD ESTROGENICA

Es una hormona gonadal, esteroidea producida en el ovario. Tiene un peso molecular de 500 daltons. Algunas de sus variedades son la 17- β -Estradiol, la estrona y el estriol. En su función endocrina, los estrógenos atraviesan la membrana celular para llegar al núcleo, en el que se encargan de activar o desactivar determinados genes, regulando la síntesis de proteínas.

4.5.1. Principales funciones

Los estrógenos inducen fenómenos de proliferación celular sobre los órganos, principalmente endometrio, glándula mamaria y el mismo ovario. Tienen cierto efecto preventivo en enfermedades a nivel de endometrio, actúan coordinadamente con los gestágenos, otra clase de hormona sexual propia de la hembra que induce a fenómenos de maduración.

Los estrógenos actúan con diversos grupos celulares del organismo, especialmente con algunos relacionados con la actividad sexual, con el cerebro, con función endocrina y también neurotransmisora.

Al regular el ciclo estral; los estrógenos afectan el tracto reproductivo, el urinario, los vasos sanguíneos y del corazón, los huesos, glándulas mamaria, entre otras zonas. Muchos de los sistemas orgánicos, incluyendo los sistemas musculo esquelético y cardiovascular, y el cerebro, están afectados por los estrógenos.

Otras funciones de importancia por acción de los estrógenos son:

- Interviene en el desarrollo de las características sexuales secundarias.
- Estimula las manifestaciones de celo.
- Es un anabolizante.

4.5.2. Mecánica de Acción entre la FSH-LH-ESTROGENOS

Una vez liberada la GnRH, se da una retroalimentación por parte de los estrógenos provenientes de las gónadas. En la hembra el proceso de ovulación es de suma importancia. Su acción se manifiesta sobre las células de la granulosa en el ovario. Para el inicio del ciclo estral la FSH inicia el crecimiento folicular en el ovario, específicamente afectando a las células granulosas. Con la elevación de los estrógenos, se comienza la expresión de receptores para la LH sobre los folículos en desarrollo, los cuales empiezan a sintetizar una creciente cantidad de estradiol. Eventualmente para el tiempo de la maduración del folículo, los niveles de estrógeno conllevan por medio de la participación del hipotálamo al efecto de retroalimentación positiva, con la liberación continua de LH durante las primeras horas. La LH induce la secreción rápida de hormonas esteroideas foliculares, que incluyen una pequeña cantidad de progesterona para la preparación del endometrio en una posible implantación; lo que hace que el folículo se rompa y se transforme en el cuerpo lúteo residual y por tanto, se produzca la expulsión del óvulo. La LH es necesaria para mantener la función del cuerpo lúteo (Barros 2000).

4.6. LIBERACION DE PROGESTERONA

Usualmente reconocida como la hormona de mantenimiento de la gestación en todas las especies. Fisiológicamente es producida por el cuerpo lúteo, aunque en especies como la yegua, perra y gata, también es producida por la placenta especialmente hacia los dos últimos tercios de la gestación. Su secreción depende del aporte continuo de LH. Ver imagen 6

Adams 2001, cita entre las principales funciones a nivel reproductivas de la progesterona la liberación de oocitos maduros, implantación, mantenimiento de la gestación, disminución de la contractilidad del músculo uterino y favorecimiento del crecimiento del endometrio como preparación para todo el proceso de gestación. En la glándula mamaria, la progesterona facilita la liberación láctea.

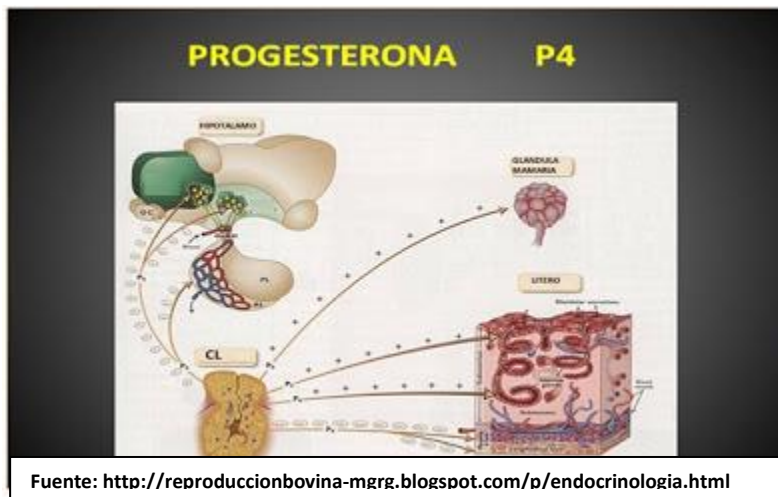
Otras funciones importantes son:

- Aumenta la viscosidad del moco cervical.
- Promueve el desarrollo de los alvéolos mamarios.
- Actúan sinérgicamente con los estrógenos en la presentación del estro.

Concentraciones elevadas inhiben el estro y el pico ovulatorio de LH, lo que impide la ovulación pero permite el desarrollo de los folículos y hace evidente su importancia en la regulación del ciclo estral

La progesterona natural posee utilidad clínica escasa por lo que se emplean progestágenos sintéticos. Está indicada en Indicada en casos de amenaza de aborto por deficiencia de progesterona

Figura 6. Mecánica de liberación de la progesterona



En relación a la recomendación de su empleo, se podría indicar en los casos de:

- Prolapso vaginal
- Tratamiento de quistes ováricos, especialmente si no hay respuesta a la GnRH.
- Prevención del aborto
- Sincronización de celos en programas de IA
- Inducción de celo en vacas en buen estado general, especialmente en el postparto.

También ha sido utilizada en el control del ciclo estral y en sincronización de estros. Se conoce que su uso indiscriminado puede causar neoplasias y facilitar el desarrollo de hiperplasia endometrial quística, muco-metra e incluso infecciones uterinas. Otros aspectos negativos se han documentado en la práctica cuando se ha empleado por largos mayores a 10 días reduciéndose la fertilidad al servicio y cuando se ha inducido el celo en vacas con mala condición en general. Gordon 2004.

4.7. ACCION DE LA PROSTAGLANDINA

Las prostaglandinas son sustancias derivadas de ácidos grasos no saturados, el linoleico y el araquidónico, pero no se localizan en ningún tejido en especial. Su acción es local y sus niveles en sangre son bajos esto debido a su degradación rápida; especialmente en el pulmón, por lo que la aplicación intravenosa no está indicada. (Lussier 1983)

La PGF_{2α} es la prostaglandina empleada en reproducción, es producida por las glándulas uterinas y llega al ovario por acción de contracorriente, a través de la arteria ovárica, evitándose su degradación a nivel pulmonar. Imagen 4.

La PGF causa la regresión del cuerpo lúteo y el estro es alcanzado generalmente a las 72 horas, luego del tratamiento con la hormona. Sin embargo, debido a la gran variabilidad de tiempo en la descarga pre-ovulatoria inducida de la LH, la GnRH podría tener mucha aplicación, ya que dicho compuesto induce la descarga de FSH y LH y, además, controla el tiempo de ovulación luego de la administración de PGF. Trabajos realizados con PGF $_{2\alpha}$ en bovinos, indican que la fertilidad de los animales sincronizados es similar a la de los no tratados (Hunke 1981).

Figura 7. Mecanismo de liberación de la prostaglandina



La comprobación de la eficiencia luteolítica de la PGF $_{2\alpha}$ se logra determinando el descenso de la Progesterona plasmática o láctea, al administrar la sustancia activa durante la fase lútea y la liberación de LH como respuesta fisiológico (Glatzel 2005).

La PGF $_{2\alpha}$ interviene en la ovulación, posee efecto luteolítico sobre el ovario. La regresión del CL se presenta 12 a 24 Hs post-aplicación; por lo que el celo se manifiesta desde el día 2 hasta el 4, dependiendo del desarrollo folicular.

La introducción de sustancias irritantes en el útero estimula la producción de PGF $_{2\alpha}$ y la luteólisis posterior. La integridad del miometrio es indispensable para lograr una luteólisis normal, por lo que los procesos infecciosos dentro del útero inhiben la producción de PGF $_{2\alpha}$. El 10% de las vacas son refractarias a la aplicación de PGF $_{2\alpha}$.

Se reconoce su efecto e indicación para los siguientes casos:

- Sincronización de celos. Se debe comprobar la presencia de CL o niveles de P4 en sangre o leche.

- Evacuación del contenido uterino, lo cual se puede lograr sin comprobar la presencia de CL (GUNZLER 1998).
- Momificación fetal. Piometra.
- Maceración fetal.
- Endometritis de 2° y 3° grado.
- Inducción del parto.
- Inducción del aborto.

La alta presentación de retención placentaria y la variación en la iniciación del parto no justifica una aplicación rutinaria sistémica de éste compuesto. (Humke 1981)

4.8. FASES DEL CICLO ESTRAL

4.8.1. Fase Folicular

Durante esta fase el ovario presenta una marcada actividad con crecimiento rápido de los folículos y maduración de los mismos. El proestro marca el inicio de la fase folicular con la consiguiente liberación de las hormonas gonadotropas, sobre todo de FSH que dan lugar al crecimiento y desarrollo folicular y por tanto la producción de estrógenos. Esta etapa se continúa con el estro, momento en el que la hembra acepta al macho, y se produce el pico preovulatorio de LH responsable de la ovulación. Sin embargo, en el caso de la gata y la coneja es necesario el estímulo del macho para que se desencadene el pico de LH y la posterior ovulación. Si estas hembras no son cubiertas no ovulan, entonces los folículos degeneran y comienza de nuevo otra fase folicular.

4.8.2. Fase Luteínica

En esta fase, los cuerpos lúteos inician su desarrollo y comienzan a sintetizar progesterona. Esta etapa se denomina metaestro. Cuando los cuerpos lúteos alcanzan su máxima actividad se dice que el animal está en diestro.

Después de la fase luteínica puede ocurrir que:

- Si la hembra ha sido cubierta y queda gestante, los niveles de progesterona continúen elevados y los cuerpos lúteos no regresen. Se dice que el animal presenta un anestro gestacional.
- Si nos encontramos en el último ciclo de la estación reproductiva de la hembra, la progesterona disminuye pero no hay una nueva fase folicular. La hembra queda inactiva. Se dice que el animal presenta un anestro estacional.
- Si la hembra ha sido cubierta y no queda gestante, el cuerpo lúteo regresa y se inicia otra fase folicular.

4.9. MODIFICACIONES DURANTE EL CICLO ESTRAL EN EL APARATO SEXUAL

4.9.1. Modificaciones durante la Fase Folicular

4.9.1.1. Proestro

- Ovario: aumento de la vascularidad y maduración de folículos.
- Oviducto: aumento de vascularidad y agrandamiento del tamaño.
- Útero: aumento de la vascularidad.
- Cuello del útero: agrandamiento y secreción de moco (células cervicales).
- Vagina y vulva: sufren una ligera tumefacción, color rojizo y leve brillo.

4.9.1.2 Estro

- Ovario: aumento de la vascularidad y maduración de folículos.
- Oviducto: aumento de vascularidad y agrandamiento del tamaño.
- Útero: aumento de la vascularidad y agrandamiento del tamaño.
- Cuello del útero: liberación de sustancias especiales (feromonas).
- Vagina y vulva: liberación de sustancias especiales (feromonas) y fluye un moco típico de esta fase.

4.9.2. Modificaciones durante la fase luteínica

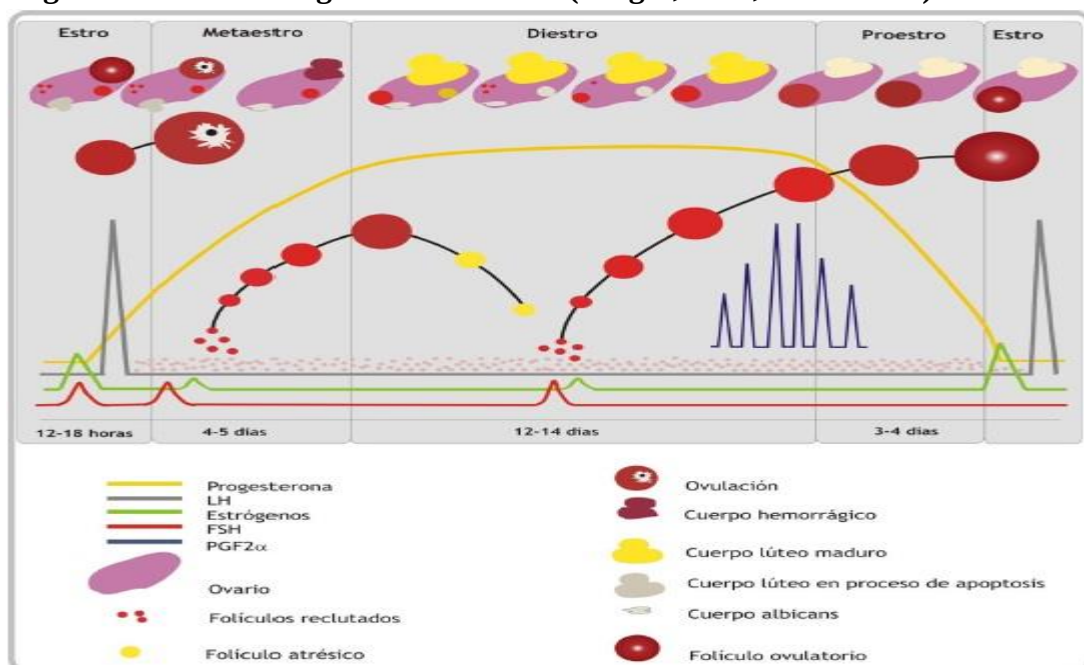
- Ovario: folículo dominante, producción de hormona (progesterona).
- Oviducto: aumento de vascularidad y agrandamiento del tamaño.
- Útero: se prepara para el recibimiento del embrión.
- Cuello del útero: disminución del tamaño y secreción de moco.
- Vagina y vulva: disminución del tamaño y cesa el fluido del moco.

4.9.3. REGULACIÓN ENDOCRINA DEL CICLO ESTRAL

4.9.4. Ciclo Estral y Menstrual

El ciclo estral se basa en la actividad sexual cíclica de las hembras con periodos regulares de receptividad sexual (estro), mientras que el ciclo menstrual está basado en los cambios que experimenta el útero como respuesta a la actividad ovárica. Este último ciclo es el que presentan los primates. Durante el ciclo menstrual existe una proliferación del endometrio y de un sistema de arterias en espiral que le abastece de sangre. Con la regresión del cuerpo lúteo y la caída de los niveles de progesterona, estas arterias se colapsan, lo que conlleva el desprendimiento de gran cantidad de endometrio incluyendo cierta hemorragia. En el ciclo estral la cantidad de endometrio que se pierde es menor y no se presenta hemorragia. No hay que confundir la menstruación con la metrorragia durante el proestro de algunas hembras (perra).

Figura 8. Endocrinología del ciclo estral (Senger, 1999, modificado).



Fuente: REDVET, 2013

4.10. DINAMICA FOLICULAR

Un aspecto importante en el desarrollo y desempeño reproductivo de las hembras bovinas, para garantizar la eficiencia reproductiva de los hatos, está influenciado en el desarrollo de los folículos contenidos en los ovarios, ya que son la unidad fundamental que da origen al potencial reproductivo y su dinámica en la hembra. Otro aspecto es el comportamiento

hormonal involucradas en su ciclo estral, la estructura, fisiología el desarrollo embrional, fetal, neonatal y la foliculogénesis (ondas foliculares, las fases, etc.), durante la gestación y periodo post-parto.

Pedro Cabrera et al, 2012, cita que, “En hembras bovinas, la dinámica folicular (DF) ocurre en forma de ondas, siendo descritas dos o tres ondas de crecimiento folicular (CF) durante el ciclo estral (CE) (Borges et al., 2001), aunque una (Viana et al., 2000) o cuatro ondas (Borges et al., 2004) pueden presentarse. Las ondas foliculares se observan durante el CE, pero pueden también presentarse previas a la pubertad (Adams et al., 1994), durante la gestación (Ginther et al., 1996) y durante el periodo postparto (Rajamahendran y Taylor, 1990). En CEs de dos ondas, la primera onda emerge el d 2 del ciclo y la segunda onda el d 11, siendo el intervalo entre emergencia de las ondas de 9 d. En ciclos de 3 ondas, las mismas emergen los d 2, 9 y 16 del ciclo con intervalos entre ondas de 7 d (Borges et al., 2001). La concentración de P4 en plasma influye sobre el número de ondas foliculares durante el CE (Savio et al., 1993; Díaz et al., 1998), por lo que ciclos de tres ondas tienen la fase luteal más larga (Fortune, 1993), y por ende intervalos inter estrales más largos, en comparación con ciclos de dos ondas de CF (Díaz et al., 1998).”

Se define como dinámica folicular todo proceso dinámico, de crecimiento y regresión de folículos antrales conduciendo al desarrollo de un folículo preovulatorio. Entre 1 y 4 ondas de crecimiento y desarrollo foliculares ocurren durante un ciclo estral de la hembra bovina, y el folículo preovulatorio deriva de la última.

Díaz, citado por Cabrera, 2012 comenta que “para describir la dinámica folicular bovina es necesario definir conceptos de reclutamiento, selección y dominancia:

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

Selección: *Es el proceso por el cual un folículo es elegido y evita la atresia con la posibilidad de llegar a la ovulación.*

Dominancia: *Es el proceso por el cual el folículo seleccionado domina ejerciendo un efecto inhibitorio sobre el reclutamiento de una nueva cohorte de folículos. Este folículo alcanza un tamaño marcadamente superior a los demás, es responsable de la mayor secreción de estradiol y adquiere la capacidad de continuar su desarrollo en un medio hormonal adverso para el resto de los folículos.*

Una de las principales causas por la que da origen a la regresión del folículo dominante en las primeras ondas (1 de 2 ondas y 2 de 3 ondas) sería la presencia de una frecuencia baja de los pulsos de LH debido al incremento de los niveles de progesterona, ocasionando una

menor síntesis de andrógenos y en consecuencia un porcentaje menor de estradiol que iniciarían la atresia folicular.

Sintex, 2005, menciona que; “La actividad folicular está normalmente ausente en los primeros 10 días posteriores al parto, pero normalmente comienza rápidamente posterior a éste momento. En vacas lecheras bien alimentadas, la actividad de onda folicular se acompaña por dominancia folicular, entonces es común encontrar presentación de celo y ovulación desde los 10 días de paridas; la vaca de carne es similar; el reinicio de las ondas foliculares ha sido observada a los 10 días del parto, sin embargo la ovulación ocurre más tarde que en la vaca de leche (media 30.6 días). En las vacas con condición corporal no deseable y/o pobremente alimentadas, la actividad folicular también se reinicia en este momento, pero la dominancia puede estar ausente por varias semanas. En algunas vacas primíparas se han observado hasta 11 ondas foliculares antes que un folículo dominante finalmente ovulará.”

La dinámica folicular puede entenderse como un proceso de desarrollo y crecimiento constante y de regresión de folículos antrales que da origen al desarrollo folicular pre-ovulatorio (Lucy et al., 1992). Este crecimiento folicular ovárico en la hembra vacuna, se da a través de ondas. *En este sentido, Goodman y Hodgen (1983), “sugirieron los términos de reclutamiento, selección y dominancia para describir el desarrollo de los folículos antrales. Sin embargo, hoy en día se conoce que una onda de crecimiento folicular, en animales domésticos, está compuesta de cuatro fases: reclutamiento, selección, desviación y dominancia” (Ginther et al., 1996).*

En el ciclo estral puede dar origen a una, dos, tres y hasta cuatro ondas de crecimiento de los folículos, no evidenciando hasta el momento una explicación sobre cuál es la causa por la cual las vacas tienen un mayor o menor número de ondas de crecimiento en los folículos durante el ciclo estral. No obstante, se ha vinculado que un mayor número de ondas de crecimiento folicular ovárico se presenta en ciclos estrales con mayores niveles de progesterona (Díaz et al., 1998). Una hembra bovina, puede presentar en un ciclo estral una onda de crecimiento folicular, y en el siguiente puede tener dos ondas, tres o puede tener una onda nuevamente, no marcando un patrón que indique la cantidad de ondas de crecimiento folicular que tendrá una vaca en un ciclo estral determinado.

Originalmente el desarrollo de folículos estrales se consideró que era un proceso continuo de recambio folicular, sin un patrón definido de crecimiento folicular, regresión y atresia (Marion et al., 1968). *Sin embargo, los clásicos estudios de Rajakoski (1960) y Matton et al. (1981) indicaron que al menos habían dos períodos de “recambio” de folículos antrales durante el ciclo estral de la vaca. En la década de los 80’s surge una herramienta, el ultrasonido, que ha contribuido en gran escala al conocimiento de la dinámica folicular, no solo en la vaca, sino también en la yegua, cabra, oveja, perra, búfala, camella, elefanta, etc. A través del ultrasonido se confirmó que generalmente dos o a veces solo una onda de*

crecimiento folicular ocurre durante la fase luteal del ciclo estral, antes que se desarrolle el folículo dominante pre-ovulatorio (Pierson y Ginther, 1984; Fortune et al., 1988; Savio et al., 1988; Sirois y Fortune, 1988; Ginther et al., 1989).

Distinto a lo que sucede en primates (Goodman y Hodgen, 1983), los folículos no ovulatorios en bovinos se desarrollan durante la fase luteal (inicios y mitad de la fase) del ciclo estral (Rajakoski, 1960; Ireland, 1987). Esto va reflejado en un incremento de las concentraciones de estradiol (E) en el torrente sanguíneo, pocos días después de la ovulación y durante la fase intermedia luteica.

Es de gran importancia, conocer la dinámica folicular ovárica durante el ciclo estral de la hembra con el objetivo de establecer guías, protocolos de sincronización del celo y/o la ovulación que mejoren los resultados, en términos de eficiencia reproductiva del hato.

Es importante analizar la dinámica folicular para lograr, programas de súper-estimulación de los ovarios (superovulación) con fines de transferencia de embrional, así el protocolo de tratamiento farmacológico, pueda iniciarse durante los períodos en los cuales no exista un folículo dominante en el ovario, con el objeto de obtener mayor número de embriones viables y transferibles (Wolfsdorf et al., 1997; Díaz et al., 2001).

Figura 9. Ovarios con evidencia de folículos



Fuente: BOVINEVET 2014

4.10.1. CONTROL HORMONAL DEL CICLO ESTRAL

Los controles hormonales, del ciclo estral, lleva implícito la dinámica folicular. En cada ciclo estral los ovarios bovinos sintetizan y secretan E y P4, entre otras sustancias, los cuales dirigen la función del aparato y sistema reproductor femenino. El ciclo estral comprende dos fases: la fase folicular y la fase luteal. La fase folicular o estrogénica se caracteriza por el desarrollo de un folículo pre-ovulatorio y la secreción de E por parte de

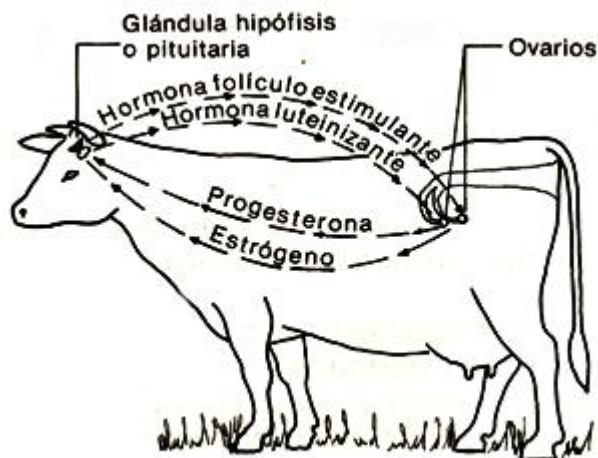
ese folículo. El E secretado tiene entre sus funciones, ejercer un efecto de retroalimentación positiva sobre la secreción de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), con el objeto de completar el desarrollo del folículo preovulatorio y la maduración final y la ovulación del mismo, respectivamente.

La fase luteal se caracteriza por la secreción de P4, la cual es producida por el cuerpo lúteo que se formó después un proceso de ovulación del folículo pre-ovulatorio. Al terminar la fase luteal, entre los días 15 a 17 del ciclo, si la vaca no queda en estado gestación, el cuerpo lúteo da origen a una regresión por efecto de la prostaglandina F (PGF), permitiendo que dé origen y desarrolle el nuevo folículo pre-ovulatorio.

Díaz et al, 2001, explican que “la secreción de gonadotropinas tiene un rol importante en el control del ciclo estral. El desarrollo del folículo pre-ovulatorio produce un nivel crítico de E que estimula al hipotálamo para aumentar la frecuencia de la liberación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), lo que trae como consecuencia que se aumente la frecuencia de la liberación de LH en la vaca. Este aumento en la frecuencia de la liberación de LH amplifica la secreción de E, completa el desarrollo folicular, induce el comportamiento de celo y la onda pre-ovulatoria de LH. En el caso de la vaca, la ovulación ocurre aproximadamente 30 h después de la onda de LH. Además de las hormonas anteriormente mencionadas, existen otras hormonas y factores de crecimiento que intervienen en el control hormonal del crecimiento folicular y por lo tanto en el control hormonal del ciclo estral. Los factores de crecimiento, entre otros: el factor de crecimiento semejante a insulina-1 (IGF-1), las proteínas ligadoras de los factores de crecimiento semejantes a insulina (IGFBP), el factor de crecimiento transformador- (TGF-), el factor de crecimiento transformador-(TGF-), el factor de crecimiento epidermal (EGF) y algunas interleucinas, modulan la foliculogénesis, pero su papel preciso en el proceso de crecimiento, diferenciación y atresia folicular es medianamente conocido.”

Junto a estos factores de crecimiento, las hormonas producidas por las células de la granulosa del folículo ovárico que ejercen una función muy importante en el control del ciclo estral y en la regulación del crecimiento folicular. Algunas hormonas que podemos mencionar son; la inhibina (Inh), activina (Act) y folistatina (FSP) producidas por las células de la granulosa del folículo ovárico. La Inh ejerce un efecto de retroalimentación negativa sobre la liberación de FSH, actúa solo a nivel de la hipófisis anterior. La Act tiene la función inversa de la Inh, es decir, estimula la secreción de FSH por la hipófisis anterior; mientras que la FSP es la proteína transportadora de la Act, por lo que tendría un papel clave en la gestión de la Inh y bloquearía la acción de la Act (Díaz, 1999).

Figura 10. Dinámica del celo en la vaca.



Fuente: SENA, Colombia 2014.

4.10.2. DINÁMICA FOLICULAR OVÁRICA DURANTE EL CICLO ESTRAL

En vacas

Es importante mencionar que bajo el término de ganadería se agrupan aquellos sistemas de producción bovina con amplias variaciones en sus objetivos y que incluyen normas de manejo que van desde las más tradicionales hasta las mejoradas que incluyen también la incorporación de tecnologías adaptadas.

Fortune 1993, cita que “la dinámica folicular ovárica es definida como el proceso continuo de crecimiento y desarrollo de folículos antrales, que conlleva al desarrollo del folículo pre-ovulatorio (Lucy et al., 1992). Cada onda de desarrollo folicular involucra cuatro fases sucesivas. La fase de reclutamiento, se define como el proceso mediante el cual un grupo o cohorte de folículos es capaz de responder a la FSH para continuar su crecimiento. Como consecuencia, un grupo de 5 a 7 folículos (5 mm en diámetro), emerge del pool de folículos pequeños que son capaces de responder a las gonadotropinas.”

Luego de la emergencia de este grupo de folículos, producto del reclutamiento, uno de esos folículos debe ser seleccionado (fase de selección) para continuar creciendo y convertirse en el folículo dominante de la respectiva onda de crecimiento. El resto de los folículos reclutados que emergieron en esta onda, van hacia la atresia. (Fortune, 1993)

El folículo escogido se transformará, en folículo dominante a través de un proceso, mediante el cual el folículo produce grandes niveles de E, a su vez promueve su propio desarrollo y aumenta su diámetro, comparado con los compañeros de su cohorte (fase de desviación) y además, adquiere competencia para alcanzar la última fase de la onda (fase de dominancia), inhibiendo el desarrollo de los compañeros de su cohorte y la emergencia de la próxima onda. El folículo seleccionado es aquel que adquiere, primero que el resto, un número mayor de receptores para LH.

En la desviación, la onda de crecimiento del folículo, inicia, cuando da origen a la diferencia en el crecimiento de los dos folículos más grandes de una cohorte (Ginther et al., 1997). En este momento, es que el folículo dominante y el primer folículo subordinado, divergen gradualmente en diámetro. El tamaño folicular en el cual se observa la diferencia entre ambos folículos tiene 8,5 mm en promedio (Ginther et al., 2002).

En la dominancia folicular, sucede cuando el folículo ovárico logra alcanzar un diámetro aproximado de 10 mm, lo cual es señal positiva de que ese folículo escapó a la atresia y secreta productos (Inh y E) capaces de impedir, la incorporación de una nueva onda folicular y el crecimiento de los folículos de su cohorte. Cuando el folículo dominante encuentra el ambiente hormonal adecuado (bajos niveles de P4), puede ser capaz de ovular y como consecuencia se formará el cuerpo lúteo. Contrariamente a esto, cuando el folículo dominante llega a la fase de dominancia durante la fase luteal, en la cual existen altos niveles de P4, cuando los niveles de LH no son suficientes para estimular su crecimiento final y ovulación, este folículo pierde su dominancia y facilita el reclutamiento y la emergencia de una nueva cohorte de folículos, del cual emergerá el próximo folículo dominante.

Figura 11. Oleadas Foliculares.

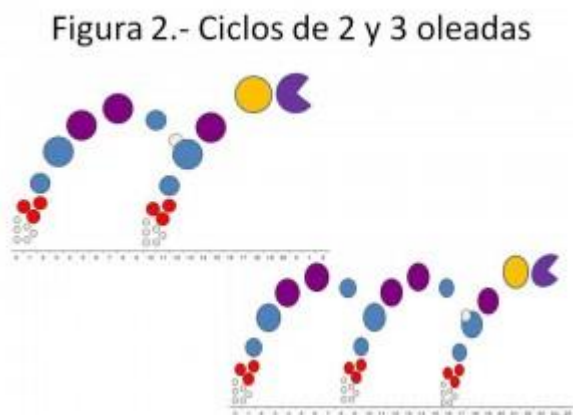
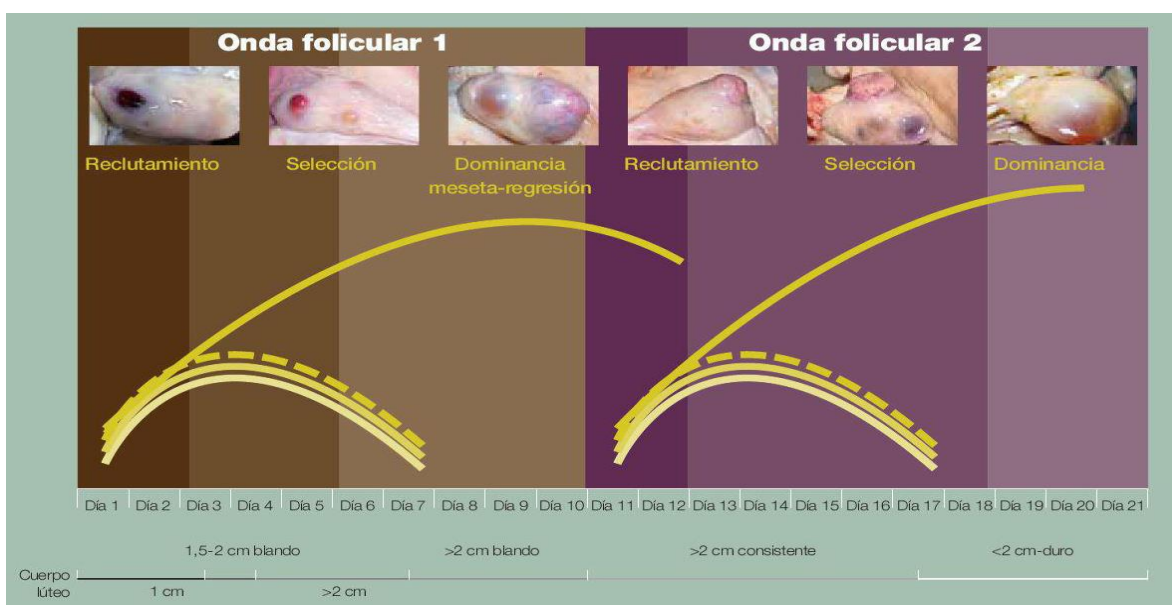


Figura 3.- Oleada de crecimiento folicular



Fuente: BOVINEVET, 2014

4.10.3. Duración del Ciclo Estral en Vacas.

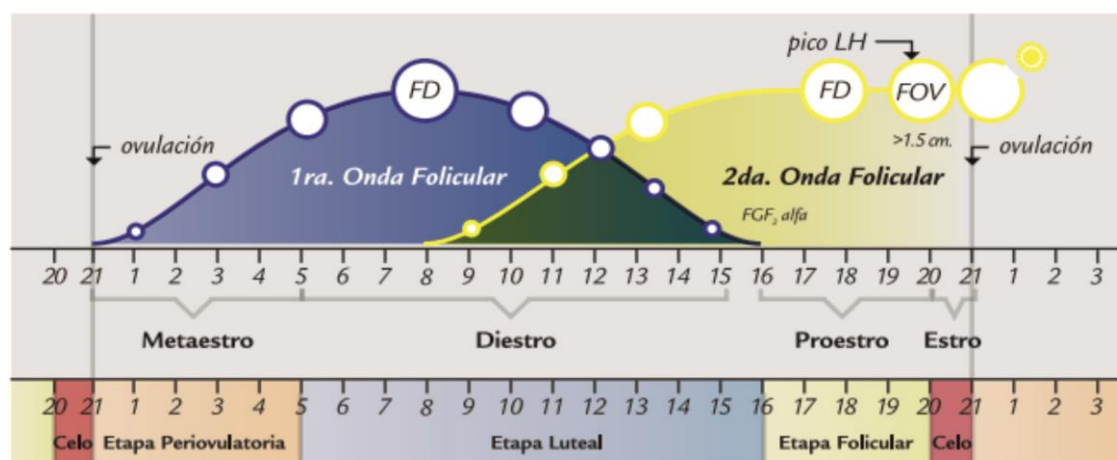
En una investigación, generada en Venezuela la duración promedio de diez ciclos estrales estudiados en vacas DP fue de 20,5 días, observándose que aquellos ciclos que presentaron una sola onda de crecimiento folicular, tuvieron una duración de 19 días, mientras que los ciclos que presentaron dos ondas de crecimiento folicular tuvieron una duración promedio de 21,1 días, siendo estos valores similares a los reportados en novillas mestizas (Díaz et al., 1986).

4.10.4. Ondas de Crecimiento Folicular durante el Ciclo Estral en vacas doble propósito

Cuando se da un monitoreo, mediante ultrasonografía, de la dinámica folicular en vacas, con un alto contenido de genes *Bos taurus*, puede evidenciar ciclos estrales de una o dos ondas de crecimiento folicular. Así por ejemplo, en un estudio del seguimiento de 10 ciclos

estrales, se observó que 3 de ellos (30%) presentó una sola onda de crecimiento folicular; mientras que el otro 70% (n=7) presentó dos ondas de crecimiento folicular, lo cual no implica que las vacas no presenten tres ondas de crecimiento folicular, como se ha observado en ganado Brahman (D'Enjoy, 2006), siendo esta raza una de las bases del ganado doble propósito.

Figura 12. Ondas Foliculares.



Fuente: BOVINEVET, 2014

4.10.5. Emergencia de los Folículos Dominantes en Ciclos Estrales con dos ondas de Crecimiento Folicular

D'Enjoy, 2006, citado por Díaz, comenta que, “las ondas de crecimiento folicular, de acuerdo a lo reportado, emergen los días 2 y 11 del ciclo, cuando el ciclo estral presenta dos ondas de crecimiento folicular. Si el ciclo presenta tres ondas de crecimiento folicular, su emergencia se observa los días 2, 9 y 16 del ciclo. La primera onda es la más predecible, sucediendo su emergencia el día 2 del ciclo, tanto en ciclos con dos o tres ondas de crecimiento folicular (Sirios y Fortune, 1988; Badinga et al., 1992). En el caso de vacas DP, la emergencia de las ondas, combinando ciclos con una y dos ondas de crecimiento folicular fue en promedio el día 1,9 del ciclo. En aquellos ciclos que solo presentaron una onda de crecimiento, la emergencia de la onda ocurrió el día 2 del ciclo, mientras que en los ciclos con dos ondas, la emergencia ocurrió el día 1,85 del ciclo, lo cual concuerda con lo reportado en la literatura, tanto para vacas Bos taurus (Badinga et al., 1992; Fortune, 1993) como para vacas Bos indicus.

Ciclos con dos ondas de crecimiento folicular, la emergencia del segundo folículo dominante que constituye el folículo pre-ovulatorio ocurrió el día 9,6 del ciclo, lo cual es 1,4 días antes de lo señalado en la literatura. En vacas Brahman se ha observado que la emergencia del segundo folículo dominante ocurre el día $8,4 \pm 0,4$ del ciclo (D'Enjoy, 2006). Se puede especular, que ese menor intervalo en la emergencia de las ondas observado en vacas doble propósito, comparada con vacas Bos taurus, puede ser debido a la carga genética Brahman que contiene el ganado doble propósito estudiado.

4.10.6. Diámetro del Folículo Dominante a la Emergencia de la Onda

El diámetro a la emergencia del folículo dominante de la primera onda, en ciclos estrales que presentaron dos ondas fue mayor ($7,8 \pm 0,8$ mm) que el diámetro del folículo dominante de la segunda onda ($5,8 \pm 0,3$ mm). Éste último mostró un diámetro similar al presentado por el segundo folículo dominante de ciclos estrales de dos ondas ($5,8 \pm 0,2$ mm) en vacas Brahman (D'Enjoy, 2006).

4.10.7. Máximo Diámetro alcanzado por el Folículo Dominante no Ovulatorio

Basados en el crecimiento folicular en vacas Bos taurus y Bos indicus, estudios señalan que el desarrollo y dominancia folicular son análogos en ambos casos. La diferencia radica en el diámetro alcanzado por el folículo dominante no ovulatorio y el folículo pre-ovulatorio; en el caso de vacas Bos indicus, el folículo dominante alcanza un diámetro menor, entre 10–13 mm (Figueiredo et al., 1997) y $13,5 \pm 2,1$ mm. D'Enjoy, 2006, “cita que en vacas Brahman en nuestro medio; mientras que, en el caso de vacas Bos taurus, el folículo puede alcanzar un diámetro mayor, entre 15–18 mm. En el seguimiento de la dinámica folicular en vacas DP, el folículo dominante alcanzó un tamaño intermedio entre 14 y 16 mm, con un promedio de 14,3 mm.”

Es decir, no llega al tamaño que alcanzan los folículos dominantes en las vacas Bos taurus pero es un poco más grande que el tamaño alcanzado por el folículo dominante en vacas Bos indicus.

4.10.8. Diámetro del Folículo Dominante pre-Ovulatorio

En los diez ciclos estrales estudiados el folículo pre-ovulatorio alcanzó un diámetro máximo de 14,9 mm el día antes de la ovulación. En este caso, el tamaño observado es menor que el alcanzado por el folículo pre-ovulatorio en vacas Holstein, cuyo diámetro puede llegar a los 18 mm. Sin embargo, es de mayor tamaño que el diámetro alcanzado por el folículo pre-ovulatorio de vacas Brahman, en cuyo caso el folículo alcanza un diámetro de $13,5 \pm 2,1$ mm, el día antes de la ovulación (D'Enjoy, 2006).

4.10.9. Número de Folículos clase 1, clase 2 y clase 3

Desde el punto de vista ultrasonográfico, los folículos ováricos se clasifican de acuerdo a su diámetro (Díaz et al., 1998), en folículos clase 1 (3-5 mm), clase 2 (6-9mm) y clase 3 (10 mm). Basado en esto, el número de folículos en cada una de las clases varia a medida que transcurre el ciclo estral, notándose que el mayor número de folículos clase 1 estarán presentes en los primeros días del inicio de la onda. A medida que la onda folicular avanza, algunos de los folículos clase 1 incrementan de tamaño, mientras que la mayoría va hacia la atresia. Aquellos que incrementan de tamaño se transforman en folículos clase 2, seleccionándose de este grupo el folículo que continuará creciendo, y que se transformará en el folículo dominante de la onda, siendo clasificado como folículo clase 3.

4.10.10. Tasa de Crecimiento del Folículo Dominante

El período de selección y antes de iniciarse la desviación, el diámetro del folículo dominante y del primer folículo subordinado no varía. Tras la desviación, el folículo dominante inicia su crecimiento lineal hasta llegar a un diámetro en el cual va a permanecer por dos o tres días. Luego irá hacia la atresia, si es el folículo dominante de la primera onda o llegará a la ovulación si es el folículo dominante pre-ovulatorio. En el caso del folículo dominante de la primera onda, en vacas doble propósito, este folículo evidencia un crecimiento lineal, con un incremento de $0,4 \pm 0,1$ mm/d, tasa de crecimiento semejante a la observada en vacas Brahman ($0,5 \pm 0,1$ mm/d) para el primer folículo dominante (D'Enjoy, 2006).

El segundo folículo dominante, en ciclos estrales de dos ondas de crecimiento folicular, el folículo dominante incrementa a una tasa de $0,7 \pm 0,04$ mm, la cual es levemente mayor que la registrada para el folículo dominante de la primera onda, y que la reportada para el folículo dominante pre-ovulatorio en vacas Brahman ($0,4 \pm 0,1$ mm), con ciclos estrales de dos ondas de crecimiento folicular (D'Enjoy, 2006). Considerando el diámetro del folículo pre-ovulatorio el día de la emergencia, se puede concluir que la tasa de crecimiento que registra es mayor que la observada para el primer folículo dominante, pues el primero, es el folículo que ovulará y debe alcanzar un mayor diámetro.

4.10.11. Duración de las Ondas Foliculares

Está determinada por los niveles de P4 durante el ciclo, mientras que, los ciclos estrales donde existe más concentración de P4 durante la fase luteal, tendrán un mayor número de ondas de crecimiento folicular (Fortune, 1993; Díaz et al., 1998). En vacas doble propósito con ciclos estrales de dos ondas de crecimiento folicular, la primera y la segunda onda

mostraron una duración de 11 y 12 días, respectivamente. En las vacas Brahman, la primera y la segunda onda tuvieron una duración de 10 y 13 días respectivamente (D'Enjoy, 2006).

4.10.12. Cuerpo Lúteo

El cuerpo lúteo es un órgano endocrino transitorio, cuya principal función es la producción de P4, en primera instancia para el acondicionamiento del útero y recibir al óvulo fecundado, y posteriormente, para el mantenimiento de la gestación en las vacas preñadas hasta que la placenta tome la dirección de la misma. El cuerpo lúteo se forma posterior a la ovulación en la cavidad dejada por el folículo que ovuló e inicia la producción de P4, de 2 a 3 días después de la ovulación. El cuerpo lúteo presentará tres fases durante su desarrollo. Una primera fase de crecimiento, la cual se acompaña del aumento de los niveles circulantes de P4. Durante la segunda fase de meseta se registra la máxima producción de P4. Por último, si la hembra no queda gestante, el cuerpo lúteo regresiona por acción de la luteolisina uterina, la PGF, la cual se secreta entre los días 15 y 17 del ciclo estral. (Díaz et al., 1998).

Fortune, 1993, comenta, que “esas diferentes fases del desarrollo de esta glándula pueden observarse a través del ultrasonido, estando indicadas por los cambios en el diámetro y en el área del cuerpo lúteo. Durante la primera fase se observará un incremento en la ecogenicidad y área del cuerpo lúteo, seguida por una fase de estabilización en el tamaño, para disminuir después que ocurre la luteolisis.”

4.11. OVOGÉNESIS

4.11.1. Ovogénesis y Foliculogénesis

Un gran porcentaje de las especies de mamíferos no presentan división mitótica de la célula germinal femenina después del nacimiento, de manera que, el número de ovocitos presentes al nacimiento representa el total disponible durante la vida del animal. En el feto bovino, la ovogonia se desarrolla a partir de las células primordiales germinales que han migrado hasta el ovario durante el proceso de embriogénesis temprano, prolifera alrededor del día 50 hasta el día 130 de la gestación. La degeneración ovogonial inicia alrededor del día 95 de la vida fetal y la mayoría de los ovocitos producidos durante este período (60% o más) son descartados del ovario antes del parto.

Un segundo evento de desarrollo se inicia a los 80 días de la vida fetal cuando la ovogonia inicia la meiosis. Este proceso se detiene en todos los ovocitos en el estadio diploteno de la profase meiótica, acompañando estos cambios nucleares están la formación del folículo

primordial, la diferenciación de una capa de células aplanadas que lo envuelven conocida como células de la granulosa, el establecimiento de una lámina basal rodeando la granulosa y la diferenciación de una capa de células de teca exteriores a la lámina basal. La población de folículos primordiales puede considerarse como una cuenta en la cual la foliculogénesis es un retiro, comenzando al inicio de la vida fetal y continuándose en la pubertad y en los períodos reproductivos de la vida del animal. (Fernández. T. A, 2003)

4.11.2. EL PROCESO DE LA FOLICULOGÉNESIS

La foliculogénesis se define como la expresión de folículos primordiales cuando inician su crecimiento y diferenciación en un proceso aparentemente continuo pero irreversible. Cuando un folículo primordial ingresa al grupo de crecimiento, será conducido a uno de dos hechos: la degeneración por atresia (sufrida por el 99% o más) o la ovulación alcanzada por muy pocos. El intervalo de tiempo requerido para la activación de un folículo primordial durmiente hasta su ovulación ha sido estimado en 180 días.

Cuando la capa de células de la granulosa cambia de aplanadas a cuboidales y la teca interna comienza su diferenciación, al folículo en desarrollo se le denomina folículo primario. Su crecimiento al siguiente estadio, que es el de folículo secundario, se completa por la proliferación de las células de la granulosa. Los folículos en estos dos estadios se describen colectivamente como preantrales.

Fernández, A, 2003, comenta que “el inicio de la cavidad del folículo que forma el antro líquido es el siguiente estadio en su desarrollo. Los folículos antrales existen en el ovario bovino con diámetros comprendidos en el rango de 0.1 a 20 mm. Generalmente se acepta que la formación del antro es un evento influenciado por las gonadotrofinas y que la FSH es la principal hormona responsable. La ultrasonografía proporcionó la evidencia definitiva de que esta última fase del desarrollo folicular se producen en forma de ondas a lo largo de todo el ciclo estral.”

4.11.3. ÚLTIMA FASE DE LA FOLICULOGÉNESIS: LAS ONDAS FOLICULARES

Una onda de desarrollo folicular se puede definir como el desarrollo armónico y simultáneo de varios folículos antrales pequeños, en promedio 24 por onda con un rango de 8 a 41, funcionando a través de estadios integrados de reclutación, selección y dominancia folicular. (Díaz 1998).

La capacitación es un proceso por el que, bajo la responsabilidad de la FSH, un conjunto de folículos antrales tempranos (2-3 mm de diámetro) inician su crecimiento, en un ambiente con suficiente soporte gonadotrófico que les facilita progresar a la ovulación. La selección es un proceso por el cual un único folículo evade la atresia y adquiere competencia para alcanzar la ovulación. La dominancia es el medio por el cual el folículo seleccionado inhibe

el reclutamiento de una nueva serie de folículos. El reclutamiento no ha recibido la misma atención investigativa como la dominancia folicular y la ovulación.

Algunos grupos, más que decir que son folículos aislados, son reclutados y este proceso se relaciona con cambios medibles de la FSH circulante. Factores en el interior de los ovarios (intraováricos) influenciados y estimulados por la FSH están involucrados en el proceso de reclutamiento folicular y los IGF (Factores de crecimiento ligados a la insulina) y sus proteínas de enlace (IGFBP) han sido implicados en la amplificación de la acción de la FSH.

El principal mecanismo de dominancia no ha logrado determinar totalmente y se especula que éste está vinculado con un efecto de disminución parácrino del folículo dominante sobre los demás folículos subordinados del mismo grupo que se encuentra en desarrollo.

Algunos mecanismos no podrían ser involucrados en la vaca u otras especies monoovulares donde el folículo dominante está presente en un ovario y se produce inhibición de los folículos subordinados del ovario contra lateral. Por esta razón consiguiente, el más aceptado que la dominancia se produce por medio de algún factor que tiene un efecto de retroalimentación negativa sobre la secreción de gonadotrofinas. Algunos candidatos como la inhibina, que se produce primariamente en las células de la granulosa y disminuye directamente la secreción hipofisaria de FSH. Otro candidato, la folistatina, proteína que tiene gran afinidad de unión por la activina, proteína esta última que eleva la secreción de FSH. Por su unión a la activina, la folistatina reduce la secreción de FSH. El desarrollo del folículo dominante hasta las dimensiones preovulatorias depende estrictamente de las gonadotrofinas. (D'Enjoy, 2006)

Los folículos antrales adquieren los receptores para LH en la teca y para FSH en la granulosa, bajo la influencia de la LH las células de la teca sintetizan andrógenos que cruzan la lámina basal al interior del compartimiento de las células de la granulosa. Influenciada por la FSH, estos andrógenos son aromatizados en estrógenos. El cambio clave que asienta durante el desarrollo de la competencia ovulatoria de un folículo es la adquisición de receptores para LH por las células de la granulosa. En los folículos donde esto se ha realizado, la LH actúa induciendo la síntesis de grandes cantidades de estrógenos en sinergia con la FSH. Este proceso es un auto refuerzo en el que los estrógenos inducen la formación de más receptores de LH y ésta y la FSH genera una secreción de estrógenos. Los folículos bovinos que se vuelven dominantes o estrogenoactivos producen gran cantidad de estrógenos que los subordinados y tienen considerablemente más número de receptores tanto de LH como de FSH. A través de un incremento en el número de receptores de FSH, el folículo dominante este puede ser capaz de seguir creciendo aún en un medio con bajas concentraciones plasmáticas de FSH, mientras que los folículos subordinados sucumben con estos bajos niveles.

Estudios indican que los IGF y especialmente el IGF-1 potencializa el desarrollo del folículo, pero no se han establecido diferencias claras en las concentraciones de IGF-1 entre el folículo dominante o subordinado (D'Enjoy, 2006)

Hay regulaciones múltiples de la actividad de IGF basado en proteínas ligadoras de IGF (IGFBP) que fijan y capturan a la misma y se ha demostrado que existe mayor concentración de IGFBP en los folículos subordinados que en el dominante. Este hallazgo es consistente con la idea que plantea que los folículos dominantes pueden emplear de manera más efectiva los niveles existentes de FSH debido al aumento de disponibilidad de los IGF y que la atresia de los folículos subordinados es producto de una reducción inducida por las IGFBP sobre los IGF. (Fernández. H.T, 2003)

Utilizando la ultrasonografía se puede observar que a los dos días de detectarse una onda, existe un folículo (folículo dominante) que se desarrolla más rápidamente que los demás (folículos subordinados). A los 6-7 días del comienzo de la onda el folículo dominante este ha alcanzado prácticamente su máximo tamaño (15-17 mm) y los folículos subordinados han sufrido un proceso de atresia. En este momento, el folículo dominante puede ovular o de lo contrario entra en una fase estacionaria, que dura aproximadamente otros 6 días y en la que mantiene su tamaño y capacidad ovulatoria. Si entonces no se ha producido la ovulación de este folículo, comienza un proceso de atresia y otros 9 días más tarde su tamaño ya ha descendido por debajo de los 4 mm.

En un ciclo sexual fisiológico, el factor fundamental del destino del folículo dominante (ovulación o atresia) es la cantidad de progesterona, cuando este folículo termina su fase de crecimiento. De esta manera, cuando los niveles de progesterona son elevados (fase luteínica) del ciclo) se produce la regresión del folículo dominante, mientras que en la fase folicular del ciclo, sin el "freno" de la progesterona, el destino del folículo dominante es la ovulación.

Fernández 2003, comenta que “a lo largo del ciclo estral, típicamente se producen 2 o 3 ondas de desarrollo folicular. En vaquillonas y durante el post parto precoz de vacas multíparas parecen más frecuentes los ciclos ováricos con 2 ondas, mientras que vacas adultas presentan habitualmente ciclos de 3 ondas. Todavía no existen datos estadísticos suficientes sobre la frecuencia relativa de ciclos de 2 o 3 ondas referida a cada población bovina o estado productivo de los animales. De todas maneras, esta diferencia viene condicionada por la duración del cuerpo lúteo de ciclo, lógicamente menor en ciclo de 2 ondas que en ciclos de 3 ondas. También se han detectado ciclos con 4 ondas foliculares y en estos casos la duración del ciclo ha sido de 24 días, ocurriendo la luteólisis en torno al día 20 - 21 del ciclo. Así, el principal factor que condiciona la duración del ciclo y por lo tanto la existencia de 2 o 3 ondas por ciclo, parece ser la vida del cuerpo lúteo. En ciclos estrales con 2 ondas de desarrollo folicular, éstas se pueden detectar el día de la ovulación (día 0) y el día 10 post ovulación. Este último folículo es el que ovulará, ya que la

regresión del cuerpo lúteo ocurre el día 16 -17 del ciclo, mientras que el folículo que comenzó su desarrollo el día 0 normalmente experimentará un proceso de atresia. En ciclos con 3 ondas éstas pueden ser detectadas los días 0, 9 y 16 post ovulación, siendo las dos primeras anovulatorias debido a que la fase luteal se mantiene en estos casos hasta el día 19 del ciclo.”

La dinámica folicular se mantiene al menos durante los 2-3 primeros meses de gestación, habiéndose observado en vacas gestantes la presencia de ondas periódicas que surgen cada 9- 10 días. Evidentemente, estos folículos no llegaron a ovular debido al efecto inhibidor de la progesterona producida por el cuerpo lúteo de gestación.

Es importante evidenciar que se desconoce el papel biológico y el significado de los ciclos de 2 y 3 ondas. Se ha sugerido que la producción de estrógenos por parte del folículo dominante de la primera onda del ciclo regularía de alguna manera el transporte del huevo hasta el útero. En ciclos de 2 y 3 ondas, los folículos de la segunda onda, inducirían la formación de receptores oxitocínicos en el útero, necesarios para la síntesis y liberación posterior de PGF₂; por parte de éste órgano.

Ha quedado demostrado que los folículos dominantes de cualquier onda del ciclo son capaces de ovular, y lo que es igualmente importante, que la fertilidad subsiguiente a la ovulación de cualquiera de estos folículos es muy similar.

El conocimiento de estas ondas de desarrollo folicular y su regulación tiene gran trascendencia práctica y nos permite predecir de una manera bastante exacta la respuesta de los animales a los diferentes métodos de control hormonal del ciclo. Así por ejemplo la respuesta superovulatoria de vacas tratadas con FSH o PMSG en transferencia de embriones está supeditada a la fase de desarrollo folicular en que se inicia el tratamiento de superovulación.

Las superovulaciones iniciadas a partir del 4º día de la fase de crecimiento de un folículo dominante conducen a respuestas más pobres en lo que refiere a número de ovulaciones, debido a que la causa de atresia de los folículos subordinados de esa onda ya está avanzado y es muy difícil rescatar muchos de esos folículos.

Por otra parte los tratamientos superovulatorios comenzados simultáneamente con el inicio de una onda de desarrollo folicular conseguirán reclutar o rescatar de la atresia un número mayor de folículos.

4.12. SINCRONIZACIÓN DEL CICLO ESTRAL

Becaluba, 2006, argumenta que “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 estro. Uno de los factores que causa mayores limitaciones en el rendimiento reproductivo del ganado bovino, es la falla en la detección de celo en una forma eficiente y precisa que permita una inseminación a tiempo para lograr una buena eficiencia reproductiva en el rebaño. Se ha reportado una alta correlación (0.92) entre un largo intervalo entre partos y la falla en la detección del estro, mientras que la correlación entre éste parámetro y la tasa de concepción es sólo de 0.32; esto indica que la detección de celo juega un papel primordial cuando se usa inseminación artificial. Es evidente que la búsqueda para la solución de este problema de manejo llevó a idear mejores protocolos para la sincronización del celo y la ovulación, que al ser más eficientes durante el servicio permiten mantener índices de fertilidad adecuados. Idealmente, 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. La regulación del ciclo estral es una alternativa para obviar la detección del estro. El propósito es controlar el momento del celo y por lo tanto el momento de la ovulación. Esto haría posible incrementar el porcentaje de hembras inseminadas en el rebaño durante el período deseado de servicios. Si no se puede eliminar la detección de celo, al menos el trabajo requerido para tener una observación diaria de hembras para la detección del celo, podría reducirse agrupando a los animales y concentrando los esfuerzos de detección durante períodos previamente predeterminados.”

La regulación del ciclo estral se debe considerar como una estrategia económicamente viable, la inversión en los productos utilizados para la sincronización del celo y ovulación, así como el trabajo requerido para la detección del celo, deben incurrir en gastos menores que la ganancia obtenida a través del aumento del número de vacas que conciben durante el período de sincronización. La inversión debe incluir el costo del tratamiento, el número de veces que el animal necesita ser manejado y los cambios favorables en la tasa de concepción. Algunas consideraciones deseables en un buen protocolo de sincronización, incluyen: una alta tasa de respuesta al tratamiento farmacológico cuando este se inicia en cualquier fase del ciclo estral; elevada sincronía en momento del estro y de la ovulación y fertilidad normal y retorno en condición normal al celo con elevada fertilidad en los servicios siguientes, esperando un 95%.

4.12.1. DINÁMICA FOLICULAR OVÁRICA Y LA SINCRONIZACIÓN DEL

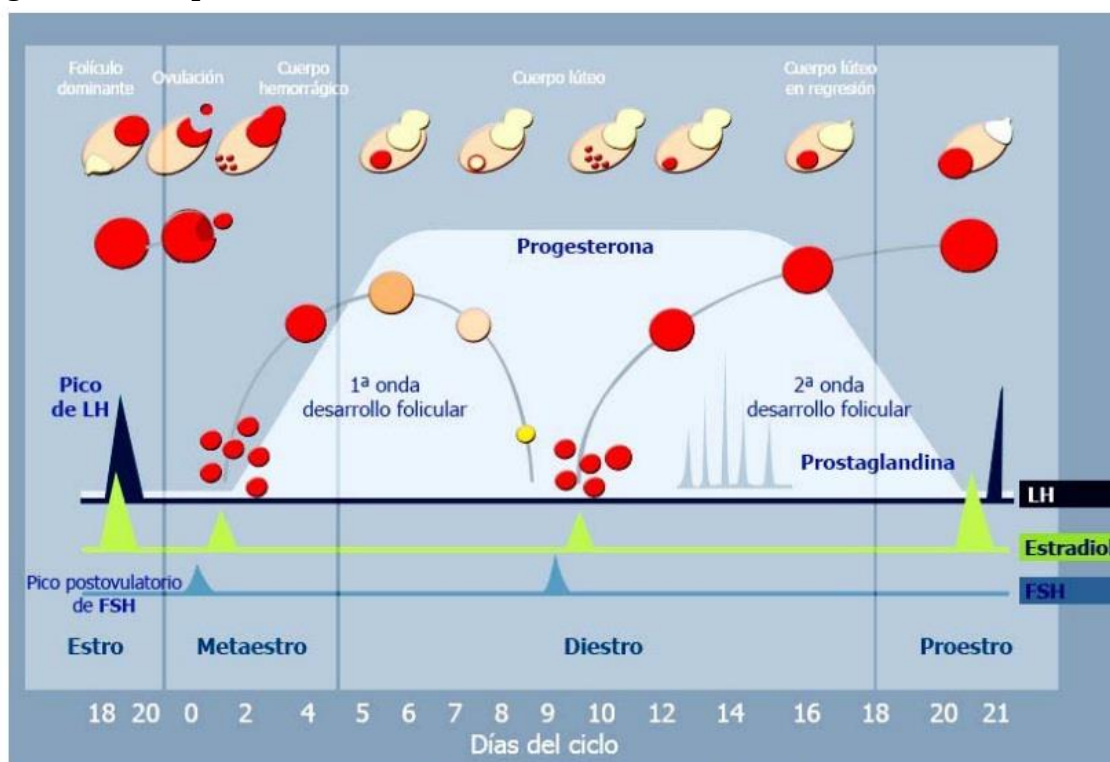
CELO Y DE LA OVULACIÓN

Una efectiva sincronización del celo está influenciado por el control del cuerpo lúteo (CL) y del desarrollo folicular ovárico. Diversas observaciones que demostraron que la sincronía de la onda de LH en respuesta a la luteólisis inducida por prostaglandina F2a (PGF2a), depende de la igualdad existente al momento del tratamiento en la población de folículos grandes entre las hembras.

Fernando B, 2006, cita que “con base a estudios morfológicos e histológicos de los ovarios en bovinos, se concluyó que la actividad folicular durante el ciclo estral ocurre en ondas. El uso del ultrasonido reveló que ocurren dos o tres ondas de crecimiento folicular durante el ciclo estral en bovinos. El inicio de la primera onda de crecimiento folicular durante el ciclo estral se detecta en los ovarios como una cohorte de folículos de 4 mm de diámetro que aparece en el ovario el día antes de la ovulación.”

En los próximos días, uno de esos folículos se hace dominante y los otros se hacen folículos subordinados. Una segunda onda emerge alrededor de 10 días después de la ovulación, y si el ciclo es de tres ondas, entonces una tercera onda folicular aparece el día 16 del ciclo estral. El folículo ovulatorio se origina de la última onda. Existen numerosos reportes en la literatura, sobre la dinámica folicular durante el ciclo estral en el bovino, debido al interés que representa como información básica para el diseño de protocolos para la sincronización del celo y la ovulación y para los programas de superovulación. (Díaz, et al 2003)

Figura 13. Comportamiento de ovulación.



Adaptado. Fuente: Dr. Joel Hernández Cerón y MVZ Víctor Manuel Martínez Torres.

Fuente: BOVINEVET, 2014

4.12.2. EVALUACIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN Y OVULACIÓN

Diferentes parámetros han sido usados para evaluar los protocolos de sincronización; entre ellos se indican según Rajakoski 1960:

1. Tasa de sincronización: definida como el número de animales que presentan celo durante los cinco a siete días siguientes a la aplicación del tratamiento, dividido por el número de animales que recibieron el tratamiento.
2. Tasa de preñez: se define como el número de hembras que conciben, después de la inseminación artificial, en los cinco o siete días siguientes al tratamiento, dividido por el número de hembras inseminadas.
3. Tasa de concepción: definida como el número de hembras que conciben en los cinco a siete días siguientes al tratamiento, después de la inseminación artificial, dividido por el número de hembras en celo durante los cinco a siete días siguientes al tratamiento.

4.12.3. PROTOCOLOS PARA LA SINCRONIZACIÓN DEL CELO Y LA OVULACIÓN

Ginther et al, 1989, menciona que la sincronización del estro implica la manipulación del ciclo estral o la inducción del celo, de manera tal de provocar que un gran número de un grupo de hembras, entren en celo en un tiempo predeterminado. El desarrollo de los sistemas de regulación del celo y la ovulación en el bovino, se ha dividido en cuatro fases. Durante la primera fase, que se inicia en 1960, se utilizaron numerosos compuestos progestacionales a través de diferentes métodos, tales como la alimentación, adición al agua de bebida, implantes subcutáneos, aplicaciones tópicas y dispositivos intravaginales. En estos casos el celo ocurría en 80 a 90% de los animales tratados, en un período de 4 días después del retiro del progestágeno; sin embargo, la tasa de concepción no era mayor a 10 ó 15%, comparada con la tasa de concepción de hembras no tratadas. La segunda fase se caracterizó por intentos para combinar progestágenos y estrógenos o gonadotrofinas, con el objetivo de tener un mayor control del celo y la ovulación. Aunque estos protocolos resultaron en mejores tasas de concepción y sincronización del celo, en algunos casos no fueron muy exitosos. La tercera fase se inició alrededor de 1972, luego del advenimiento y demostración de los efectos luteolíticos de la PGF2a en vacas. En la cuarta fase se combinó el uso de progestágenos y PGF2a.

En la década del '90, se desarrollaron protocolos que sincronizan el desarrollo de ondas foliculares ováricas para incrementar efectividad de la precisión del celo después de su inducción del mismo y sincronizar la ovulación con el objetivo de permitir la inseminación artificial en un tiempo fijo. Gran parte de los protocolos incluyen el uso de un agonista de la

hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH) y de un agente luteolítico, con el fin de activar la ovogénesis. (Matton et al 1981)

Una variedad de fármacos hormonales se han utilizado para estimulación y sincronizar del celo en muchas granjas ganaderas. Estos protocolos de sincronización disponibles utilizan agentes luteolíticos o progestágenos. El celo es la consecuencia del crecimiento coordinado de un folículo ovárico y del aumento en la secreción de estradiol acoplada con la lisis del cuerpo lúteo. Su regulación en crecimiento folicular y la secreción de estradiol combinada con una regulación de la actividad luteal pueden proveer un medio efectivo para incrementar la precisión de la sincronización del celo y para optimizar aún más la fertilidad.

4.12.4. Sincronización del Estro a través del Uso de Progesterona (P4) o Progestágenos

La progesterona y progestágenos se han utilizado para sincronizar el celo, desde 1951, por su efecto de supresión del estro. Dichos compuestos han sido administrados a través de diferentes vías, desde inyecciones diarias, dispositivos intravaginales liberadores del compuesto, y a través del alimento. Uno de los compuestos usados por vía oral (administración con el alimento) es el progestágeno sintético acetato de melengestrol (MGA), bajo condiciones de asepsia (Rajakoski 1960).

Díaz et al, 2001, comenta que “una revisión de 24 estudios demostró la efectividad del MGA como agente sincronizante, administrado en el alimento por 10-18 días; la tasa de hembras tratadas con MGA que presentaron celo en un período de 6 días después del retiro del compuesto, fue similar al porcentaje de las hembras del grupo control que presentaron celo durante un período de 20 días. Sin embargo, la tasa de concepción fue 14% más baja que en el grupo control. Recientemente, se ha demostrado que el tratamiento de ganado bovino con progestágenos durante la fase folicular del ciclo estral causa el desarrollo de folículos persistentes que promueven una baja fertilidad. El folículo se mantiene, ya que en ausencia de un CL, y bajo la administración del progestágeno, la frecuencia de pulsos de secreción de LH aumenta, presentando el patrón tí- pico que se observa durante la fase folicular del ciclo estral, lo que ocasiona que se mantenga el crecimiento del folículo y resulte en bajas tasas de concepción. Otra forma de administrar los progestágenos es a través de dispositivos intravaginales, que permiten la liberación continua de progesterona y eliminan la necesidad de inyecciones diarias o el suministro en el alimento. Al igual que la administración de MGA con el alimento, la introducción de un dispositivo intravaginal liberador de P4, por 14 ó 21 días, resulta en excelentes tasas de sincronización aunque con bajas tasas de concepción. Sin embargo, el tratamiento con P4 por períodos más cortos sin el uso de un agente luteolítico, no resulta en tasas de sincronización aceptables debido a que la P4 liberada por el dispositivo tiene efectos variables sobre el CL, disminuyendo la síntesis luteal de P4 y aumentando su sensibilidad a la PGF2a. Esto no ocurre si el tratamiento se lleva a cabo hacia la mitad del ciclo (días

9 a 11). Por esas razones, los protocolos de sincronización del estro que incorporan dispositivos liberadores de P4 por un período corto, deben involucrar también el uso de agentes luteolíticos, ya sea estrógenos o PGF2a.”

4.12.5. Combinación de Progesterona/Progestágenos con Estrógenos

Los estrógenos son agentes luteolíticos que al administrarse en la etapa inicial del ciclo estral, como sucede al inicio de un tratamiento farmacológico, con progestágenos durante nueve días. El estrógeno cumple una función muy importante que radica en la de servir como un agente luteolítico y la del progestágeno fue inhibir el desarrollo del cuerpo lúteo, en animales con condiciones recientes de ovulación o evitar la ovulación si el tratamiento se inició en la última fase del ciclo. El tratamiento consiste en un implante que contiene 6 mg de norgestomet (progestágeno) por 9 días y una inyección de 5 mg de valerato de estradiol más 3 mg de norgestomet, administrados en el momento de inserción del implante, se puede lograr sincronizar el estro en forma exitosa. (Ginther et al 1989)

El Synchro-Mate B es un tratamiento farmacológico que está disponible. Las tasas de sincronización después de un tratamiento con Synchro-Mate B son altas, entre 77 y 100%; sin embargo, la tasa de concepción está influenciada por una serie de condiciones que pueden ser bióticas y abióticas, y el día del ciclo en que se inicia el tratamiento. Otro aspecto importante es la observación que la inyección de valerato de estradiol y cómo influye esta en la dinámica folicular, minimizando el tamaño de los folículos de mayor desarrollo en el ovario, cuando el inicio del tratamiento con norgestomet se efectuó dos días después del celo, trayendo como consecuencia que se reclutara una nueva cohorte de folículos.

Pueden ser variados los resultados esperados usando este esquema de sincronización, debido al efecto del valerato de estradiol sobre el folículo dominante que puede atribuirse a la larga vida media del valerato de estradiol, lo que pudiera ser mejorado utilizando benzoato de estradiol. Una reducción en fertilidad después del tratamiento con Synchro-Mate B ha sido atribuida a la presencia de estros anovulatorios o a un desfase entre el momento del servicio y la maduración del folículo preovulatorio y la ovulación. Acosta T, J 2007)

4.12.5. Combinación de Progesterona/Progestágenos con PGF2a

La utilización de dispositivos liberadores de progesterona y el uso de PGF2a, al momento de retirar el implante, o 24 a 48 h antes de la remoción del mismo; el implante o el dispositivo liberador de P4 se deja por 7 a 9 días, y la inyección de PGF2a se realiza 24 ó 48 h después de la remoción del implante, con el objeto de aumentar la precisión del celo y permitir una inseminación a tiempo pre-determinado. Es posible que la administración de PGF2a y la remoción del implante conlleven a un aumento en la frecuencia de liberación de

pulsos de LH, lo que permite un desarrollo más homogéneo del folículo pre-ovulatorio y un aumento en la precisión del celo.

Matton et al 1981, comenta que, “el desenvolvimiento de métodos de sincronización de celos en bovinos con la manipulación del ciclo estral que permitan la utilización de forma eficiente a la Inseminación Artificial, a constituido un desafío para la Medicina Veterinaria. Para que los métodos de sincronización de celos en bovinos sean utilizados se debe tener en cuenta el costo de las hormonas utilizadas y el porcentaje de preñez, en definitiva tener en cuenta la relación costo/beneficio de los animales tratados. La primera propuesta referente a un método capaz de manipular al ciclo estral de la vaca partió de Christian y Casida en 1948 que surgieron con la utilización de la progesterona con el fin de bloquear la función reproductiva.”

En el momento que se suspende la medicación del fármaco una buena parte de los animales deberían de manifestar una respuesta positiva al celo. En 1968 Wiltbank y Kasson verificaron que la incorporación de un estrógeno (Valerato de estradiol) al principio del tratamiento a través de su efecto luteolítico, incrementaba la incidencia de celos en los animales tratados y permitía la reducción del periodo de bloqueo con progesterona.

En 1972 Rowson et al. Propusieron “un protocolo para sincronización de celo en bovinos utilizando Prostaglandina F2 α como agente luteolítico. Los estudios de las sincronizaciones de celo en bovinos fueron conducidas en dos direcciones principales, ambas fueron interfiriendo en la duración del ciclo estral. Los métodos que comprenden la utilización de agentes luteolíticos que lleva a una anticipación a la regresión del cuerpo lúteo y el consecuente acortamiento del ciclo, y el proceso de alargamiento del ciclo con una simulación de diestro a través de la administración de progestágenos. Independientemente de la vía de administración Boyd et al (1973) verificaron que tratamientos con progestágenos por periodos largos (16 días) resultaban en mejor sincronización de celos pero con índices de concepción peores a la inseminación. Cuando el período de tratamiento es de aprox. (9 días) se obtiene peor sincronía pero con mejores índices de concepción.

Pursley et al. (1997) citan que, en el momento de ovulación en ciclos inducidos con prostaglandinas presenta grandes variaciones. Por este motivo la detección de celo se hace imprescindible cuando se pretende adoptar la inducción de ciclos con ovulación y inseminación artificial. Para programas de inseminación artificial en momentos pre-determinados debe darse la preferencia a la hormonoterapia que promueven ovulaciones con mejor uniformidad de tiempo.

4.13. MECANISMOS REGULADORES DE LA FUNCIÓN REPRODUCTIVA

En los mamíferos el hipotálamo tiene una rectoría central en la regulación de la función reproductiva. Algunos estímulos endógenos, a través de las variaciones en las concentraciones en la sangre, de determinadas hormonas sexuales, así como efectos endógenos, por ejemplo, nivel nutricional, luz, temperatura ambiental, sanidad, manejo en general y la bioestimulación, pueden ejercer un efecto positivo o negativo sobre la producción y liberación de GnRH, por parte del hipotálamo. La GnRH llega a la hipófisis a través del sistema porta hipofisiario alcanzando su lóbulo anterior donde regula la producción de las gonadotropinas FSH (folículo estimulante) y LH (luteinizante). (Berisha, B. 2013)

Posterior a la pubertad en las vaquillonas comienzan a desarrollar una serie de eventos cíclicos regulados por la liberación de la GnRH. Los estímulos de liberación de la FSH estimulan el crecimiento folicular en forma de ondas, generalmente son 2 o 3 durante un ciclo estral, lo que aumenta la concentración de estrógeno debido al crecimiento de los folículos. El crecimiento folicular influye en una mayor concentración de estrógeno que termina regulando la liberación de LH. La liberación de LH se da en forma de pico, aproximadamente 6 horas antes de ocurrida la ovulación en las vacas.

De manera inmediata posterior a la ovulación, e influenciada por la LH, da origen al proceso de luteinización de las células de la teca interna del folículo. Comienza el crecimiento del tejido lúteo con la formación del llamado cuerpo amarillo responsable de la secreción de progesterona que tiene un efecto negativo principalmente sobre la liberación de LH. Este cuerpo amarillo va a desaparecer por efecto de la hormona prostaglandina F2 α , la cuál va a ser secretada por el endometrio, la cual tiene un efecto luteolítico y va a ser que el mismo regrese. (Ireland J. 2004). Desaparecido el bloqueo ejercido por la progesterona, se restablece nuevamente el ciclo.

Berisha B., Sinowatz F. & Schams D. 2003, argumentan que “en la mayoría de las explotaciones extensivas de nuestros países de América Tropical, se observa una baja producción, debido entre otros factores a la baja calidad genética del ganado, que puede deberse a la nula adopción de técnicas tan importantes como la selección de sementales y hembras de reemplazo, programas de sincronización e inseminación artificial y/o trasplantes de embriones. Uno de los principales problemas en las explotaciones de tipo extensivo es lograr la sincronía en los estros; esto consiste en la agrupación de hembras en estro durante un período corto. En los últimos años se ha generalizado el uso de algunos productos hormonales como una herramienta para solucionar en parte este problema. La sincronización de estro es una técnica con la cual el manejo reproductivo se puede mejorar, esta sincronización tiene como meta principal tanto la presentación de estro como la ovulación en un tiempo corto, ya que la primera medida de producción en un hato es tener una alta cosecha de becerros, además de destetar tantos becerros como vacas fueron llevadas al empadre. El objetivo principal de la sincronización del estro es agrupar al inicio del empadre el mayor número de hembras en estro fértil, para ser preñadas en ese

lapso. Existen diversos productos farmacéuticos y sistemas de sincronización que permiten el control del ciclo estral, alargándolo mediante el uso de progestágenos, o acortándolo mediante el uso de análogos sintéticos de las prostaglandinas, para seleccionar alguno de ellos es necesario evaluarlos en cuanto a costo del programa, tiempo y requerimientos de mano de obra.”

Según Patterson et al (2000) la evolución de los métodos para el control del ciclo estral en la vaca, puede ser ordenado en 5 fases distintas. La primera comprende todas investigaciones con el sentido de prolongar la fase lútea a través de la administración de progesterona exógena. Con el tiempo estos métodos pasaron a contar con una asociación de estrógenos y gonadotropinas. La tercera fase está caracterizada por la utilización de prostaglandinas con el fin de acortar la fase lútea, la cuarta fase sería aquella en la que fueron desarrollados los métodos con la asociación de progestágenos y prostaglandinas. La denominada quinta fase surgió por estudios más recientes de las ondas foliculares que mostraron que el control del ciclo estral en la vaca requiere la manipulación no solo de la fase lútea sino también del crecimiento folicular.

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

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

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

Al implementar los programas de sincronización debemos que categorizar el o los grupos de animales que serán tratados. Dicha clasificación se da básicamente evaluando a la etapa

fisiológica en la que se encuentra los animales, de otra manera si se trata de vaquillonas o vacas con cría al pie y el estado del ovario. Determinados protocolos que pueden ser utilizados en vacas o vaquillonas cíclicas, son inadecuados en hembras acíclicas.

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

1-Progestágenos que tienen como efecto principal un bloqueo hipotálamo-hipofisiario simulando una fase lútea.

2-Prostaglandinas y sus análogos que actúan como agente luteolítico sobre el cuerpo lúteo

4.14. USO DE PROGESTAGENOS EN LA SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO

La utilización de progestágenos exógeno en a través de implante evita la liberación de hormona folículo estimulante (FSH) y por lo tanto el estro y la ovulación, hasta que el progestágeno es retirado (9 día); posterior al retiro del progestágeno la disminución en los niveles sanguíneos del mismos conduce a la liberación de FSH presentándose el estro 2 a 6 días después. El uso de inyecciones de estradiol en el momento de colocar los implantes de progestágeno conduce a la obtención de tasas de sincronización más altas. Este producto puede ser administrado en cualquier etapa del ciclo estral (no se requiere un cuerpo lúteo funcional), y en caso de hembras gestantes sometidas a tratamiento no induce aborto. (Díaz el al, 2001)

Cuando se utiliza este sistema de sincronización se puede eliminar la práctica de detección de estros, fijándose una hora de inseminación predeterminada post tratamiento, para el caso de las vaquillas de 48 horas y para las vacas a las 56 horas, con lo que se logran porcentajes de preñez de hasta un 60%, o más elevados.

4.14.1. Bloqueo a través de la administración de MGA (Acetato de Melengestrol)

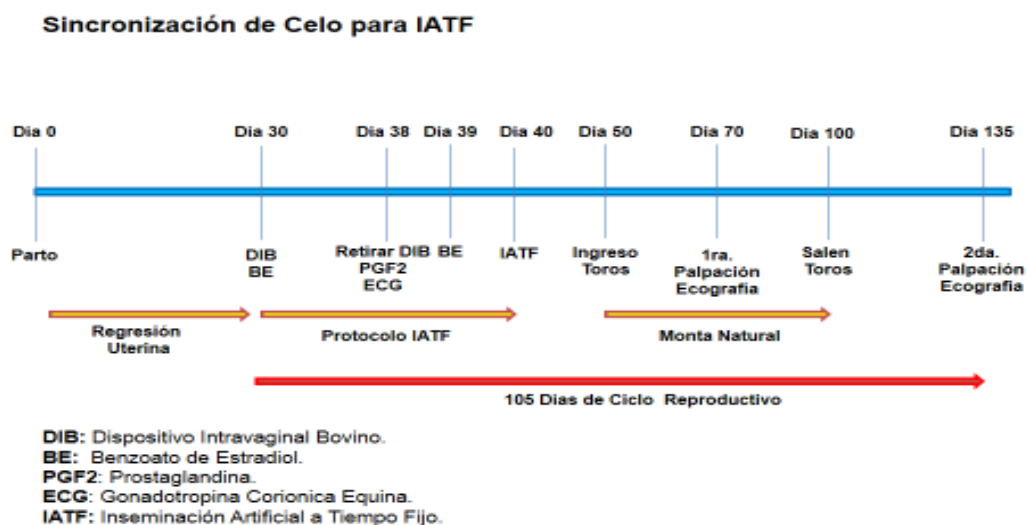
Las variaciones en cuanto a los protocolos que utiliza el MGA. En 1994 Anderson y Day “propusieron una administración diaria de MGA durante 14 días. Luego se verifico que reduciendo el periodo de tratamiento se obtenía mayor fertilidad.”

Actualmente los protocolos más recomendados, proveen la administración de 0,5mg de MGA por cabeza por día durante 7 días mesturado con una ración. En el séptimo día luego de la suspensión del MGA se administra prostaglandina (dosis recomendada por el fabricante) provocando la lisis del cuerpo lúteo de animales que ya estaban ciclando al comienzo del tratamiento. Cuatro días posteriores de la aplicación de prostaglandina, con el objetivo de inducir la ovulación o luteinización folicular, se administra GnRH. La inseminación artificial es realizada luego de la detección de celo, 48 a 96 horas posteriores a la aplicación de prostaglandina.

Este protocolo está indicado principalmente para vaquillonas próximas al inicio de la pubertad o ya púberes y en vacas acíclicas posparto.

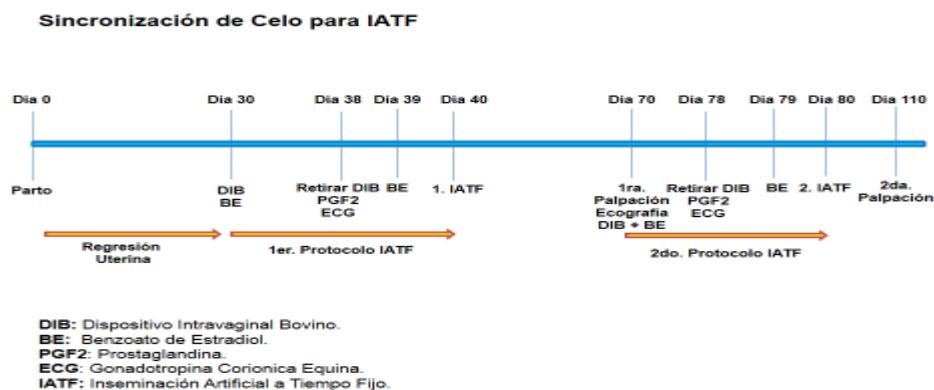
Con la aplicación de estas prácticas tecnológicas es posible inseminar a un grupo selecto de vacas con semen de toros probados en un período corto de tiempo, lográndose buenos porcentajes de gestación (65%) y un avance genético considerable de las explotaciones extensivas dedicadas a la producción

Figura 14. Protocolo de sincronización



Fuente: Biotecnología Animal de las Américas, 2013

Figura 15. Protocolo de sincronización



Fuente: Biotecnología Animal de las Américas, 2013.

4.15. MODELOS DE SINCRONIZACION CON PROSTAGLANDINAS

4.15.1. GENERALIDADES

Los programas de sincronización de celos con Prostaglandinas son herramientas comunes en los programas de inseminación artificial (IA), ya sea a tiempo fijo o bajo detección del estro; tanto en vaquillonas como vacas adultas. La IA se utiliza en un alto porcentaje, siendo la detección de celos el mayor problema para lograr una buena eficiencia reproductiva (Larson y Ball, 1992).

Los protocolos de IA con uso de PF2 alfa, resultan en una alta concentración de celos en un periodo de tiempo en el que se puede maximizar la detección de celo (Rusiñol y Cavestany, 2011). A pesar que este programa de manejo reproductivo es posiblemente el más comúnmente empleado para la inseminación, los reportes de resultados son sumamente escasos.

El desenvolvimiento de métodos de sincronización de celos en bovinos con la manipulación del ciclo estral que permitan la utilización de forma eficiente a la Inseminación Artificial, a constituido un desafío para la Medicina Veterinaria. Fue a partir del año 1972 cuando Rowson et al. Propusieron un protocolo para sincronización de celo en bovinos utilizando Prostaglandina F2 α como agente luteolítico.

Pursley et al. (1997) demostró que el momento de ovulación en ciclos inducidos con prostaglandinas presenta grandes variaciones. Por este motivo la detección de celo se hace imprescindible cuando se pretende adoptar la inducción de ciclos con ovulación e inseminación artificial.

4.15.2. COMO ACTUA LA PROSTAGLANDINA

En las hembras bovinas una vez que se dé el estro (día 0), Inmediatamente después de la ovulación, por la influencia de la LH, comienza el proceso de luteinización de las células de la teca interna del folículo. Se inicia entonces el crecimiento del tejido lúteo con la formación del llamado cuerpo amarillo responsable de la secreción de progesterona que ejerce un efecto negativo principalmente sobre la liberación de LH. Este cuerpo amarillo va a desaparecer por efecto de la hormona prostaglandina $F2\alpha$, la cuál va a ser secretada por el endometrio; esto en la forma natural, o por efecto de reacción al suministrar una fuente sintética exógena, la cual tiene un efecto luteolítico y va a ser que el mismo regrese. Una vez que desaparece el bloqueo ejercido por la progesterona, se restablece nuevamente el ciclo.

4.15.3. MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS

Según Patterson et al (2000) la evolución de los métodos para el control del ciclo estral en la vaca, puede ser ordenado en 5 fases distintas según el protocolo seleccionado en base a la zona, tipo de rebaño, disponibilidad de recursos tanto económicos como humano. En este sentido los progestágenos con complementación de hormonas liberadoras ocupan las fases primera y segunda, desplazando los métodos con prostaglandina a la fase tercera donde se busca acortar la fase lútea, la cuarta fase sería aquella en la que fueron desarrollados los métodos con la asociación de progestágenos y prostaglandinas.

4.15.4. PROTOCOLOS CON PROSTAGLANDINAS SINTÉTICAS

4.15.4.1. Doble Aplicación de PF2 alfa en la Totalidad de los Animales

El método tradicional de utilización de las prostaglandinas con el objetivo de sincronización de celos, prevé la utilización de dos dosis de hormona aplicada con un intervalo de 12 a 14 días. La primera aplicación en rodeos cíclicos normalmente el efecto luteolítico se da aproximadamente en el 60% de las vacas. Con la segunda aplicación de prostaglandina se introduce en estro a la totalidad de los animales. A partir de las 48 horas de la segunda aplicación se comienza a detectar celo e inseminar por 2 a 3 días.

4.15.4.2. Doble Aplicación de Prostaglandina con Inseminación después de la primera y segunda dosis

Este método consiste en una variante del procedimiento descrito anteriormente utilizado para inseminar vacas que entran en celo después de la primera aplicación de prostaglandina. Los animales son observados después de la primera aplicación por doce días. Los que no se detectaron en celo, reciben una segunda dosis de prostaglandina y son inseminados cuando demuestran el celo, que se da la mayoría de las veces entre las 48 y 96 hs. A pesar de la

economía de la hormona, tiene como desventaja en relación al método original, por la observación de un periodo más largo de celos.

4.15.4.3. Aplicación única de Prostaglandina después de un periodo de observación de celos

Este protocolo se basa en la observación de celos de las vacas en un periodo de 7 días e inseminación de las verificadas en celo, siendo aplicada al séptimo día una dosis de prostaglandina en todas las vacas que no ciclaron. El periodo de observación de siete días debe dar tiempo para que todas las vacas en el momento del segundo tratamiento se encuentren en diestro.

Todos los protocolos con prostaglandinas solamente son indicados para animales cíclicos, resultando en completo fracaso cuando lo aplicamos en animales con condiciones nutricionales deficitarias y en estado acíclico.

Figura 16. Esquema de sincronización con PF2 alfa bajo dos inyecciones.



Figura 16. Esquema de sincronización con PF2 alfa bajo inyección AI y segunda inyección

FIGURA 2. Protocolo Ovsynch.



FIGURA 3. Protocolo de presincronización con dos tratamientos de prostaglandina.



Imagen 17. Esquema de sincronización con observación de celo y aplicación de PF2 alfa en inyecciones.

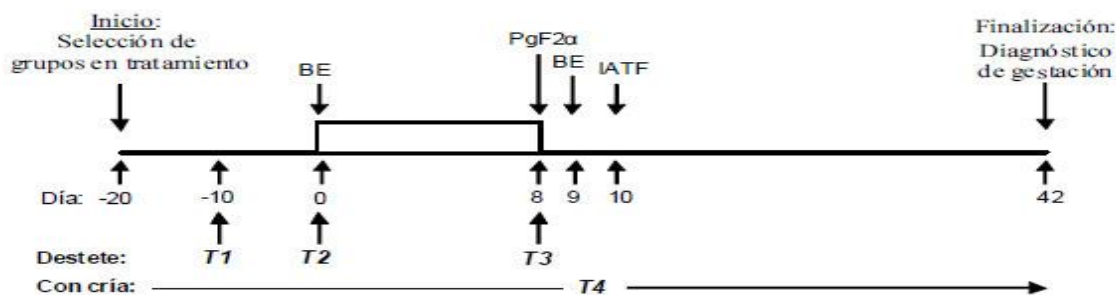


Figura 1. Presentación esquemática de los tratamientos. (Schematic presentation of the treatments).

4.16. PROGESTÁGENOS CIDR

El dispositivo intravaginal tiene forma de T y está cubierto con un elastómero de silicón, el cual contiene 1.9 grs de P4 natural. Los niveles séricos adecuados de P4 se obtienen a las 0 horas después de colocado el dispositivo y permanecen constantes por el tiempo que dura el tratamiento (Macmillan y Peterson et al, 1993). El CIDR actúa como un CL exógeno que inhibe la secreción de gonadotropinas y por lo tanto el desarrollo folicular, al disminuir el bloqueo de progestágenos se produce se produce la liberación de gonadotropinas e inicia un ciclo fértil (Mazzuchelli et al, 2002).

Se ha observado que la P4 natural aplicada por 7 días incrementa la proporción de estos en vacas sincronizadas, así como la formación de un CL con periodo de vida normal, mientras que los E2 exógenos al momento del retiro, incrementan la manifestación del estro (Fike et al, 1997). Del mismo modo, (Rasby et al, 1998), en un estudio realizado con novillas de carne, utilizando un dispositivo CIDR en combinación con E2, encontraron que el

progestágeno a corto plazo aumento la proporción de novillas en estro y la adición de E2 después del CIDR reforzó estos resultados.

Por otro lado, mediante la adición de E2 exógenos al inicio del tratamiento, los folículos presentes sufren regresión evitando el desarrollo de folículos ováricos persistentes (FOP), comunes después de utilizar sistemas de SE con progestágenos, de tal forma que el folículo dominante de la siguiente onda folicular, al retirar el progestágeno ovula, sin embargo la fertilidad disminuye en comparación con una ovulación natural (Yelich et al, 1997).

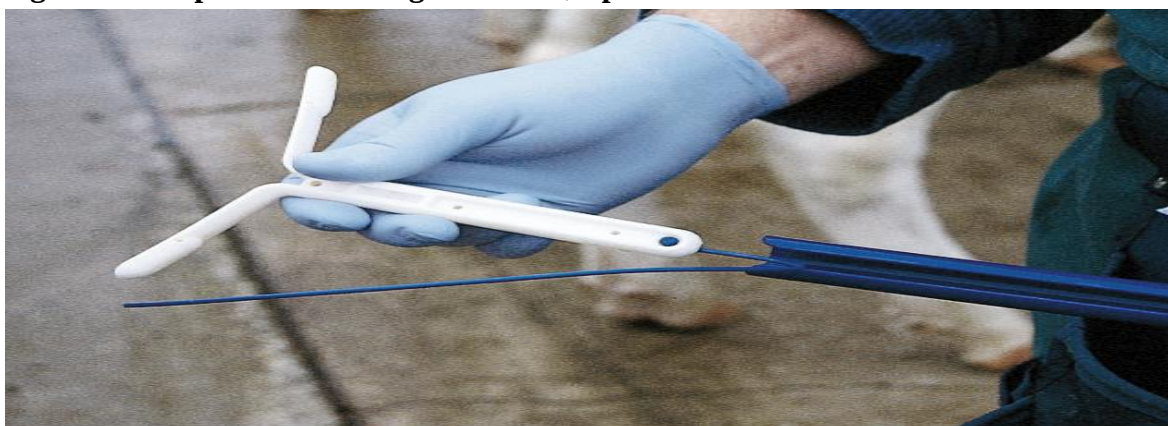
1. Usar guantes de protección siempre que manipule el dispositivo intravaginal EAZI-BREED CIDR.
2. Preparar un recipiente de agua limpia con solución desinfectante. Lavar el aplicador en el agua entre una aplicación y la siguiente.
3. Colocar el dispositivo intravaginal dentro del aplicador, con el cabo trasero a lo largo de la ranura. Las dos aletas se juntarán y sobresaldrán unos dos centímetros y medio (una pulgada) por encima del aplicador.
4. Aplicar una amplia cantidad de lubricante en la punta del aplicador.
5. Apartar la cola del animal hacia un lado, y limpiar la vulva.
6. Cerciorarse de que el cabo del dispositivo intravaginal EAZI-BREED CIDR se encuentre en la cara inferior del aplicador, curvándose hacia abajo para asegurar que dicho cabo no atraiga la curiosidad de las otras vacas en el corral.
7. Abrir los labios de la vulva y deslizar el aplicador, introduciéndolo con un leve ángulo hacia arriba, por encima de la pelvis y empujando hasta sentir un poco de resistencia.
8. Depositar el dispositivo intravaginal apretando el émbolo del aplicador y luego retirando lentamente el cuerpo del aplicador.
9. Puede ser conveniente recortar el cabo del dispositivo intravaginal para que sólo sobresalga de la vulva un pedazo de unos 6 cm (2-1/2"). Así se evitará que otras vacas curiosas lo extraigan.
10. Para retirar el dispositivo intravaginal siete días después, basta con tirar del cabo en forma suave pero firme.
11. Descartar los dispositivos intravaginales usados en un recipiente plástico sellado, siguiendo las regulaciones locales, estatales y nacionales que sean pertinentes.

Figura 19. Disparador del dispositivo CIDR



Fuente: [google.co.cr/dispositivo intravaginal CIDR](http://google.co.cr/dispositivo%20intravaginal%20CIDR)

Figura 20. Dispositivo intravaginal CIDR, tipo T



Fuente: [google.co.cr/dispositivo intravaginal CIDR](http://google.co.cr/dispositivo%20intravaginal%20CIDR)

Figura 21. Forma de colocar dispositivo intravaginal



Fuente: [google.co.cr/dispositivo intravaginal CIDR](http://google.co.cr/dispositivo%20intravaginal%20CIDR)

Figura 22. Despeje del dispositivo intravaginal



Fuente: [google.co.cr/dispositivo intravaginal CIDR](http://google.co.cr/dispositivo%20intravaginal%20CIDR)

Figura 23. Verificación de colocación correcta del dispositivo CIDR



Fuente: [google.co.cr/dispositivo intravaginal CIDR](http://google.co.cr/dispositivo%20intravaginal%20CIDR)

4.17. PROGESTAGENOS NORGESTOMET

Los que más se han empleado son el acetato de melengestrol (MGA), el acetato de clormadinona y el norgestomet, solo o combinado con estradiol. El fundamento de su empleo es que tanto la progesterona endógena como la exógena bloquean la liberación de hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) (mecanismo de retroalimentación negativa) y cuando se retira se produce un incremento gradual de la concentración de estas gonadotropinas, principalmente de la LH que culmina en una oleada ovulatoria; aproximadamente a las 48 horas después de retirado el efecto de la progesterona en el caso de las vacas que responden al tratamiento.

El norgestomet actúa como un cuerpo lúteo artificial, sensibilizando el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal. El estrógeno (Valerato de estradiol), conjuntamente con el norgestomet acorta la fase luteínica si el tratamiento se administra en las primeras fases del ciclo. Al

mismo tiempo suprime el celo y la ovulación mediante inhibición hipofisaria. El efecto de bloqueo de la hipófisis cesará después de retirado el implante, presentando las hembras, de forma sincronizada, una fase folicular que dará lugar al celo y ovulación.

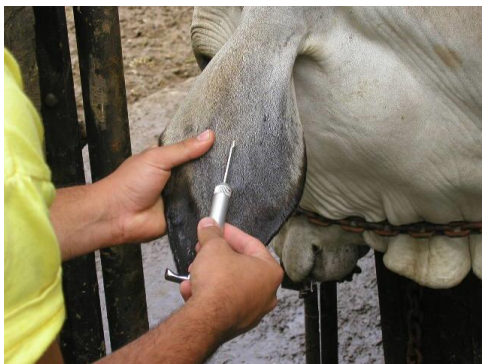
Las vías o alternativas de administración son intramuscular, subcutánea como implante o en forma de dispositivo intravaginal de liberación de progesterona.

Figura 24. Hormonal Crestar



Fuente: google.co.cr/progestágenos+norgestomet

Figura 25. Colocación del implante subcutáneo en oreja del bovino



Fuente: google.co.cr/progestágenos+norgestomet

V. HIPÓTESIS

Las hembras bovinas sincronizadas; tanto con el inductor de implante sub – cutáneo a base de progesterona y valerato de estradiol (CRETAL), dispositivos intravaginales CIDR y Pf2 alfa en IATF (inseminación artificial tiempo fijo), presentaran preñeces en términos de porcentaje similares (cantidad de animales positivos en preñez por grupo).

VI. Metodología

6.1. Lugar del estudio

El presente trabajo se realizó en el Municipio de Cárdenas Departamento de Rivas, Nicaragua, en Hacienda Cañas Gordas, cuya precipitación promedio es de 1500mm anuales, presenta una temperatura media de 27°C, a una altura de 41 msnm. Latitud: 11.3046 Longitud: -85.6909.

6.2. Descripción de la población y selección de la muestra

Se realizó una evaluación comparativa con tres distintos tipos de protocolos para sincronización de celo en hembras bovinas. En total se trabajaron 36 hembras bovinas,

encastadas, brahmán, pardo suizo, debidamente palpadas para garantizar que no se encontraban en estado de gestación.

Como parte de la ejecución del trabajo de investigación de las 36 hembras seleccionadas 27 se sometieron a los diferentes protocolos en grupos de 9 animales (27 animales en total) y las 9 restantes actuaron como grupo testigo estando con toro, esto para medir la efectividad reproductiva de la finca en sus condiciones normales de manejo. Para selección de estos grupos se trabajaron alrededor de 60 individuos. Se consideró esta cantidad por una factor de costo, el otro criterio es que algunas vacas presentaban preñez y la selección se basó en los siguientes parámetros:

- Condición tanto corporal de los animales: esta indica la reserva de energía útil para hacer frente a las altas demandas que impone la etapa reproductiva. Se puntualizaron los beneficios que tiene este indicador sobre el peso vivo de las hembras evaluadas. Otro aspecto importante a considerar fue la edad, cuyo rango se ubicó entre 5 y 6 años y todas presentaban tres partos, lo que garantiza una aceptable actividad reproductiva a nivel fisiológico.
- Estado reproductivo: propiamente se efectuó mediante palpación rectal un diagnóstico de las diferentes estructuras anatómicas como; cérvix, cuernos, ovarios, esto con el fin de verificar que no presente carácter fisiológico (atrofias ováricas, quistes, ovarios infantiles, deformidad de cérvix, complicaciones en útero, afín de garantizar el correcto estado de los animales y por consiguiente favorecer la respuesta al tratamiento empleado en los protocolos. Al emplear la técnica de IATF, esta selección nos garantizó que las hembras estaban aptas para el programa. Ver tabla # 3, 4, y 5.

6.3. Tipo de Estudio

Longitudinal prospectivo, de tres distintos tipos de protocolos de sincronización de celo en hembras bovinas.

El estudio fue de tipo probabilístico, ya que se evaluó los porcentajes de preñez en las vacas, esto porque se quiso determinar cuál método presento mayor concepción (preñez) en términos de porcentaje, por lo que se supone que alguno sería superior ante el otro. En método de estadística fue descriptivo utilizando programa excel.

6.4. Descripción de los Protocolos

6.4.1. Procedimiento de Campo

Se seleccionaron 31 hembras bovinas multíparas de un grupo de 60 animales, con influencia de cruza entre *Bos taurus* y *Bos indicus*, predominando razas, como la pardo suizo, brahman, gyr, indobrasil, con una edad de cuatro años. Se consideró la condición corporal en una escala del 1 al 10, siendo 1 el valor más bajo y el 10 el valor alto. Durante la realización del trabajo estos animales se manejaron en condiciones normales de pastoreo, en potreros de transvala, *Digitaria decumbens*, pasto bermuda *Cynodon dactylum*, angenton, *Dichanthium aristatum*, agua limpia y minerales a libre consumo.

Se realizó una palpación, vía rectal para evaluar la actividad ovárica en las hembras, realizado por el Dr. Pedro Caballero, especialista en reproducción, docente de la Universidad Internacional de Agricultura y Ganadería. Una vez seleccionadas las vacas se clasificaron en cuatro grupos, de las cuales 3 grupos se sincronizaron y 1 era hato testigo, el cual se detalla a continuación.

Protocolo 1. Dispositivos intravaginales, el día 0, se colocó el dispositivo seguido de la aplicación de 2ml de benzoato de estradiol (biogestogen) o su equivalente de estradiol over a dosis de 0.8 ml opcional: 10ml de olivitazan y 10ml de energizante, el día 7, se retiró el dispositivo y se aplicó de 2ml de pF2 ALFA más 400-600U.I de gonadotropina sérica equina (sergon), el día 8, cuando cumplen 24 hrs post-retiro por vía intramuscular se administró 1 ml biogestogen (benzoato de estradiol) o 0.4 ml de estradiol de over y finalmente el día 9, que en tiempo correspondió a 52 - 56 hrs de retirado se efectuó la inseminación artificial a tiempo fijo.

Protocolo 2. Implante subcutáneo (CRESTAR), el día 0, se colocó el implante en la región medial de la oreja izquierda de la hembra, utilizando la pistola dosificadora, el día 7, se

aplicó PF2 ALFA (2ml) por vía intramuscular, retirando el implante el día 8, mediante una técnica quirúrgica básica, que consistió en realizar una pequeña incisión con un bisturí sobre el implante, y luego extraerlo, seguido a esto se aplicó 500 U.I. de folligon (Ecg), por vía intramuscular. El día 10 cumpliendo las 54 horas se realizó la inseminación artificial a tiempo fija.

Protocolo 3. Inyección de prostaglandina (PGF2a), el día 0, se efectuó una palpación recto-vaginal para determinar la presencia de cuerpo lúteo (CL) y se suministró 2.5 ml de GnRH, vía intramuscular, el día 7 se aplicó 1ml de PF2a por vía intra-vaginal, posteriormente al noveno día se suministró 2, 5 ml de GnRH por vía intramuscular. Al décimo aproximadamente 72 horas posteriores a la aplicación de PGF2a, se efectuó la inseminación artificial a tiempo fijo administrando 2, 5 ml de GnRH.

Testigo. En este caso las vacas se incorporaron con toro, y no se efectuó ningún tratamiento hormonal con ellas, el objetivo era ver la respuesta natural del animal versus la aplicación hormonal de los tratamientos evaluados.

Para cada uno de los protocolos implementados, se elaboró un diseño gráfico que evidencia cada una de las actividades a ejecutar. Un calendario de trabajo, estructura de costos, lista de materiales, y equipo que se utilizó. Los costos del proyecto fueron financiados por los sustentantes de la tesis (estudiantes involucrados).

6.6. Equipo e insumos a Utilizados

Tabla 1. Productos utilizados.

PRODUCTO	CANTIDAD
Prostaglandina sintetica marca OVER por 20 ml	4
Dispositivos intravaginal CIDER	9
Implante sub-cutaneo CRESTAR mas estradiol	9
Hormona liberadora de gonadotropina GnRH marca OVER por 10ml	9
Valeriato de estradil(estrogenos) marca OVER por 10 ml	6
Gonadotropina corionica equina (SERGON) por 5000U.I.	3
Jeringas descartables de 3ml	90
Toallas desechables	3
Pistola implantadora para CRESTAR	1
Pipetas para inseminación artificial	27
Guantes de palpacion	50
Pajuela de semen de la raza gyr	27
Termo de inseminacion por 20 litros	1
Corta pajillas	1
pinzas para extraccion	1
nariguera	1
marcadores de tinta	1

6.7. Recolección de Datos

La recolección de datos, se realizó a través de sujetos y fuentes de información, ejemplo matrices, tablas comparativas basadas en un formato, considerando los periodos de establecidos para el proyecto.

Tabla 2. Protocolo de sincronización

PROTOCOLO CRESTAR		DÍAS PROTOCOLO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
DIA	FAENA	FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	colocación del implante (sc) aplicación del iny crestar (im)	DIA	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K
												4 PM		
7	aplicación de pF2 ALFA (0,15 mg / animal)													
8	retiro del implante aplicación de 500 U.I. de folligon (Ecg)													
10	inseminación de los animales TF(54hrs en novillas) Aplicación de GnRH (0,0105 mg/ animal)													
PROTOCOLO PROTAGLANDINA		PROTOCOLO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
DIA	FAENA	FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	palpación rectal determinar CL y aplicación de GnRH 0,0105 mg / animal	DIA	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K
7	aplicación de 0,075 mg / animal pf2 alfa (intra-vaginal)													
9	aplicación de 0,0105 mg / animal de GnRH													
10	IATF 72 HORAS POST APLICACIÓN DE PF2 ALFA aplicación de 0,0105 mg / animal de GnRH													
PROTOCOLO CON DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES		PROTOCOLO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
DIA	FAENA	FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	colocación dispositivo aplicación de 2ml de benzoato de estradiol (biogestogen) 0 su equivalente de estradiol over a dosis de 2 mg / animal opcional: 10ml de olivitazan y 10ml de energizante	DIA	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D		
7	retiro del dispositivo aplicación de 0,15 mg de pF2 ALFA aplicar 400-600U.I de gonadotropina serica equina (sergon)													
8	24 hrs post-retiro 1 ml biogestogen (benzoato de estradiol) o 1 mg de estradiol de over													
9	52 a 56 hrs de retirado se efectua la IATF aplicación de GnRH a razon de 0,0105 mg / animal													

6.8. Descripción de Variables

En nuestro caso trabajaremos con una variable de tipo, independiente ya que esta puede manipular y medir algunos de sus efectos sobre otra en un periodo determinado, tal es el caso del protocolo de sincronización, que a través de una manipulación hormonal podemos estimar un efecto determinado sobre la conducta sexual de una o más hembras bovinas.

Variables	Indicadores	Concepto
Gestación	Si No	Evaluación de preñez mediante palpación rectal
Niveles de progesterona antes de iniciar los protocolos	Ng/ml en sangre	Evaluación mediante serología en laboratorio (método ELISA), evaluar rango promedio.
Niveles de progesterona después de terminar los protocolos	Ng/ml en sangre	Evaluación mediante serología en laboratorio (método ELISA), evaluar rango promedio.
Costo de protocolo 1	C\$ ó \$	Suma de todos los insumos empleados para la ejecución
Costo de protocolo 2	C\$ ó \$	Suma de todos los insumos empleados para la ejecución
Costo de protocolo 3	C\$ ó \$	Suma de todos los insumos empleados para la ejecución

6.9. Análisis Estadístico

Consistió en describir y analizar las características de una serie de datos que se evidenciaron durante el desarrollo del trabajo.

Debe tenerse en cuenta que los análisis descriptivos restringen sus conclusiones a la población analizada. Eso quiere decir que si se estudia un grupo de 30 hembras, los valores a evaluar que en este caso son de carácter reproductivo, son válidos para los 27 animales evaluados. Si se desea extrapolar la información recogida a un grupo mayor, será necesario utilizar la estadística inferencial considerando futuros trabajos.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1.1 Evaluación y Selección de las hembras bovinas que ingresaran a los programas de sincronización.

A continuación se detalla el estado reproductivo de la hembras que ingresaron al programa de sincronización, para cada caso se consideró el número, la condición corporal (CC), estado anatómico del cérvix, cuernos uterinos, ovarios; derecho izquierdo, y tratamiento al que ingresa. Ver tabla 2, 3, 4 y 5.

Tabla 3. Evaluación de hembras que ingresaron al protocolo con Prostaglandina.

MEDICO VETERINARIO: DR PEDRO CABALLERO. M.V						
DATOS						
PROTOCOLO CON PROSTAGLANDINA						
# ANI	RAZA	C.C.	CERVIX	CUERNOS	OVARIOS	OBSERVACIONES
32204	Br		7 cónica	Retraídos y Turgentes	O.D: grande, ovalado con CL	
			flexible		O.I: ovalado, rugoso y normal	pF2-alfa
94021	Br/Ps		8 pequeño, cilíndrico	levemente retraído	O.D: grande, rugoso con CL	
			flexible		O.I: pequeño, ovalado y liso	pF2-alfa
94047	Br/Ps		8 pequeño, cónico	Retraídos y Turgentes	O.D: grande, ovalado con CL involución	
			flexible		O.I: grande, ovalado y rugoso	pF2-alfa
32089	Ps		8 conico normal	Retraídos y Turgentes	O.D: grande, ovalado con CL	
			flexible		O.I: pequeño, ovalado rugoso	pF2-alfa
32070	Br		8 Conico	flácidos	O.D: grande aplanado y ovalado	
			flexible		O.I: aplanado rugoso sin estructuras	pF2-alfa
32122	Br/HO	8,5	Grande y cónico	Retraídos y Turgentes	O.D: ovalado, normal, rugoso	
					O.I: grande, rugoso con folículo peq	pF2-alfa
32076	PARDO SUIZO	7	Grande y cónico	Flácidos	O.D: grande, folículo peq, CL regresión	
					O.I: normal, ovalado y rugoso	pF2-alfa

Tabla 4. Evaluación de hembras que ingresaron al protocolo con dispositivo intravaginal

PROTOCOLO CON T INTRAVAGINAL						
# ANI	RAZA	C.C.	CERVIX	CUERNOS	OVARIOS	OBSERVACIONES
32101	Br		7 grande y cónico	Retraídos y Turgentes	O.D: aplanado, grande, rugoso	intravaginal
32147	Br		7 Grande y cónico	Retraídos y Turgentes	O.D: grande ovalado con folículos	
					O.I: grande palnado y rugoso	intravaginal
32110	Br		8 normal cónico	Retraídos y Turgentes	O.D: grande ovalado y aplanado, con CL	
			flexible		O.I: grande aplanado y rugoso	intravaginal
32198	Br/Ps	6,5	Grande y cónico	Retraídos y Turgentes	O.D: grande ovalado con folículo crecido	
					O.I: grande ovalado y rugoso	intravaginal
32192	Gyr	6,5	grande y conico	Retraídos y Turgentes	O.D: grande ovalado con CL	
					O.I: ovalado folículo	intravaginal
32035	Br/PS		8 culíndrico	Retraídos y Turgentes	O.D: ovalado y rugoso con CL regresion	
			pequeño		O.I: ovalado y grande, folículo pequeño	intravaginal
32046	Br/Ps		8 conico y grande	Retraídos y Turgentes	O.D: grande ovalado y rugoso	
					O.I: grande aplanado y rugoso	intravaginal
32116	Br		8 grande y cónico	Retraídos y Turgentes	O.D: grande ovalado CL regresión, FOL cred	
			flexible		O.I: grande, ovalado, rugoso	intravaginal

Tabla 5. Evaluación de hembras que ingresaron al protocolo con dispositivo subcutáneo CRESTAR.

PROTOCOLO CON CRESTAR						
# ANI	RAZA	C.C.	CERVIX	CUERNOS	OVARIOS	OBSERVACIONES
32027	Ps/Br	4.5	pequeño conico flexible	Retraídos y Turgentes	O.D: CL, grande O.I: folículo en crecimiento, ovalado	crestar
32022	Br/Gyr	5	flexible peq cónico	flexibles y flácidos	O.D: pequeño y ovalado, rugoso O.I: pequeño, ovalado y rugoso	crestar
32196	Br/Ps	7	Grande y cónico	Retraídos y Turgentes	O.D: ovalado y liso O.I: pequeño, ovalado y rugoso	crestar
32191	Br/Gyr	8	cónico, flexible normal	Flácidos	O.D: ovalado,, grande y rugoso,FOL crec O.I: ovalado y rugoso	crestar
32023	Br/Ps	6,5	cónico, pequeño flexible	Flácidos	O.D: grande, ovalado con un folículo O.I: pequeño, ovalado y rugoso	crestar
32160	Br	7	Grande y cónico flexible	Retraídos y Turgentes	O.D: grande, aplanado rugoso O.I: grande y ovalado CL	crestar
32083	Ps	8	grande cónico flexible	Retraídos y Turgentes	O.D: pequeño, ovalado con CL regresión O.I: normal, ovalado, Folículo pequeño	crestar
32203	Ps	8	cilíndrico flexible	Retraídos y Turgentes	O.D: pequeño, ovalado y rugoso O.I: folículo grande, CL regresión	crestar
32199	Br	4.5	Grande y cónico	Retraídos y Turgentes	O.D: pequeño y ovalado, con CL O.I: ovalado y rugoso	crestar

Tabla 6. Evaluación de hembras testigo.

GRUPO TESTIGO (CON TORO)						
# ANI	RAZA	C.C.	CERVIX	CUERNOS	OVARIOS	OBSERVACIONES
32020	PS x Br	8	Pequeño, cilíndrico	Retraídos Turgente	O.D y O.I: ovalados, pequeños y lisos	Testigo
32031	PS x Br	8	Pequeño, cilíndrico flexible	Turgente Retraído	O.D: rugos, normal, estructura folicular O.I: grande, ovalado, rugoso, CL	Testigo
32044	PS	8	Cilíndrico, flexible	retraído, turgente	O.D: ovalado, rugoso, normal O.I: grande, CL	Testigo
32071	PS x Br	8	Cilíndrico, flexible normal	Retraídos, leve turgencia	O.D: grande, rugoso, CL O.I: pequeño, aplanado, rugoso	Testigo
32216	PS x Br	8	Pequeño, cilíndrico flexible	Flácidos	O.D:pequeño, ovalado, CL involución O.I:pequeño,ovalado, liso, leve foliculo	Testigo
32222	PS	7.5	Cónico, grande flexible	Turgentes, retraídos	O.D:grande, ovalado,rugoso, aplanado O.I: grande, ovalado, CL	Testigo
94014	PS	8	Cilíndrico, pequeño flexible	Levemente turgentes	O.D: ovalado, rugoso sin folículos O.I: pequeño, aplanado, rugoso	Testigo

Basado en las tablas anteriores, determinamos que la media en condición corporal de las vacas para cada tratamiento se sustenta de la siguiente manera, animales con prostaglandina 7.78%, dispositivo intravaginal 7.37%, CRESTAR 6.5%, testigo 7.92%. El promedio general del grupo 7.39% esto refleja que un 73.9% de las vacas presentaron una buena condición corporal para realizar el tratamiento y un 26% no está en condiciones o se vería afectado el resultado final (porcentaje de preñez).

7.1.2. Resultado del porcentaje de concepción en las vacas tratadas

La siguiente tabla 7, evidencia la cantidad de hembras preñadas producto del programa de inseminación a tiempo fijo (IATF), utilizando los protocolos sincronización, designados para cada caso.

Tabla 7. Cantidad de preñez en vacas tratadas.

Número del animal	Estado Preñez	Protocolo	Observaciones
32083	Positiva	CRESTAR	
32022	Vacía	CRESTAR	
32023	Positiva	CRESTAR	
32143	?	CRESTAR	Ver nota
32160	Positiva	CRESTAR	
32191	Positiva	CRESTAR	
32196	Positiva	CRESTAR	
32199	Positiva	CRESTAR	
32203	Positiva	CRESTAR	
32057	?	Prostaglandina	Ver nota
32070	Vacía	Prostaglandina	
32076	Positiva	Prostaglandina	
32089	Vacía	Prostaglandina	
32122	Positiva	Prostaglandina	
32204	Positiva	Prostaglandina	
32226	?	Prostaglandina	Ver nota
94021	Vacía	Prostaglandina	
94047	Vacía	Prostaglandina	
32027	Positiva	CIDR	
32035	Positiva	CIDR	
32046	Positiva	CIDR	
32101	Positiva	CIDR	
32110	Positiva	CIDR	
32116	Positiva	CIDR	
32147	Positiva	CIDR	
32192	Positiva	CIDR	
32198	Positiva	CIDR	
32020	Positiva	Testigo	
32031	Positiva	Testigo	
32044	Positiva	Testigo	
32071	Vacía	Testigo	
32216	Vacía	Testigo	
32222	Positiva	Testigo	
94014	Positiva	Testigo	
32067	Vacía	Testigo	
32040	Vacía	Testigo	

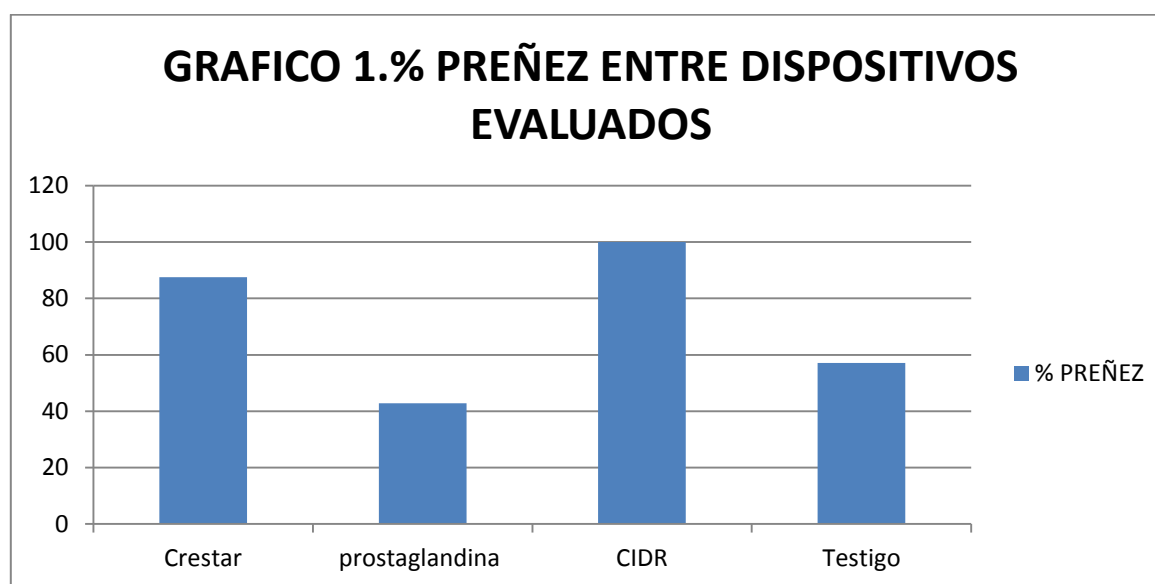
NOTA: Los animales marcados con azul y resaltados con amarillo tanto del protocolo con CRESTAR como el CIDR, no se les pudo realizar el tratamiento hormonal completo esto porque se separaron del grupo por lo que no son representativos dentro de los resultados

Tabla 9. Porcentaje de gestación para cada grupo de acuerdo con los protocolos de sincronización

<i>Tipo de animal</i>	Protocolo de Prostaglandina	Protocolo CIDR	Protocolo CRESTAR	Testigo
Vacas	7	9	8	
Porcentaje de Preñez	42,8%	100%	87,5%	57.14%

Esta tabla 8, evidencia el porcentaje de preñez que se obtuvo, a través del programa de inseminación a tiempo fijo utilizando, cada uno de los protocolos respectivos. Se puede notar que el uso de prostaglandina inyectada al animal presentó un rendimiento muy bajo. Grafico 1.

Mientras que el total de hato es de un 76,78%.



Estos datos son satisfactorios, ya que se logró obtener un porcentaje de preñez total del hato del 70%, considerando que gran parte de los animales tienen cruce con *Bos indicus*, en una condición climática fuerte, como lo es Cárdenas. Considerando los protocolos evaluados, afirmamos que el dispositivo intravaginal CIDR, presentó mayor tasa de preñez alcanzando el 100%, en comparación con los restantes.

Barros 2000, argumenta que existen estudios en vacas cebú, en estado de lactancia y no lactando, influenciadas por protocolos de inseminación a tiempo fijo (IATF), que han alcanzado tasas de preñez muy similares a los B. taurus, con rangos de 42% y 48%. Por

otra parte Stevenson et al, 2004 ha documentado tasas de preñez de un 30%. Quezada et al, 2006, cita que la media en los porcentajes de fertilidad en vacas postparto cárnica está en 35%. Ball et al 2006, logró un 38% de fertilidad. Lamb et al 2001, observó en vacas de carne un 58%. Walker et al, 2005, en varios condados de Estados Unidos (Colorado, Wyoming, Dakota del Sur), logró porcentajes respectivamente de 55,57 y 54%. Mientras que Larson et al, 2006, encontró un 54% de fertilidad. Un dato interesante es que estos investigadores utilizaron dosis adicionales de GnRH, encontrando mejor sincronía en crecimiento del folículo y la ovulación. La condición corporal, el estado sanitario de los animales, una buena nutrición, y bienestar animal en general garantiza una mejor respuesta por parte de los animales ante este tipo de tratamientos, sin dejar de lado la asepsia de los insumos y la buena calidad de semen de los toros donantes para el trabajo.

7.1.3. Variación en los niveles de progesterona

En la tabla # 10 se indican los niveles de progesterona obtenidos de los animales tratados en las diferentes etapas del protocolo. En el caso del CIDR y el Crestar las muestras fueron tomadas el día 0 antes de colocar el implante, posteriormente se obtuvo una segunda muestra al momento de retirarlo, correspondiente a los días 7 y 8 respectivamente. Para el caso del protocolo de prostaglandina se muestreo el día 0 y el 7(día que se aplicó la dosis de PF2 α).

Tabla 10. Elevación de los niveles de progesterona en Ng/ ml en sangre antes y después del tratamiento con norgestagenos sintéticas, en los animales sometidos a estudio en la finca Cañas Gordas.

Número del animal	Raza	Protocolo Aplicado	Muestra 1 (día 0)Ng/ml en sangre	Muestra 2 Día 7 Crestar y PF2α Día 8 CIDR Ng/ml
32083	PS	CRESTAR	1,593	3,458
32022	Br/PS	CRESTAR	0,945	2,874
32023	Br/PS	CRESTAR	0.421	3,328
32160	Br	CRESTAR	0,389	3.004
32191	Br	CRESTAR	4,245	3,016
32196	Br/Gyr	CRESTAR	2,002	3,275
32199	Br/PS	CRESTAR	1,489	3,327
32203	PS	CRESTAR	2,630	3.395
32070	PS	Prostaglandina	0,875	2,267
32076	PS	Prostaglandina	0.431	2,769
32089	PS	Prostaglandina	2.954	2,843
32122	Br/HO	Prostaglandina	0,478	3,143
32204	Br	Prostaglandina	0.259	3,167
94021	Br/PS	Prostaglandina	0.758	0,790
94047	Br/PS	Prostaglandina	1.498	0,345
32027	Br/PS	CIDR	0,683	4,074
32035	Br/PS	CIDR	2,154	3,863
32046	Br/PS	CIDR	0,387	4,159
32101	Br	CIDR	0243	3,287
32110	Br	CIDR	0,593	3,035
32116	Br	CIDR	0,387	3,104
32147	Br	CIDR	0,921	3,083
32192	Gyr	CIDR	0,325	3,276
32198	Br/PS	CIDR	0,769	4,257

La administración de progestágenos a lo largo de un periodo permite una regresión natural del cuerpo lúteo (CL) y una retroalimentación (Feedback) negativa con liberación de LH por el hipotálamo. Consecuentemente se da un crecimiento folicular y un ciclo ovulatorio dentro de los 2 a 8 días posteriores (HAFEZ; HAFEZ, 2004).

Según Bó et al (2006), protocolos asociados al uso de progesterona (P4), con un luteolítico como estrógeno para la sincronización de celos, contribuyen a la aparición de una onda folicular y ovulación, empleando inseminación artificial a tiempo fijo(IATF).

Estas tasas de preñez son semejantes a las conseguidas con programas bajo detección de celo dos veces por día (48% vs. 50%).

Wishart e Younng (1974) afirman que la asociación del estrógenos con la progesterona promueven la sincronización de una nueva onda folicular cerca del 4 a 5 día, post-aplicación. El estrógeno actúa como agente luteólico en tanto que la progesterona inhibe el desenvolvimiento del cuerpo lúteo, promoviendo la ovulación cuando se usa próxima al final del ciclo estral.

En el caso de las hormonas empleadas bajo el modelo de Crestar, el cual emplea Norgesterona a razón de 3mg en dos dosis, mas valerato de estradiol a concentración de 5mg. Se ha documentado que este implante mantiene en sangre niveles altos de progesterona, para inhibir la liberación y picos de LH, suprimiendo el estro. El valerato de estradiol estimula al endometrio a producir prostaglandina natural (PGF_{2α}) para lisar el cuerpo lúteo. Puede ser favorable una aplicación de PGF_{2α} al retirar el implante con el fin de causar la regresión lútea (BARUSELLI et al, 2006).

Por otra parte en el caso de los dispositivos intravaginales (CIDR) el implante está impregnado con 0,5 a un 1g de progesterona. Actúa provocando la regresión del folículo dominante, por aumentar los niveles de progesterona y disminuir los de estrógeno. Eso permite que una nueva onda folicular inicie a través de la producción de FSH. Al retirar el implante se da un descenso acelerado de la progesterona y aumento de la LH, permitiendo el crecimiento del folículo y su persistencia. Si se asocian altos niveles de estrógeno provoca un ciclo seguido de una ovulación. (SYNTEX, 2007).

Los datos representados en la tabla 10 evidencian que las concentraciones de progesterona tanto en el protocolo con Crestar como el CIDR, son significativamente mayores en comparación con el prostaglandina, en el cual no se suministró ninguna dosis de norgestagenos y representa el comportamiento normal del hato de la finca. Se podría afirmar que en el caso de la mayoría de los hatos de forma natural cuando los niveles de progesterona se elevan moderadamente pero no se obtiene una concepción, estamos ante presencia de folículos dominantes anovulatorios lo que ocasiona una atresia folicular (Carriere et al 1989).

Hablamos en este caso de ciclos de una sola onda donde su actividad se da en mayor grado cerca del día 19 dentro del ciclo estral (Ginther et al 1989).

Cuando se da la liberación de dos ondas foliculares, el folículo dominante de la primera, es más pequeño que el de la segunda onda que alcanza su desarrollo alrededor del día 11. Este folículo se puede comparar con el desarrollado en la primera onda en los casos que se dan tres ondas foliculares, que se daría entre los días 8, 14. Lo importante es que en los días que se da activación de estos folículos, es cuando se generan los mayores niveles de progesterona (P4). Si comparamos esta información con los datos obtenidos por el

muestreo de concentración de P4 en los animales tratados, donde al momento del retiro de los implantes se evidencio el incremento en sangre, afirmamos el efecto de la hormona P4 para la actividad ovulatoria y por consiguiente concepción dentro de los modelos de IATF.

Esta argumentación la podemos basar en los resultados en cuanto a tasa de preñez (tabla 9), los cuales son muy altos, si se comparan con los obtenidos en otros estudios realizados previamente. Una variable a resaltar es que las concentración de P4 en los animales **Bos taurus** y los F1 (**Bos taurus** con **Bos indicus**), es superior compara con los animales **Bos indicus**, lo que podría ser un indicativo de que puede darse una mayor respuesta en individuos europeos; al incursionar estos protocolos de manejo, en comparación con animales cebuinos, aun cuando en estos últimos siempre se dan resultados favorables (preñez), como lo refleja el trabajo efectuado.

Con relación a la respuesta reproductiva de los animales y basado en el promedio del grupo testigo, podemos afirmar que evidencia una respuesta satisfactoria a los dispositivos a base de progestágenos (CRESTAR y CIDR), ya que superaron el promedio reproductivo de la finca (donde este ronda el 57. 14%). Esto no se ve reflejado en el protocolo de prostaglandina el cual es inferior al grupo testigo.

Sin duda la manipulación hormonal bien ejecutada, si ejerce un efecto positivo sobre el comportamiento fisiológico de carácter reproductivo de las hembras tratadas. A demás no se evidenció efectos negativos por la presencia de cuerpos extraños y los fármacos empleados.

Tabla 1. Balance de Costos Programa de Sincronización Hacienda Cañas Gordas

BALANCE DE COSTOS PROGRAMA DE SINCRONIZACION HACIENDA CAÑAS GORDAS			
DISPOSITIVO CIRD			
DETALLE	PRECIO UNI \$	CANTIDAD	SUB-TOTAL
Dispositivo Intravaginal CIRD	6,42	9	57,80
sergon (ECG)x 5000U.I	50,00	1	50,00
Prostal (PF2q)x 20 ml	10	1	10,00
Estradiol OVER x 10ml	5	2	10,00
GESTAR X 10ML	6	2	12,00
Jeringas de 5cc descartables	0,12	32	3,84
Agujas 18x1 1/2 descartables	0,12	32	3,84
Guantes de Palpar largos	0,1	18	1,80
Gel lubricante	3	1	3,00
Toallas Sanitarias	1,5	1	1,50
Pipetas de Inseminación con Funda	0,4	9	3,60
Costo de Inseminador por vaca	12	9	108,00
Costo por Evaluación Reproductiva (médico veterinario)	12	9	108,00
Diagnosto Ginecologico (médico veterinario)	12	9	108,00
Pajillas de semen de 0,5ml(Gyr)	12	9	108,00
TOTAL			589,38
COSTO POR ANIMAL			65,49
Precio dolares americanos			
DISPOSITIVO CRESTAR			
Costo de Inseminador por vaca	12	8	96,00
Costo por Evaluación Reproductiva (médico veterinario)	12	8	96,00
Diagnosto Ginecologico (médico veterinario)	12	8	96,00
Pajillas de semen de 0,5ml(Gyr)	12	8	96,00
TOTAL			632,53
COSTO POR ANIMAL			79,07
Precio dolares americanos			
PROSTAGLANDINA			
DETALLE	PRECIO UNI	CANTIDAD	SUB-TOTAL
Prostal (PF2q)x 20 ml	10	1	10,00
GESTAR X 10ML	6	6	36,00
Jeringas de 5cc descartables	0,12	21	2,52
Agujas 18x1 1/2 descartables	0,12	21	2,52
Guantes de Palpar largos	0,1	14	1,40
Gel lubricante	3	1	3,00
Toallas Sanitarias	1,5	1	1,50
Pipetas de Inseminación con Funda	0,4	7	2,80
Costo de Inseminador por vaca	12	7	84,00
Costo por Evaluación Reproductiva (médico veterinario)	12	7	84,00
Diagnosto Ginecologico (médico veterinario)	12	7	84,00
Pajillas de semen de 0,5ml(Gyr)	12	7	84,00
TOTAL			395,74
COSTO POR ANIMAL			56,53
Precio dolares americanos			

Evaluando el costo de cada uno de los protocolos y conjugándolos con los porcentajes de preñez obtenidos, podemos afirmar que el dispositivo CIDR, presentó la mayor rentabilidad basado en la relación costo beneficio. Expresado en números el rubro total del protocolo es de 538.89 dólares. Por otra parte la ganancia que a futuro puede generar, por el nacimiento de las crías es de 630 dólares (referenciado a un animal cuyo peso es de 30 kilogramos en promedio y un valor por kilogramo 2.33 dólares). Aumentando prospectivamente la ganancia si consideramos que estos animales se venderán al destete y que por su valor genético podría alcanzar un mejor peso y seguidamente un valor mucho mayor en comparación con el restante de monta natural (peso promedio de 180 kilogramos de peso vivo, con un valor referenciado de 419.4 dólares). Tomando en cuenta esto prácticamente dos terneros de destete cubrirían los costos totales del protocolo implementado.

Si aplicamos la misma fórmula para el dispositivo de CRESTAR, la rentabilidad será menor, basado en el porcentaje de preñez obtenida, en relación al costo de operación. (Costo del protocolo es 632.53 dólares, y la rentabilidad por crías nacidas es de 490 dólares.

Con respecto al tratamiento con prostaglandina, aun cuando refleja el menor costo en la operación, su rentabilidad es inferior por el bajo porcentaje de preñez. (Costo del protocolo es 395.74 dólares, y la rentabilidad por crías nacidas es de 210 dólares.

8. CONCLUSIONES

- El estado sanitario, la nutrición y manejo, son aspectos importantes que contribuyen a mejor desempeño en los programas de sincronización de inseminación a tiempo fijo, utilizando diversos protocolos.
- Los folículos contenidos en los ovarios de las hembras bovinas, se consideran como la unidad fundamental que da origen al potencial reproductivo y su dinámica. Por esta razón la evaluación reproductiva es vital para contribuir al éxito de los programas.
- Está documentado, a través de trabajos de investigación que la hembra bovina presenta un crecimiento folicular, que produce oleadas a lo largo del ciclo, normalmente 2 o 3. Cada ondas presenta 3 fases: reclutamiento, selección y dominancia y el fin es la selección de un único folículo para la ovulación, ya que se trata de una especie monovular.
- A pesar de encontrar variabilidad en el porcentaje de preñez, entre los protocolos utilizados, se evidencia un porcentaje alto a manera general en el hato, representado por un 70 %, en comparación con la media que se registra la finca Cañas Gordas
- La aplicación de GnRH, es de gran importancia ya que está documentado que incrementa la tasa de concepción en las hembras, mejorando el desarrollo folicular y por ende la ovulación.
- La utilización de protocolos que buscan elevar los niveles de progesterona son efectivos y se ven reflejados en las oleadas ovulatorias liberadas, reflejado con los porcentajes de preñez obtenidos.
- La respuesta ante los norgestagenos entre animales ***B. indicus*** y ***B. taurus*** es similar por lo que no se marca una diferencia en la respuesta y tasa de concepción.
- Utilizar medidas asepsia garantiza la no contaminación de los insumos utilizados, y potencializa su efecto en el trabajo que se realiza.
- Utilizar semen de excelente calidad, brinda garantía en la tasa de concepción, de ahí que es importante evaluar la calidad espermática de los toros donantes en el programa.

- La eficiencia del inseminador es un aspecto de gran importancia, al momento de la obtención de los resultados en los programas de inseminación a tiempo fijo.
- Sin duda el dispositivo intravaginal CIDR, es el que presenta mayor rentabilidad y efectividad, de todos los evaluados.
- Rangos elevados y bajos en la condición corporal de estos animales, no influyó en los resultados finales.

9. RECOMENDACIONES

- Para la utilización de cualquier programa de sincronización de celos independientemente del tamaño de la explotación lo fundamental es realizar una pre-selección de los animales considerando factores tanto de su fisiología reproductiva como de su condición corporal, nutrición, edad, entre otros.
- Al ser una manipulación fisiológica de la conducta reproductiva de las hembras y más aún al efectuarla mediante el uso de diferentes hormonas, el ejecutante debe ser un profesional en el campo reproductivo, para garantizar el éxito tanto en la tasa de concepción, como para evitar alteraciones en los animales con efectos negativos (descontrol hormonal).
- Los protocolos de IATF requieren estrictas medidas de control en cuanto al manejo de los animales, separación del hato y sobre todo en los tiempos de ejecución tanto de las diferentes hormonas (niveles en el animal) como en la ejecución de la inseminación (horas fijadas), ya que se considera el punto de ovulación como pilar y basa del éxito (preñez).
- En todo programa reproductivo, cuando hacemos empleo de programas de sincronización a tiempo fijo, la manipulación y asepsia de los instrumentos, equipo, hormonas dispositivos debe ser un aspecto medular, ya que así podemos evitar infecciones u otras alteraciones en el tracto reproductivo.
- Al momento de la inseminación en programas reproductivos en fincas ganaderas es conveniente antes de aplicar la técnica verificar la calidad del semen, así podemos evitar alteraciones en los resultados finales.
- Un examen de ultrasonografía previo al trabajo de las hembras es importante, para verificar con exactitud el estado de los órganos reproductivos, principalmente los ovarios, ya que si encontráramos poca actividad folicular, podemos tener bajas tasas de concepción en los animales tratados.
- Se recomienda la utilización del dispositivo intravaginal CIDR, como alternativa biotecnológica, a seguir en programas de IATF, en la finca, tanto por su rentabilidad como la facilidad de manejo.
- Todos los protocolos deben ser orientados y dirigidos por un Médico Veterinario, especialista.

10. BIBLIOGRAFIA

Adams H. Richards Adams 2001. Veterinary Pharmacology and Therapeutics. Blackwell Publishing. ISBN 9780813817439.

Anta, E., Rivera, JA, Galina, C., Porras, A. y Zarco, L. 1989. Análisis de la Información Publicada Sobre la Eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros Reproductivos. Vet. . Méx 20, 11-18.

Armstrong D.T. Hansel W. 1959. Alteration of the bovine estrous cycle with oxytocin. Journal of Dairy Science 42, 533.

Barros, CM, Moreira, MBP, Figueiredo, RA, Teixeira, AB y Trinca, LA 2000. Sincronización de la ovulación en vacas de carne (*Bos indicus*) utilizando GnRH, PGF 2 α y benzoato de estradiol. Theriogenology 53, 1121-1134.

Bo Ga, Paruselli PS, Martinez MF. 2003. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos Indicus* cattle. Animal. Reproduction. Sci; 78: 307-326.

Bosc M. 1984. Le Velage Mécanique et controle. En Constantin y Meissonnier.

Burke, JM, De la Sota, RL, Risco, CA, Staples, CR, Schmitt, EJ-P. y Thatcher, WW 1996. Evaluación de la inseminación a tiempo mediante un agonista de la hormona liberadora de gonadotropina en vacas lecheras lactantes. . J. Dairy Sci 79, 1385-1393.

Burzio I. 2001. Mecanismos Moleculares de la Acción Hormonal, curso internacional relaciones materno-fetales y nuevas tecnologías en transferencia de embriones Universidad de Valdivia.

Cartmill, JA, Hensley, BA, El-Zarkouny, SZ, Rozell, TG, Smith, JF y Stevenson, JS 2001. Un protocolo de AI-cría alternativa para las vacas lecheras expuestas a temperaturas ambiente elevadas antes o después del parto o ambos J. Dairy Sci 84, 799-806.

Cavestany D, Crespi D, Fernández A. 2010. Oestrus Synchronisation and fixed time artificial insemination in beef heifers. Anim Prod Sci 50:670-674.

Córdoba, MC y Fricke, PM 2001. Evaluación de dos protocolos hormonales para sincronización de la ovulación y la inseminación a tiempo fijo en vacas lecheras gestionadas en lecherías basadas en pastoreo. *J. Dairy Sci* 84, 2700-2708.

D'Occhio M.J. 1999. Control of the LH surge with GnRH Agonist and exogenous LH. *Theriogenology* Vol 51 N° 1, 17- 20.

D'Occhio MJ. Aspden WJ. 1998. Endocrine and reproductive responses of male and female cattle to agonista of gonadotrophin releasing hormone. *J. Reprod. Fertl*; 54 suppl.

De la Sota, RL, Burke, JM, Risco, DA, Moreira, F, DeLorenzo, MS y Thatcher, WW 1998. Evaluación de la inseminación a tiempo durante el estrés por calor de verano en ganado lechero lactante. *Theriogenology* 49, 761-770.

Durlinger AL. 2002. Anti- Mullerian Hormone Inhibits iniciation of primordial follicle growth in the mouse ovary *Endocrinology* 143: 1076-1084.

Fernandes, P, Teixeira, AB, Crocci, AJ y Barros, CM 2001. Inseminación Artificial temporizada en ganado de carne utilizando agonistas de GnRH, PGF2alpha y benzoato de estradiol (EB). *Therioge-logía* 55, 1521-1532.

Fernando Escobar Callejas, 2004. Evaluación de la aplicación de la GnRH y HcG en el momento de la transferencia de embriones congelados en las receptoras Holstein de la sabana de Bogotá. Universidad Católica de la Salle, estado: Tesis concluida veterinaria.

Gábor, Gy, Kastelic, JP, Pintér, S., Szász, F., Szigeti, E. y Solymosi, N. 2002. Mejorar el rendimiento reproductivo en vacas lecheras lactantes mediante la sincronización de la ovulación o la inducción del celo. *Vet Acta. . Hung* 50, 231-234.

Gandolfi F, Brevini T. 1981. Role of the oviduct during early embryogenesis

García, E. Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Koppen, Instituto de Geografía, UNAM, México, DF pp 143-201.

Geary, TW, Whittier, JC, Downing, ER, LeFever, DG, Silcox, RW, Holanda, MD, Nett, TM y Niswender, GD 1998. Las tasas de embarazo de las vacas de carne después del parto

que se sincronizan usando Syncro-Mate B o el protocolo Ovsynch. J. Anim. Sci. 76, 1523-V1527.

Gill B. Kogan S. Criptorquidismo. 1997. Currtent Concepts. Pediatrics Clin. North Am 44(5): 1211-1227.

Glatzel P. 1979. Tierarzstl. Umschau 34, 752 – 758.

Gordon Ian. 2004. Reproductive Technologies in Farm Animals.

Gunzler O. Tierarzstl. Umschau 34, 477 – 481. 1.979.

Hadley, Mac E. 1999. Endocrinología veterinaria y reproducción, Endocrinología basada en la evidencia. Hospital et de ...Barcelona: Doyma.

Howell, JL, Fuquay, JW y Smith, AE 1994. El crecimiento del cuerpo lúteo y la función en vacas lac-Tating Holstein durante la primavera y el verano. . J. Dairy Sci 77, 735-V739.

Humke R. Moller P.1982. Inducción temprano del ciclo en el puerperio del bovino mediante la GnRH y el análogo Buserelina para prevenir trastornos de de la fertilidad. El Libro Azul 19.

Humker R. 1981. Sobre la aplicación del ILLIREN®, análogo de la prostaglandina F2, en hembras bovinas. El Libro Azul. Laboratorio. HOECHST.

INTERVET.1996. Compendium De Reproducción Animal. Laboratorio. INTERVET ISBN Editor. 2ª Edición.

Jackson P, Cooper M. J.1977. Vet. Rec. 100, 361 – 363.

Julian Bartolomé. 2009. Synchronization and resynchronization of inseminations in lactating dairy cows with the CIDR insert and the Ovsynch protocol. The riogenology; 72(6):869-78.

Larson LL, Ball PJH. 1992. Regulation of estrus cycles in dairy cattle: a review. Theriogenology 38:255-267.

Lenz M. Ramírez F. 2007. Uribe L. Papel del Factor De Crecimiento Semejante a la Insulina (IGF-1) En La Regulación de la Función Ovárica. Biosalud, Vol. 6. 149-15.

Lussier, JG, Dufour, JJ y Matton, P. 1983: Las tasas de crecimiento de los folículos en el ovario bovino. J. Anim. Sci. 51 (Suppl. 1) 353-V356.

McLellan LJ, Bergfeld Egm, Earl CR. 1997. Fitzpatrick LA. Et al.- Influence of the luteinizing hormone – releasing hormone agonist DESLORELIN on patterns of estradiol – 17 B and luteinizing hormone secretion, ovarian follicular responses to superstimulation with follicle – stimulating hormone, and recovery and in vitro development of oocytes in hífer calves. Biol. Reprod. ; 56: 878 – 884. Medicina Veterinaria y Zootecnia

Pursley, JR, Mee, MO y Wiltbank, MC. 1995: La sincronización de la ovulación en vacas lecheras que utilizan PGF 2 α y GnRH. Theriogenology 44, 915-V923.

Pursley, JR, Wiltbank, MC, Stevenson, JS, Ottobre, JS, Garverick, HA y Anderson, LL 1997. Las tasas de embarazo por inseminación artificial de vacas y vaquillas inseminadas a una ovulación sincronizada o estro sincronizado. J. Dairy Sci 80 , 295-V300.

Reeves J. 1989. Endocrinología De La Reproducción. Reproducción E Inseminación Artificial En Animales. HAFEZ. 91 - 115.

Revista Científica FCV-LUZ Vol. XIV N° 2 162-167 2004

Ruiz J. Uribe L. Osorio J. Factor de Crecimiento Semejante a Insulina 1 (IGF-1) en la reproducción de la hembra bovina. Vet. Zootec. 5(2): 68-81, 2011

Rusiñol C, Cavestany D. (2011). Comparación de tres métodos de sincronización de celos y ovulaciones con y sin inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vaquillonas para carne. Veterinaria (Uruguay) 47:25-30.

Saelzel P. Andresen P. Grunert E. 1985. Influencia de la buserrelina (Conceptal/ Receptal ®) sobre la evolución del puerperio y parámetros de medición de eficiencia reproductiva en vacas de primer parto. Libro Azul N 22. Laboratorio. Hoechst.

Smalley SA. 1981. Management problems of large dairies. Vet Clinic North Am: Large Animal Practic 3:289-305.

Twagiramungu, H., Guilbault, LA, Proulx, JG y Dufour, JJ (1994): Influencia de corpus luteum y la ovulación inducida en la dinámica folicular ovárica en vacas cíclicas posparto tratados con buserelina y cloprostenol. J. Anim. Sci. 72 , 1796-V1805.

Vasconcelos, JLM, Silcox, RW, Rosa, GJM, Pursley, JR y Wiltbank, MC (1999): tasa de sincronización, el tamaño de la tasa folículo ovulatorio y el embarazo después de la sincronización de la ovulación comienza en diferentes días del ciclo estral en vacas lecheras . El-riogenology 52 , 1067-V1078.

Wathes D.C. Swann R.W. 1982. Is oxytocin an ovarian hormone . Nature 297, 225.

Williams, SW, Stanko, RL, Amstalden, M. y Williams, GL (2002): Comparación de tres enfoques para la sincronización de la ovulación para la inseminación a tiempo fijo en Bos ganado indicus influenciados administrados en la costa del Golfo de Texas. J. Anim. Sci. 80 , 1173-V1178.

Zargo L.A.1986. Usos y Abusos De Las Hormonas En La Terapia Reproductiva. Conferencia. Seminario Reproducción Bovina.

11. ANEXOS

Figura 26. Hacienda Cañas Gordas



Fuente: Autor 2014

Figura 27. Instalaciones



Fuente: Autor 2014

Figura 28. Grupo de vacas del tratamiento



Fuente: Autor 2014

Figura 29. Equipo e insumos utilizados

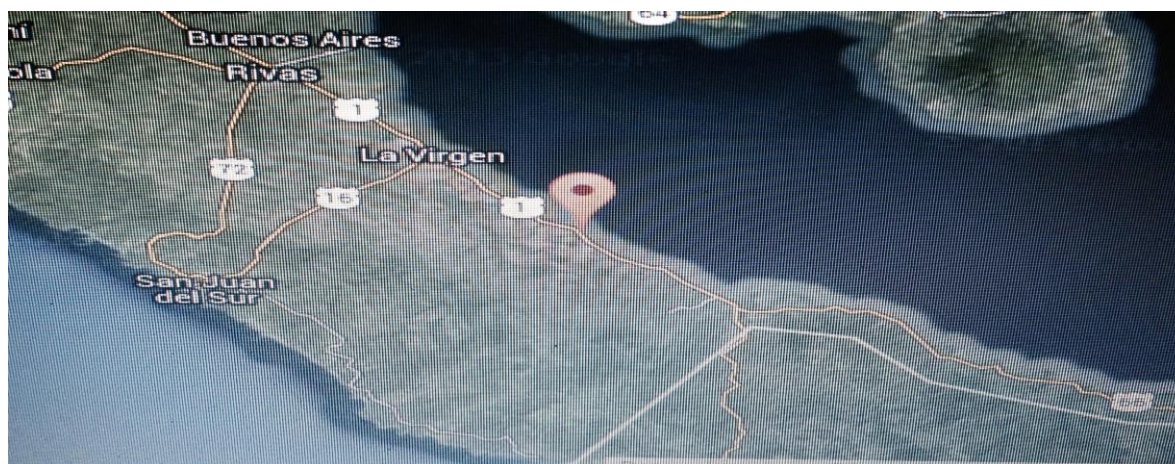


Fuente: Autor 2014

Figura 30. Tabla condición corporal

GRADO CC	CARACTERÍSTICAS	DEFINICIÓN GENERAL	CLASIFICACIÓN INDUSTRIAL
1	Ausencia total de grasa. Las costillas cortas se palpan fácilmente. Espinazo y costillas largas muy marcadas. Huesos de la cadera prominentes. Inserción de la cola bien hundida.	Extremadamente flaca	Conserva baja
2	Mismas características que el grado anterior, pero no tan extremas. No hay grasa en las costillas cortas ni alrededor de la cola. Los huesos de la cadera aparecen levemente redondeados. Espinazo menos marcado.	Muy flaca	Conserva mediana
3	Aparece levemente tejido graso, que se nota al palpar las costillas cortas. También algo aparece en la región de la cola, hueso de la cadera, pero el espinazo y las costillas aún se notan.	Flaca	Conserva alta
4	Evidente deposición de grasa subcutánea, las costillas cortas se notan ejerciendo cierta presión. Las costillas largas ya se notan. Grasa limitada alrededor de la cola.	Moderada Liviana	Manufactura baja
5	Cobertura homogénea de grasa subcutánea. Huesos de la cadera redondeados y bien cubiertos. Inserción de la cola llena. Las costillas cortas sólo se palpan con presión firme.	Moderada	Manufactura
6	Lomo bien plano. Huesos de la cadera se destacan ligeramente. Cubierta al área de inserción de la cola. Las costillas cortas ya no se palpan.	Óptima	Abasto 2°
7	Notoria y abundante acumulación de grasa subcutánea. Lomo y anca bien redondeados. Área de inserción de la cola completamente cubierta, pero sin polizones de grasa.	Gorda	Abasto 1°
8	Acumulación extrema de grasa subcutánea en todo el cuerpo. Abundante grasa en torno a la inserción de la cola. Polizones.	Muy gorda	Gorda especial

Figura 31. Ubicación espacial de la Hacienda Cañas Gordas.



Fuente: Google EARTH 2014