



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA**

**MEMORIA TÉCNICA**

**“PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS EN VACAS BOS INDICUS”**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**AUTOR:**

Rothman Salomón Jácome Silva

**TRIBUNAL**

DIRECTOR: Ing. M.C. Vicente Rafael Oleas Galéas.

ASESOR: Ing. M.C. Fabián Augusto Almeida López.

Riobamba – Ecuador

2012

Esta memoria técnica fue aprobada por el siguiente Tribunal

---

Ing. M.C. Julio Enrique Usca Méndez.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. M.C. VicenteRafael Oleas Galéas.

**DIRECTOR**

---

Ing. M.C. Fabián AugustoAlmeida López.

**ASESOR**

Riobamba, 24 de Abril de 2012.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad y a cada uno de los que son parte de mi familia a mi mamá, mi papá, a mis hermanos; quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Por último a mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa politécnica la cual abrió abre sus puertas a jóvenes como yo, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien y a todos los buenos amigos que a lo largo de estos años he podido conocer y compartir los buenos y malos momentos junto a ellos.

## DEDICATORIA

La concepción de este proyecto está dedicada a mi querido hermano José Ferdinand Jácome Silva que dios lo tenga en la gloria quien compartió la mayor parte de mi carrera siendo pilar fundamental en mi vida y que por una terrible desgracia lo perdí hace 3 años atrás esto es para ti; gracias a tu tenacidad y lucha insaciable fuiste mi gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para toda la familia, te quiero mucho y nunca me olvido de ti. También dedico este proyecto a la personita que más quiero en la vida L.T.

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
<b>I. <u>INTRODUCCION</u></b> 1	
<b>II. <u>REVISION DE LITERATURA</u></b> 4	
<b>A. MANEJO REPRODUCTIVO</b>	4
1. <u>Factores que afecta a la reproducción</u>	4
a. Pubertad	4
b. Mecanismo endócrino de la pubertad	5
c. Formación de folículos germinales en la vaca	5
2. <u>Ovulación</u>	10
3. <u>Regulación neuro-endocrina de los procesos reproductivos</u>	12
a. Eje hipotalamo-hipofisario. (GnRH)	12
b. Hipófisis y gonadotropinas	13
c. Hormonas gonadales y otras hormonas vinculadas a la reproducción	14
d. Prostaglandina	17
4. <u>Ciclo estral bovino</u>	19
a. Proestro	20
b. Estro	20
c. Metaestro	22
d. Diestro	22
5. <u>Fecundación</u>	23
<b>B. BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN</b>	24
1. <u>Sincronización de celo en bovinos</u>	24
a. Ventajas de la sincronización del celo	24
b. Desventajas de sincronización de celo	25
c. Métodos de sincronización de celo en bovinos	25
1) Uso de PGF2a para mejorar la tasa de servicio	25

2) Uso de la sincronización de la ovulación (Ovsynch) para Incrementar la tasa de preñez	27
3) Mejore la tasa de servicio de IA y la tasa de preñez	30
4) Identifique a tiempo las vacas no preñadas y retórnelas al servicio	31
5) Ovsynch, Presynch, Cosynch: Protocolos Hormonales para IA a Tiempo Fijo	33
a) Ovsynch	33
b) Presynch	34
c) Cosynch	35
d) CIDR	38
<b>III. <u>DISCUSION</u></b>	40
<b>IV. <u>CONCLUSIONES</u></b>	51
<b>V. <u>RECOMENDACIONES</u></b>	52
<b>VI. <u>LITERATURA CITADA</u></b>	53

## RESUMEN

Los protocolos de sincronización de celos en vacas bosindicus permite regular la ciclicidad hormonal ovárica, se considera una de las alternativas para mejorar estas particularidades de ciclo estral y comportamiento del ganado *B. indicus* que permitan mejores rendimientos productivos y reproductivos, de esta manera eliminando el tiempo y labor requeridos para detectar el celo, teniendo en cuenta, que un protocolo exitoso para ganado de carne requiere un control de desarrollo folicular y regresión del cuerpo lúteo. La utilización de prostaglandinas permitió registrar 86.5 % de concepción, siendo superior al resto de protocolos de sincronización de celos reporta Mexicano, J. (2009), seguido de; CIDR con el cual se alcanzo 76 %, mientras que con el resto de métodos de sincronización se registraron como el COSYNCH, OVSYNCH y SELECT SYNCH registraron 40-50 %, 45-50 % y 44 %, siendo inferior a las citadas inicialmente, de esta manera se puede concluir que los protocolos de sincronización de celo ayudan a expresar sus manifestaciones externas de celos, sin embargo de ello, una inseminación en el momento adecuado en especial en ganaderías que la detección de celos sea deficiente o poco confiables se debería aplicar protocolo de inseminación a tiempo fijo (IATF).

## ABSTRACT

The estrus synchronization protocols in cows *Bos indicus*. This research was performed to know everything about the timing and hormonal management of estrus cow. The problem is that *Bos indicus* cows are animals with low reproductive parameters due to poor heat detection, postpartum, estrus at night, etc. Therefore, one of the objectives is that the protocols for synchronization of estrus in cows *Bos indicus* allows to regulate the hormonal ovarian cyclicity, which is considered one of the alternatives to improve these features of the estrus cycle and behavior of *Bos indicus* allowing that allow better growth performance and reproductive, thus eliminating the time and labor required to detect heat, given that a successful protocol for beef cattle necessary to monitor follicular development and corpus luteum regression. The use of prostaglandins allowed to register 86.5% of conception, being superior to the rest of estrus synchronization protocols Mexican, J. (2009), reports followed by CIDR. To which 76% was reached, while with the other methods of synchronization as: COSYNCH, OVSYNCH, and SELECTSYNCH were 40-50%, 45-50% and 44%, still lower than the initially cited.

Thus, we conclude that the estrus synchronization protocols help to express their external manifestations of jealousy, but this one insemination at the right time especially in heat detection is poor, or unreliable should implement protocol timed artificial insemination (IATF).

Recommendations:

- Investigate synchronization mechanisms that help ensure the conception of cows.
- Use hormones and implants in the synchronization quality of jealousy, as this will get excellent results.



## LISTA DE CUADROS

No			Pág.
1	ESTADO REPRODUCTIVO, FUNCIÓN LÚTEA, Y LUTEÓLISIS DE LAS VACAS BAJO EL EFECTO DE PROTOCOLO OVSYNCH O PGF2A+ OVSYNCH.		40
2	EFFECTO DEL TRATAMIENTO SOBRE LA TASA SINCRONIZACIÓN, TASA DE CONCEPCIÓN SINCRONIZADA, Y TASA ACUMULATIVA DE PREÑEZ PARA VACAS QUE RECIBIERON OVSYNCH O PGF2A+ OVSYNCH.		41
3	TASAS DE CONCEPCIÓN DESPUÉS DE ITF EN BASE AL ESTADO REPRODUCTIVO.		42
4	TASA DE PREÑEZ ACUMULADA EN VACAS NO TRATADAS (CONTROL) O VACAS QUE RECIBIERON ITF DESPUÉS DE LA SINCRONIZACIÓN DE LA OVULACIÓN.		42
5	PORCENTAJE DE GESTACIÓN DEBIDO AL EFECTO DEL CIPRIONATO DE ESTRADIOL Y BENZOATO DE ESTRADIOL, DEL TIPO DE HEMBRA Y DEL CAMBIO DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN GANADO BOS INDICUS.		43
6	COMPARACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS UTILIZANDO DIFERENTES PRODUCTOS.		45
7	COMPARATIVO DE DIFERENTES ESTUDIOS DE PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO CON PROGESTÁGENOS (CIDR) Y SUS COMBINACIONES CON OTRAS HORMONAS.		46
8	COMPARATIVO DE DIFERENTES ESTUDIOS DE PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO CON PROGESTÁGENOS (CRESTAR) Y SUS COMBINACIONES CON OTRAS HORMONAS.		48
9	PREÑEZ EN HEMBRAS SINCRONIZADAS CON NORGESTOMET Y VALERATO DE ESTRADIOL E INSEMINADAS A TIEMPO FIJO LUEGO DE LA REMOCIÓN DEL IMPLANTE.		49

**LISTA DE GRÁFICOS**

No		Pág.
1	Ondas foliculares desde la ovulación.	8
2	Programa de sincronización de celos e Inseminación Artificial.	9
3	Protocolo de sincronización de estros método OVSYNCH.	29
4	Sincronización de celos posterior al servicio.	31
5	Resincronización de estros con el protocolo OVSYNCH.	32
6	ProtoloSelectSynch.	37
7	Protocolo Presinch.	37
8	PreSynch + OvSynch56.	37
9	Protocolo CIDR.	39

## **I. INTRODUCCION**

La mayor parte de la ganadería de carne está localizada en zonas de trópico, caracterizadas por altos índices pluviométricos y altas temperaturas que proporcionan condiciones favorables para el crecimiento de forraje y la producción de carne a bajo costo. En estas condiciones,

La situación económica mundial requiere de prácticas de manejo eficaces para mejorar la rentabilidad de los establecimientos de producción ganadera. Aunque los sistemas de manejo de los rodeos comerciales difieren en distintas partes del mundo, el objetivo reproductivo principal es preñar a las vacas lo más rápido posible después del parto 23. Sin embargo, el desempeño reproductivo ha disminuido progresivamente, debido principalmente a la disminución de la fertilidad de las vacas 22,51 y a la detección ineficiente de celos en la mayoría de los sistemas de manejo.

Las características fisiológicas de estas razas, así como la corta duración del celo y la alta incidencia de celo nocturno y anestro postparto, dificultan las labores de detección de celo que incrementan el intervalo parto-concepción consecuentemente, afecta el desempeño reproductivo del hato.

Una alternativa para mejorar estas particularidades de ciclo estral y comportamiento del ganado *B. indicus* es el desarrollo de protocolos de sincronización de estros que permitan mejores rendimientos productivos y reproductivos, de manera se elimine el tiempo y labor requeridos para detectar el celo, teniendo en cuenta, que un protocolo exitoso para ganado de carne requiere un control de desarrollo folicular y regresión del cuerpo lúteo. En la última década la caracterización de la dinámica folicular de bovino mediante ultrasonografía ha generado bases para la manipulación farmacológica del ciclo estral y así lograr la sincronización de la ovulación en un tiempo predecible e inseminar a tiempo predeterminado o tiempo fijo. Sin embargo, para que los programas de sincronización de estro y ovulación sean efectivos, el problema del anestro

postparto necesita ser resuelto, dado que es uno de los factores más importantes que interfiere con la productividad y desempeño reproductivo del ganado de las regiones tropicales, el cual está influenciado por un consumo inadecuado de nutrientes y una pérdida de condición corporal, con la consecuente suspensión del ciclo estral.

Numerosos factores asociados influyen en el reinicio de la actividad cíclica posparto, dentro de los cuales están: la condición corporal, nutrición, presencia del becerro, número de partos, raza, ambiente, estrés, bioestimulación del macho, distocias, infecciones puerperales y enfermedades. La característica endocrina más importante asociada con el anestro, es una disminución en la liberación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y una supresión marcada en la liberación pulsátil de hormona luteinizante (LH). El actual conocimiento fisiológico y endocrinológico del ciclo estral, ha permitido el desarrollo de nuevas tecnologías que representan una herramienta importante para el mejoramiento de la eficiencia reproductiva de los rebaños y por ende la rentabilidad de las empresas ganaderas.

La terapia hormonal es una de las alternativas que ha sido utilizada para reestablecer la ciclicidad ovárica posparto en vacas. Varios protocolos, incluyendo el uso de estrógenos, progesterona o progestágenos, prostaglandina F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>) y GnRH o sus combinaciones, han sido evaluados en varios países del mundo. Según reportes de (UIRA, FCV, Universidad del Zulia – VENEZUELA 2004) indica que es importante señalar que los tratamientos hormonales para el control del anestro en vacas mestizas han estado limitados al uso de progesterona o progestágenos los cuales son presentados en forma de implantes subcutáneos y dispositivos intravaginales; combinados con GnRH y gonadotropina coriónica equina (eCG).

En los últimos años se han desarrollado protocolos para sincronizar la ovulación en vacas denominado Ovsynch; que consiste en la utilización de combinaciones de GnRH y PGF<sub>2α</sub>. El uso de este protocolo permite realizar la inseminación artificial (IA) programada, sin la detección del estro; siendo ésta última uno de los principales problemas de manejo que afectan la eficiencia reproductiva de la IA.

La IA a tiempo fijo (IATF) es posible, porque la ovulación se produce de 24 a 32 horas después de la segunda inyección de GnRH; con resultados aceptables de fertilidad. Este protocolo se fundamenta en que la primera inyección de GnRH induce la liberación de la hormona luteinizante (LH) y de la hormona folículo estimulante (FSH), favoreciendo la ovulación, luteinización o atresia de un folículo dominante e iniciando una nueva onda de crecimiento folicular. Siete días más tarde, la PGF2 $\alpha$  inyectada por vía intramuscular debe causar la regresión de todos los CL o folículos luteinizados. Si un CL resultó de la inyección inicial de GnRH, el intervalo de 7 días usualmente provee suficiente tiempo para que el CL madure y sea sensible a la PGF2 $\alpha$ . Cuarenta y ocho horas más tarde, una segunda inyección de GnRH debería provocar la liberación de LH y la ovulación de un folículo dominante. El periodo de tiempo entre la primera y la segunda inyección de GnRH (9 días), es suficiente para el reclutamiento, selección y crecimiento de un nuevo folículo dominante hasta que alcance un tamaño preovulatorio, cuando será sensible al pico de LH inducido por el segundo tratamiento de GnRH. La GnRH inducirá la ovulación en aproximadamente 30 horas. Las vacas son artificialmente inseminadas aproximadamente 16 a 20 horas antes de la ovulación.

De acuerdo lo manifestado anteriormente, se plantea los siguientes objetivos:

- Comparar la respuesta hormonal con los diferentes protocolos de sincronización de estros.
- Establecer diferencias entre cada uno de los protocolos usados en la sincronización de vacas Bosindicus.
- Identificar los aspectos relacionados con la aplicación programas de inducción y sincronización de celos en ganado de carne.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **A. MANEJO REPRODUCTIVO**

Uno de los objetivos primarios del manejo usual del stock joven es aumentar el tamaño de las vaquillonas a un nivel adecuado para que el ciclo reproductor pueda empezar tan temprano como sea posible. Los investigadores han demostrado que la edad más provechosa para la primera parición es entre veinticuatro y veintiséis meses. Es cierto que las vaquillonas que paren más tarde (veintisiete a treinta y tres meses de edad), producen un poco más leche durante la primera lactación. Sin embargo, el aumento de los costos de levantar las vaquillonas de cola de parición, la demora en recobrar la inversión, y la producción reducida por día de vida de la manada, no justifica el ligero incremento en rendimiento de leche. Si las vaquillonas se alimentan y manejan bien, estarán bastante grandes para engendrar a los quince meses y parir a los veinticuatro meses de edad.

#### **1. Factores que afecta a la reproducción**

##### **a. Pubertad**

Según O'Connor, L. (2003), reporta que una vaquillona alcanza la pubertad cuando exhibe conducta sexual normal y ocurre la ovulación. Al irrumpir la pubertad, las hormonas proteicas que afectan los ovarios son secretadas por la glándula pituitaria a una cadencia acelerada. Simultáneamente, los ovarios llegan a ser capaces de responder a estas hormonas, llamadas gonadotrofinas, y producen sus propias hormonas, estrógeno y progesterona. Estas hormonas esferoides son responsables del normal desarrollo folicular y de la regulación del ciclo estral. La pubertad está más estrechamente relacionada al peso corporal que a la edad. Las vaquillonas lecheras alcanzan la pubertad cuando el peso corporal es el 30 % o el 40 % del peso adulto promedio.

## **b. Mecanismo endócrino de la pubertad**

Gallo, E. (2002), cita que en la activación ovárica intervienen hormonas como la GnRH (gonadotropina) segregada por el Hipotálamo que es una estructura anatómica estimulada por los efectos fisiológicos y el medio ambiente tales como, temperatura, duración luz/día, velocidad de crecimiento, peso vivo, estado nutricional, edad, raza y otros; vía portal la hormona GnRH llega a la Hipófisis (Adenohipófisis), para estimular la liberación de las hormonas LH (hormona luteinizante) y FSH (hormona folículo estimulante); estas se dirigen hacia el ovario donde actúan de la siguiente manera: la FSH promueve la formación y maduración del folículo, ocurriendo una proliferación celular y acumulación de líquido rico en estrógenos primera hormona sexual femenina. Cuando la LH alcanza su máxima concentración en la sangre, sucede la ovulación, durante la cual, y después de ésta la LH promueve un cambio en las células de la granulosa y la teca, las que modifican su forma y se llenan de grasas que les confiere su característico color amarillo.

A medida que las células siguen creciendo, producen la segunda hormona sexual femenina, la progesterona, la cual exhibe altos niveles en la sangre, lo que nos sirve para la cuantificación de los valores plasmáticos y así ser analizada la función ovárica. En el neonato los niveles de ésta son muy bajos; más tarde aumentan, seguidos por las máximas elevaciones de LH, al acercarse la pubertad.

Durante el período prepuberal y la pubertad, la vaquilla exhibe un cambio en el nivel de LH. Ocurre una primera elevación de LH unos 10 días antes del celo y luego otra, de aproximadamente la misma magnitud, durante el estro.

## **c. Formación de folículos germinales en la vaca**

Rieszer, N. y Maldonado, P. (2000), reportan que, el uso de la ultrasonografía ha sido posible para entender que los folículos de los bovinos se desarrollan en ondas y que en cada ciclo estral se producen 2 o 3 ondas folículoares. Estas ondas folículoares consisten en que un grupo de folículos antrales inician un crecimiento

hasta los 4 mm y a partir de allí se produce una selección de un folículo dominante, que continua con su crecimiento, mientras que los demás folículos se convierten en subordinados e inician un proceso de atresia. La emergencia de la primera onda folicular, sea en ciclos de 2 o 3 ondas, ocurre inmediatamente después de la ovulación, mientras que la segunda onda ocurre entre los días 9 o 10 en ciclos de 2 ondas y en los días 8 o 9 en ciclos de 3 ondas, con una tercera onda emergiendo en los días 15 y 16 (Williams, G. 1990).

Investigaciones demuestran que algunos animales Bosindicus pueden tener ciclos con 4 ondas. En este caso la cuarta onda comienza el día 20 ó 21 y el ciclo estral dura 24 a 25 días. Fernández, A. (2003), manifiesta que 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.

[http://www.produccionbovina.com/.../65-control\\_farmacologico\\_ciclo.pdf](http://www.produccionbovina.com/.../65-control_farmacologico_ciclo.pdf). (2004), la fase de reclutamiento es un proceso por el que, bajo la responsabilidad de la FSH, un conjunto de folículos antrales tempranos (2-3 mm de diámetro) comienzan a crecer en un medio con suficiente soporte gonadotrófico que les permite progresar 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. Esta fase no ha recibido la misma atención investigativa como la dominancia folicular y la ovulación. Grupos, más que folículos aislados, son reclutados y este proceso se relaciona con cambios medibles de la FSH circulante. Factores intraováricos 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.

De la misma manera Rieszer, N. y Maldonado, P. (2000), reporta que las hormonas hipofisarias: Folículo estimulante (FSH) y Luteinizante (LH), son responsables de la emergencia de las ondas foliculares y la selección de un



folículo dominante (Ferguson, K. 1996). Elevaciones de la concentración plasmática de FSH son responsables de la emergencia de una onda folicular, la que posteriormente es suprimida por productos de los folículos en crecimiento (Abstracts, A.2007).

El folículo que primero adquiere receptores para LH llega a adquirir la condición de “folículo dominante” mientras que los restantes se convierten en “folículos subordinados” y van a sufrir atresia. La secreción de progesterona por el cuerpo lúteo suprime la acción de la LH y como consecuencia que el folículo dominante cese en sus funciones metabólicas y que regrese; sin embargo, cuando ocurre la regresión del cuerpo lúteo, permite un incremento de la frecuencia de pulsos de LH y unido a altas concentraciones de estradiol que sucede la ovulación.

Los tejidos reproductivos femeninos, incluyendo los folículos ováricos y CL son uno de los tejidos de más rápido crecimiento en la hembra adulta y son también unos de los pocos tejidos que exhiben periódicos y dinámicos crecimiento y regresión. Por ejemplo, los folículos ováricos antrales pueden aumentar o disminuir de diámetro por más de dos milímetros por día. Recientemente se sabía poco de las asociaciones temporales entre los folículos en crecimiento y regresión durante un ciclo de estro debido a las dificultades de estudiar in vitro tejidos en rápido crecimiento y regresión. Un descubrimiento tecnológico usando imágenes de ultrasonido transrectal se reportó en 1984 y ha llevado a la clarificación de la naturaleza del desarrollo folicular antral en ganado. Las imágenes ultrasónicas transrectales proporcionan un medio para monitoreo, repetido, directo y no invasivo y medición de los folículos ováricos sin considerar su profundidad dentro del ovario. Los estudios utilizando ultrasonido revelaron que el crecimiento folicular se presenta en curvas, cada curva culmina con la formación de un folículo grande. Una curva folicular empieza con la emergencia de un grupo o cohorte de pequeños folículos antrales justo antes del día de ovulación. Durante los próximos días, uno de los folículos en esta cohorte continúa creciendo y se hace dominante, suprimiendo así la emergencia de una nueva curva folicular. Mientras el folículo dominante continúa creciendo el crecimiento de los restantes folículos en la cohorte cesa o se hace lento y estos folículos subordinados eventualmente sufren atresia. Una segunda curva de crecimiento emerge aproximadamente el

día 10 después de la ovulación y, para ciclos de tres curvas emerge una curva adicional el día 16 después de la ovulación. Para ambos ciclos, los de dos y tres curvas, el folículo ovulatorio surge de la curva final. La duración de la curva y el tamaño máximo alcanzado por el folículo dominante de la primera curva es similar para ambos ciclos los de dos y tres curvas. La duración de la curva es más corta y el folículo dominante es menor para la segunda curva de un ciclo de tres curvas comparado con la primera curva. Los primeros reportes usando ultrasonido indicaron que el número de curvas foliculares que ocurren en vaquillas cíclicas, varía entre animales. Algunas vaquillas exhibían dos mientras que otras exhibían tres curvas sucesivas de crecimiento folicular durante cada ciclo estral. En general las vacas lecheras en lactancia, primíparas y multíparas tienden con mayor frecuencia a exhibir ciclos de dos curvas, mientras que las vaquillas lecheras nulíparas tienden con mayor frecuencia a exhibir ciclos de tres curvas. Sin embargo, un animal que presente un ciclo de dos curvas puede exhibir tres curvas durante el subsecuente ciclo y viceversa, pero la frecuencia con la cual este cambio en el número de curvas por ciclo se presente dentro de un animal no ha sido bien establecida. Varios factores que influyen el número de curvas por ciclo de estro en ganado lechero, incluyen la ingestión dietética, edad, paridad y estado de lactancia. El desarrollo de las ondas foliculares se refleja en la figura 1.

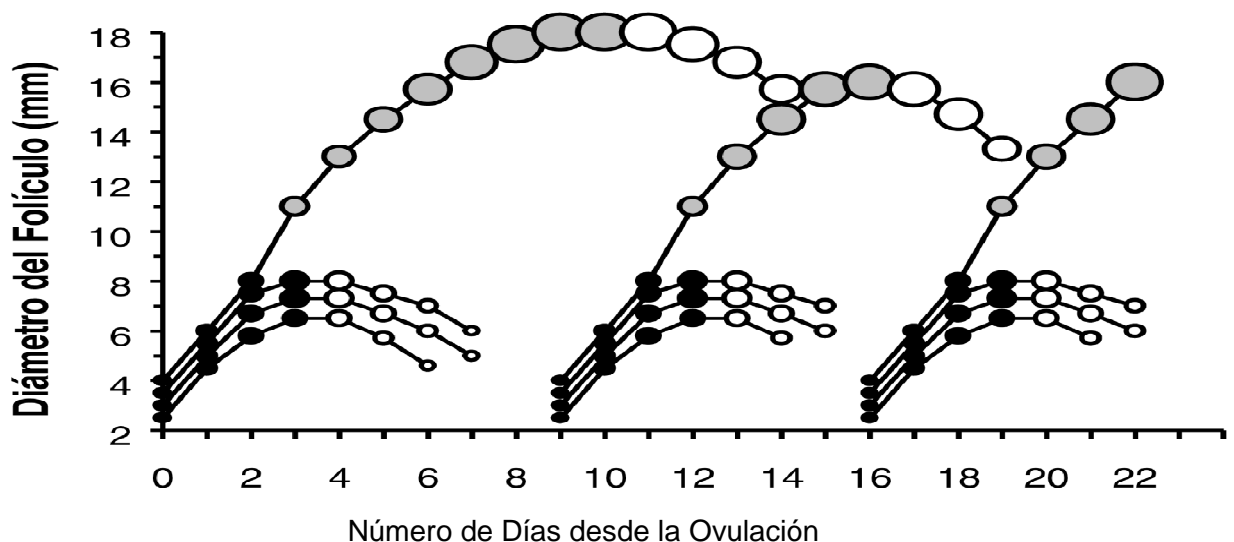


Figura 1. Ondas foliculares desde la ovulación.

Las curvas foliculares no están limitadas a las vacas cíclicas postpubertales sino que están presentes en muchos estados fisiológicos. El inicio de las curvas foliculares empieza a edad temprana con vaquillas prepúberes de hasta dos semanas de edad, que exhiben patrones similares a las curvas de crecimiento folicular. Las curvas foliculares continúan durante el período prepubertal y están presentes en vaquillas lecheras y de carne al inicio de la ciclicidad. Las vacas preñadas exhiben ondas foliculares similares a las observadas en vacas no preñadas durante los primeros ocho meses de gestación. Las curvas foliculares en los animales prepúberes y preñados difieren de las que se presentan en animales cíclicos en dos aspectos.

- 1) El diámetro del folículo dominante de cada curva es más pequeño y
- 2) La duración de cada curva folicular tiende a ser más corta en animales prepúberes y preñados.

Un simple programa de sincronización de celo a base de hormona liberadora de las Gonadotropina (GnRH), y Prostaglandina (PGF<sub>2α</sub>) se observa en la figura 2.

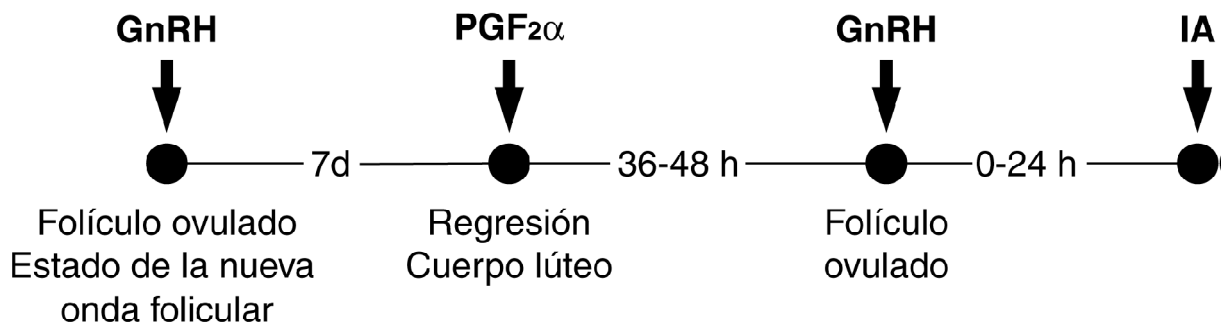


Figura 2. Programa de sincronización de celos e Inseminación Artificial.

El papel fisiológico de folículos dominantes no ovulatorios durante la fase lútea del cicloestral bovino o preñez son inciertos. La administración de hCG en la presencia de un folículo dominante en fase lútea resulta en ovulación y subsecuente formación de un CL, indicando que los folículos dominantes presentes durante la fase lútea temprana y media del ciclo son capaces de ovular y formar una estructura lútea. Los folículos dominantes no ovulatorios pueden

jugar un papel durante la regresión lútea. El electrocauterio de todos los folículos visibles y los rayos x en el ovario para detener el crecimiento folicular el día 10 del ciclo estral demora la regresión lútea en vacas. Por lo tanto, la ausencia de un folículo dominante durante la fase lútea media-tardía demora la regresión lútea. La mayor secreción de estradiol 17 $\beta$  por folículos dominantes del ciclo tardío puede causar regresión lútea estimulando la secreción de PGF<sub>2</sub> $\alpha$  ovárica o uterina.

## 2. Ovulación

Campo, E. y Blanco, G. (1999), manifiestan que, se han demostrado determinados pasos o eventos fisiológicos que pueden explicar lo esencial de este complejo proceso:

- Aumento de la vascularización de toda la pared folicular, excepto en el ápice del mismo donde se produce una zona avascular, representando el lugar por donde se rompe el folículo.
- Disociación de las células de la membrana granulosa, lo que se traduce o expresa en un adelgazamiento del grosor de la pared folicular.
- Disociación de las células del cumulus oophorus liberándose el ovocito del macizo celular ovígeno.
- Vascularización folicular preovulatoria que condiciona los cambios edemáticos en la teca externa y con ello se afecta la cohesión celular de la misma. Participa además una fuerte acción enzimática colagenasa y plasmina que destruye la elasticidad del folículo, representada por la teca externa.
- En el ápice del folículo, aparecen las células epiteliales, los lisosomas que con su hidrolasa destruyen las células de la túnica albugínea y la teca folicular.
- La pared folicular se prolapsa cónicamente produciendo determinados abombamientos conocidos comúnmente como estigma de ovulación, lugar por donde se romperá la pared folicular.

- Antes de la ovulación los niveles de  $\text{PGF2}\alpha$  y  $\text{PGE2}$  aumentan notablemente, participando en la contracción ovárica y folicular por lo que se produce expulsión del ovocito. En este momento participan la enzima que destruyen la cohesión de las fibras colágenas.

Varios investigadores reportan que los bloqueadores de la producción de  $\text{PGF2}\alpha$  retarda la ovulación en este sentido se ha citado a la adrenalina. Encambio, la cópula acelera el proceso de ovulación varias horas, esto se produzca por la descarga de oxitocina provocada por el reflejo cruzado de Ferguson, de modo que la oxitocina estimularía la producción de la cascada de la  $\text{PGF2}\alpha$  a la cual aceleraría el proceso a causa de la contracción de la pared folicular.

Es ciencia constituida la importancia de la gonadotropina LH en el proceso de la ovulación, la descarga preovulatoria de esta hormona está provocada por los niveles máximos de  $\text{E2}$  un día antes del celo lo que da lugar a que en el inicio del celo, comienzan también la descarga de LH, la cual alcanza su valor máximo de 6-10 horas más tarde. Después de la onda preovulatoria, no se detectan pulsos de LH durante 6-12 horas.

Duchen, M. (1995), comprobó que los niveles de  $\text{P4}$  altos durante el periodo estral bloquean la liberación de LH con lo cual la duración del estro se prolonga, deprimiéndose las manifestaciones de este; así mismo comprobó que la ovulación demoraba más que lo esperado, lo que influyó significativamente en la fertilidad, de modo que las hembras (novillas) que presentaron los niveles de  $\text{P4}$  suprabasales durante el estro, solamente se fecundaron en el orden del 46 %, mientras que las que presentaron niveles bajos de  $\text{P4}$  (0,45-0,5 nmol / L) durante el celo mostraron una fertilidad elevada, es decir, se gestaron el 90 %.

Ungerfeld, R. (2002), indica que paralelamente a la caída de la progesterona se incrementa la frecuencia de pulsos de la LH, al tiempo que se elevan sus niveles basales hasta de 20 a 80 veces mayores que los niveles basales durante un período de 6— 12 horas, lo que se conoce como el pico de LH.

El proceso ovulatorio se desencadena a partir del mismo, determinándose el estallido del folículo preovulatorio y la liberación del ovocito. La ovulación, en especies como la vaca, oveja y cabra se produce unas 24 a 30 hs luego de iniciado el celo. En las especies de ovulación espontánea (vaca, oveja, cabra, yegua), la caída de la progesterona determina que se produzca una retroalimentación positiva entre la GnRH y la LH por un lado y los estrógenos por otro. Es decir, que ante cada pulso de GnRH la hipófisis responde con un pulso de LH; y el folículo responde a la LH secretando estrógenos. Los estrógenos determinan que se produzca rápidamente un nuevo pulso de LH, el que inducirá un nuevo incremento de estrógenos. A su vez, el estradiol incrementa la sensibilidad de la hipófisis a GnRH, de forma que finalmente se produce una descarga masiva de LH: el pico de LH. Actualmente se considera que los estrógenos ejercen su efecto estimulador en ambos niveles, tanto en el hipotálamo, estimulando la secreción de GnRH, como en la hipófisis, estimulando directamente la secreción de LH. Finalmente, el pico de LH determina la ruptura y luteinización del folículo, de forma que caen los niveles de estrógenos. Por tanto, el propio folículo es el que desencadena los mecanismos que lo destruirán (o sea, la ovulación). El hecho de que la progesterona sea capaz de inhibir la aparición del pico de LH al impedir que se desencadene el mecanismo de retroalimentación positivo GnRH-LH estrógenos es importante para comprender el fundamento de las técnicas de sincronización de celos que utilizan progestinas (sustancias de acción similar a la progesterona).

### **3. Regulación neuro-endocrina de los procesos reproductivos**

#### **a. Eje hipotálamo-hipofisario. (GnRH)**

Ungerfeld, R. (2002), menciona que el eje hipotálamo-hipofisario está constituido por neuronas neurosecretoras localizadas en el hipotálamo, la glándula hipófisis o pituitaria y las glándulas y órganos blanco que se encuentran bajo su control. Debido a su estructura y función, este eje representa la conexión entre el sistema nervioso y el sistema endocrino. La interrelación entre los sistemas nervioso y endocrino se realiza mediante mediadores hormonales y puede ser entendido fácilmente si nos referimos al eje hipotálamo-hipofisario-gonadal. Hoy sabemos

que este sistema es regulado por una hormona de naturaleza peptídica, denominada GnRH (Hormona Liberadora de Gonadotropinas) que es sintetizada por neuronas hipotalámicas y liberada a los vasos porta hipofisarios por donde llega a la hipófisis para estimular la secreción a la circulación general de dos hormonas hipofisarias: LH y FSH.

## **b. Hipófisis y gonadotropinas**

Ungerfeld, R. (2002), cita que la hipófisis es la principal glándula endocrina, que comanda el sistema hormonal de los organismos. Tiene 2 regiones: el lóbulo anterior (adenohipófisis) y el posterior (neurohipófisis). En los mamíferos el lóbulo anterior no contiene fibras nerviosas, no tiene contacto neural directo con el hipotálamo, comunicándose a través de un sistema vascular, el sistema porta hipotálamo-hipofisario. El lóbulo posterior está compuesto por tejido neural y se conecta por el hipotálamo por neuronas que comunican a través del pedúnculo hipotálamo-hipofisario.

Las principales hormonas vinculadas directamente con la reproducción secretadas por:

- La adenohipófisis:
- Prolactina
- FSH
- LH

La neurohipófisis:oxitocina (que a pesar de ser producida por neuronas cuyo cuerpo está localizado en el hipotálamo, es liberada desde la neurohipófisis).

Las gonadotropinas hipofisarias como cita Ungerfeld, R. (2002), juegan un rol fundamental en la estimulación de las gonadas; son los principales mediadores del sistema nervioso central sobre las actividades endocrinas y gametogénicas. Las células de la hipófisis anterior que secretan gonadotropinas son conocidas como gonadotropos, siendo células identificables como basófilas. La LH y la FSH.

La LH, la FSH y la TSH son glicoproteínas con un peso molecular de alrededor de 30.000; están formadas por dos subunidades proteicas diferentes llamadas a. y B. Ambas cadenas peptídicas están unidas por puentes de hidrógeno y Fuerzas de Van der Waals. Para una misma especie, la subunidad es idéntica entre estas tres hormonas, estando codificada por un mismo gen. La subunidad es específica de cada hormona en cada especie, y está codificada por diferentes genes. Por tanto, es la subunidad determinante de la actividad biológica de la hormona.

Dado que la FSH y la LH son sintetizadas en las mismas células parece obvio que la diferencia en la regulación de su síntesis está dada en la secreción de la subunidad  $\beta$  de cada una de ellas. Mientras que los retrocontroles de las gónadas (esteroides: estradiol, progesterona; proteínas: inhibina, activina, folistatina) sobre la FSH actúan primariamente a nivel hipofisario, la mayoría de los retrocontroles sobre la LH efectúan a nivel hipotalámico, modulando la liberación de la GnRH.

### **c. Hormonas gonadales y otras hormonas vinculadas a la reproducción**

Ungerfeld, R. (2002), manifiesta que las hormonas producidas por los testículos y los ovarios-progestinas, andrógenos, estrógenos, inhibina; así como otras hormonas secretadas por otros órganos, cuya acción se vincula con la reproducción: prostaglandinas de origen uterino, melatonina, relaxina y lactógenos placentarios.

Los esteroides gonadales. Según Ungerfeld, R. (2002), son esteroides o moléculas derivadas del colesterol. Este es un lípido derivado del acetato producido en muchos tejidos del organismo, que, además de ser sustrato para la esteroidogénesis, tiene un importante rol estructural. Las hormonas asteroideas más comunes son designadas por nombres simplificadas, e.g. estradiol, testosterona.

Estrógenos según Ungerfeld, R. (2002), cita que en animales no gestantes son estrógenos secretados por folículos antrales, mientras que en animales preñados son secretados por la unidad feto-placentaria. De acuerdo a una relación de volumen, los estrógenos son biológicamente más potentes que los esteroides. Las



células tecaes de los folículos en crecimiento sintetizan básicamente andrógenos y algo de estrógenos, estando dicha conversión regulada fundamentalmente por la LH. Las células granulosas del folículo en crecimiento tienen enzimas necesarias para aromatizar los andrógenos a estrógenos. La mayoría de los andrógenos sintetizados en la célula tecal son convertidos a estrógenos por las células de la granulosa, lo que es regulado fundamentalmente por la FSH. En el folículo preovulatorio las células de la granulosa adquieren receptores para LH, y durante el pico peovulatorio de LH la granulosa es convertida en células sintetizadoras de progesterona.

Muchas respuestas tisulares importantes son estimuladas por estrógenos:

- Promueve el crecimiento de las glándulas endometriales.
- Estimulan el crecimiento de los ductos de la glándula mamaria.
- Estimulan la actividad secretoria en el oviducto.
- Estimulan la receptividad sexual.
- Frenan el crecimiento de los huesos largos.
- Promueven el anabolismo proteico.
- Tienen actividad epitelio-trófica.
- Regulan la secreción gonadotrófica.
- Estimulan el inicio de la secreción de prostaglandina.

La progesterona, según Ungerfeld, R. (2002), es la hormona de la preñez, es la principal secreción del cuerpo lúteo. En especies como los primates, ovinos y equinos la progesterona también es secretada por la unidad feto-placentaria en cantidades suficientes como para no ser necesaria la presencia del cuerpo lúteo a partir de la mitad de la gestación. La progesterona induce a:

- La hipertrofia de las glándulas endometriales.
- Al crecimiento alveolar de las glándulas mamarias.
- La actividad secretoria del oviducto y de las glándulas endometriales.
- Estimular el comportamiento estral fuera del período normal en algunas especies (oveja y perra) en combinación con estrógenos.

- Bloquea la motilidad uterina.
- Regula la secreción de gonadotrofinas.

Stahringer, R. y Maidana, G. (2004), mencionan que la progesterona natural tiene una vida media muy corta de 3 y 4 minutos, implica en la necesidad de utilizar altas dosis; la alternativa es usar análogos que, sin producir efectos secundarios, precisan dosis menores.

La progesterona natural, tenemos el denominado PRID (dispositivo intravaginal de liberación de progesterona; dosis de 1.55 g); en cuanto a los análogos, estos suelen aplicarse bajo la forma de implantes subcutáneos. Estos productos actúan como un cuerpo lúteo exógeno, inhibiendo la secreción de gonadotropinas, por tanto, el desarrollo folicular. Al cesar este bloqueo progesterónico, produce la liberación de las gonadotropinas y el inicio de un ciclo fértil.

De los sistemas actuales de sincronización de celos, es uno de los más completos y flexibles es el basado en el uso de progestágenos en forma de implante subcutáneo. Al mismo tiempo, se coloca este implante se administra una inyección del mismo compuesto de modo que se asegura la adquisición de los niveles de progestágeno en el animal desde el primer momento (estos niveles los asegura el inyectable hasta que el implante comience a ser absorbido). El progestágeno actúa de modo distinto en función del estado de funcionalidad ovárica en que se halle la vaca:

La hembra que se encuentra en actividad cíclica ovárica, el progestágeno acorta la vida del CL, especialmente si se inyecta al principio del ciclo, y bloquea la liberación de gonadotropinas por la hipófisis. Al retirar el implante al cabo de 9 ó 10 días dicho bloqueo cesa de forma brusca, presentándose una fase folicular que conducirá al celo y la ovulación.

La hembra que posee en reposo ovárico, el progestágeno prepara la descarga de gonadotropinas y/o aumenta la sensibilidad del tracto reproductor a la acción de estas hormonas, ya sean estas endógenas o exógenas. Una vez retirado el implante suelen inyectarse entre 300 y 700 U.I. de PMSG con el fin de completar o sustituir la descarga de gonadotropinas endógenas.

La inseminación se realizará, según los casos, a las 48 horas (en novillas) ó a las 56 horas (en el caso de vacas en producción) después de retirar el implante. Este tratamiento difiere del de la sincronización mediante prostaglandinas en que en este caso se sincroniza realmente el celo; en el caso de las prostaglandinas lo que sincronizamos es la luteolisis.

Inhibina, de acuerdo a Ungerfeld, R. (2002), menciona que la inhibina es una hormona proteica de origen gonadal que regula la secreción de FSH. La principal fuente de inhibina en la hembra es la granulosa de los folículos en crecimiento, y en el macho son las células de Sertoli, homólogas de las de la granulosa del folículo.

En ambos sexos la inhibina provoca un feed-back negativo sobre la síntesis y liberación de FSH. Esto es especialmente importante en la hembra durante la selección de los folículos dominantes, y en el macho durante la espermatogénesis activa, disminuyendo la secreción cuando la producción espermática es continua. Los patrones de secreción de la inhibina son diferentes entre los sexos porque la producción gamética es diferente.

#### **d. Prostaglandina**

Según Ungerfeld, R. (2002), las prostaglandinas constituyen un grupo de ácidos grasos esenciales polinsaturados de 20 carbonos, con pesos moleculares de 300 a 400. Hay quienes no las consideran hormonas en un sentido estricto, utilizando términos de "hormona local». Esto es debido a que las prostaglandinas no son secretadas por ninguna glándula en particular y tienen una vida media muy corta que solo les permite tener acciones locales. Los precursores de la prostaglandinas son ácidos grasos polinsaturados; el ácido araquidónico (ácido 5, 8, 11, 14-eicosatetraenoico) es el precursor de las prostaglandinas que intervienen en los procesos reproductivos. Prácticamente todos los tipos celulares del organismo tienen la capacidad de convertir ácidos grasos en prostaglandinas como respuesta a muchos estímulos diferentes conocidos como activadores de fosfolipasas, e.g. endocrinos, nerviosos, mecánicos y químicos. Las prostaglandinas son clasificadas en cuatro grupos básicos, A, B, E y F, que

difieren en los sustituyentes del anillo de ciclopentano y en los dobles enlaces de la molécula. Son fuertes estimulantes del músculo liso. En general, las prostaglandinas E relajan y las F contraen el músculo liso. Muchas clases de prostaglandinas se encuentran en diferentes tejidos de mamíferos. Desde el punto de vista reproductivo las prostaglandinas de mayor importancia son la prostaglandina F<sub>2cx</sub> (PGF<sub>2α</sub>) y la prostaglandina E<sub>2</sub> (PGE<sub>2α</sub>). La PGF<sub>2α</sub> es liberada por el útero (en el endometrio desde donde pasa, vía hemática, al ovario, lugar donde ejerce su acción: la luteolisis), y juega un rol importante en regular la vida del cuerpo lúteo en las especies domésticas. La regresión del cuerpo lúteo (luteólisis) es un evento clave responsable de la ciclicidad ovárica en muchas especies domésticas. El útero sintetiza PGF<sub>2α</sub> que induce la regresión del cuerpo lúteo. La liberación de PGF<sub>2α</sub> es producida en pulsos durante unas horas en ovejas, cerdas cabras, yeguas y vacas. Se propuso que la misma inhibe la secreción de progesterona por parte del cuerpo lúteo evitando la producción de AMP cíclico estimulada por la LH. También tienen un importante rol en el parto causando luteólisis (caída de la progesterona) en algunas especies e incrementa la contractilidad miometrial que indica la salida del feto.

La sincronización de celos, según Campo, E. y Blanco, G. (1999), consiste en una luteolisis; para su correcta realización hay que tener en cuenta:

- Que los animales presentenciclicidad ovárica normal; esto planteará problemas en el caso de las novillas.
- Realizar dos aplicaciones separadas 10 ó 12 días entre sí (el motivo es que, al recibir la primera dosis, cada animal estará en una fase distinta del ciclo estral). Así se logra una alta efectividad en la Inducción del estro hasta un 90 % y 80 % en novillas y vacas respectivamente.
- Realizar una doble inseminación, a las 72 y a las 96 horas tras la última inyección, a causa de las variaciones que existen entre animales en cuanto al tiempo que pasa entre la última dosis y la salida en celo (este tiempo puede oscilar entre 3 y 5 días), con este sistema se ha logrado un 91 % de fertilidad en novillas.

A pesar de seguir correctamente este protocolo siempre hay que esperar que entre un 20 y un 30% de los animales no se sincronicen.

Inducción del parto/aborto, está casi exclusivamente restringida a los casos de cubrición accidental de novillas demasiado jóvenes. En estos casos puede utilizarse la PGF2 $\alpha$  para terminar con la funcionalidad del CL de gestación.

#### **4. Ciclo estral bovino**

Niklitschek, S. (2002), reporta que el ciclo estral comienza con el inicio de un celo y termina aproximadamente 21 días más tarde al comenzar el próximo celo. El ciclo estral es interrumpido solamente por la preñez y se reanuda aproximadamente 21 a 28 días después del parto. Cuando el hipotálamo libera GnRh, se genera una secuencia de eventos que constituyen el ciclo estral. La GnRh estimula la liberación de FSH y LH desde la hipófisis, que estimulan ondas de maduración folicular en los ovarios. Al crecer el folículo dominante, aumenta su producción de estrógenos inhibiendo la liberación de FSH, provocando la atrofia de los otros folículos en maduración. Cuando los estrógenos alcanzan un nivel umbral se gatilla otra oleada de GnRh y la consecuente liberación de FSH y LH que provocan la ovulación con la ruptura del folículo y liberación del óvulo.

Ortiz, C. (2004), manifiesta que después de la ovulación, la LH induce la formación del Cuerpo Luteo en el orificio del ovario dejado por la ruptura del folículo. Este Cuerpo Luteo es responsable de la producción de progesterona que prepara al útero para la preñez y mantiene la gestación. La progesterona aumenta rápidamente su nivel 3-5 días después de la ovulación y permanece elevado hasta el día 16-17. La progesterona es fundamental en el control del ciclo astral, ya que inhibe la liberación de GnRh en el hipotálamo, impidiendo que se desencadene toda la secuencia de eventos de un ciclo estral. Si posterior a la ovulación la vaca no queda preñada, el útero libera prostaglandinas (P4) que provocan la luteolisis o destrucción del cuerpo lúteo, lo que hace bajar drásticamente el nivel de progesterona circulante, permitiendo la liberación de GnRh desencadenándose un próximo ciclo estral.

### **a. Proestro**

Vargas, J. (2003), indica que el proestro es el período comprendido entre el comienzo de la luteólisis hasta el inicio del celo. Es el periodo en el que se produce el desarrollo del folículo. La actividad ovárica durante el proestro se inicia con la regresión del CL correspondiente al ciclo anterior y el consiguiente descenso de los niveles séricos de la progesterona que el CL produce. Aunque durante el proestro pueden desarrollarse varios folículos, sólo uno (dos en el caso de gemelos) será seleccionado para ovular. Este folículo dominante se diferencia de los demás en que es estimulado por la hormona FSH para producir estrógenos.

#### Cambios internos

- Hay mayor desarrollo del folículo de graff, y hace protrucción sobre la superficie del ovario e inclusive se puede palpar.
- El útero aumenta su tono está irritable y excitable.
- El canal cervical se distiende.

#### Cambios externos

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

### **b. Estro**

Ungerfeld, R. (2002), manifiesta que el celo es un período de aceptación para el apareamiento (receptividad sexual) que normalmente se presenta en novillas pubescentes y vacas no preñadas. Este período de receptividad entre 2 y 30 horas con una duración media de 15 horas.

## Cambios Internos

- Durante el estro se produce la maduración final del óvulo y del folículo que lo contiene.
- La producción continuada de estrógenos por parte del folículo en desarrollo induce a la liberación de LH y FSH por parte de la hipófisis; de este modo se alcanza el nivel de producción máxima de estrógenos a nivel del folículo.
- Los altos niveles de estrógenos son los responsables de, además de los cambios de comportamiento que se observan durante el estro, el aumento de las contracciones a nivel del tracto reproductor, facilitando de este modo el transporte de los espermatozoides a través de él.
- Los estrógenos también influyen en la cantidad y en la composición de los fluidos que se producen en oviductos, útero, cérvix y vagina.
- La descarga mucosa de aspecto claro y consistencia filante que se observa durante el estro está producida por el cérvix y, se supone, sirve de ayuda a la migración del espermatozoides a través de esta estructura anatómica de la hembra.
- Durante el estro las células de la granulosa liberan también inhibina, una hormona que evita la liberación de FSH por parte de la hipófisis.
- Durante el estro se completa el crecimiento del folículo iniciado en el proestro.
- El óvulo ya está listo para ser liberado en la ovulación y la vaca entra en el comportamiento típico de celo de modo que puede ser montada.

## Patrones diarios en los signos de celo

Wattiaux, M. (1999), dice que el comienzo de la actividad de celo sigue diferentes patrones, con la mayoría de la actividad durante las últimas horas de la tarde, a lo largo de la noche, y en las primeras horas de la mañana. Las investigaciones muestran que más del 70% de la actividad de monta toma lugar entre las 7:00 de la noche y las 7:00 de la mañana. Las vacas deben ser observadas cuidadosamente en las primeras horas de la mañana, últimas horas de la tarde, y en intervalos de cuatro a cinco horas durante el día. Aceptación al macho, edema vulvar, contracción rítmica del ano, movimiento de la cola, disminución del apetito, muje constantemente, aparecen moco y costras en los flancos del anca.

### **c. Metaestro**

Ungerfeld, R. (2002), reporta que el meta-estro, es el período comprendido desde el final del celo (rotura del folículo) hasta la formación del cuerpo lúteo. Durante los 3 días siguientes se desarrollará el CL a partir de las paredes del folículo roto. Es en esta fase del ciclo cuando se libera el óvulo.

#### Cambios internos

- El folículo se rompe y se produce ovulación.
- El útero mantiene algo de tono mientras el endometrio se prepara para recibir el posible embrión.

#### Cambios externos

- Hay tranquilidad sexual con pocos reflejos cóitales.
- En algunas hembras existe flujo sanguinolento más o menos obscuro llamado hemorragia post estral.

### **d. Diestro**

Según Wattiaux, M. (1999), el diestro se prolonga alrededor de 12 a 15 días. Corresponde al periodo durante el cual el CL está produciendo progesterona. Cuando se produce la muerte del embrión durante este periodo crítico se prolongará la duración de la fase de diestro; esto explica los ciclos estrales de 25 a 35 días que se observan cuando se produce muerte embrionaria precoz.

#### Cambios Internos

- Aparecimientos de cuerpo lúteo
- A nivel cervical están presentes el tapón mucoso
- El útero se encuentra flácido sin tono.



## Cambios externos

- Vulva plegada
- Moco del aparato reproductivo de color rojo pálido
- No tiene manifestación sexual visible.

## 5. Fecundación

La fecundación según Bearden, H. (1982), el proceso se inicia con la colisión entre el ovocito y el espermatozoide y termina con la con la fusión de su pronúcleo. La célula diploide resultante que contiene el código genético para un nuevo individuo es el cigoto. El primer paso en la fertilización incluye la penetración del espermaozoide a través de las células del cúmulo y de la corona radiada que golpea con su cabeza la zona pelúcida. Dos enzimas ayudan en este paso, la hialuronidasa y las enzimas penetrantes de la corona los dos se asocian con la cabeza del espermatozoide. La liberación de dichas enzimas es posible por la capacitación y la reacción del acrosoma. La fecundación de este óvulo ocurre específicamente en la zona Ampulla-Istmo del oviducto.

Para Galina, C. y Saltiel, A. (1995), la fecundación ocurre después de la fertilización en la porción ampular del oviducto, el cigoto es transportado al útero. Este proceso tarda de 3 a 4 días en la mayoría de los mamíferos. De la misma manera Topham, A. (2003), manifiesta que el huevo fecundado pasa alrededor de tres días en el oviducto antes de migrar al útero. Esta migración se produce por contracciones del oviducto y por movimientos de los cilios que recubren su interior. Luego el embrión llega al útero, se implanta 30 días después de la fertilización en vacas, 60 días en yegua y 14-16 días en cerdas y ovejas para posteriormente comenzar su gestación.

## **B. BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN**

### **1. Sincronización de celo en bovinos**

Según Hernández, J. (2000), la sincronización de celos de un grupo de hembras en 2 o 3 días, es uno de los importantes adelantos en el control del ciclo estral. Esta técnica está destinada a prestar un fundamental apoyo a la inseminación artificial y se ha convertido en una llave imprescindible en la técnica del trasplante de embriones, que se encuentra ya en su fase comercial en países desarrollados.

#### **a. Ventajas de la sincronización del celo**

Según Copyright, W. (2003), la concentración de los celos, con o sin detección de los mismos, la posterior inseminación artificial de los vientres y en períodos cortos de tiempo, ofrece las siguientes ventajas:

- Permite incorporar la IA a rodeos de cría sin afectar parámetros reproductivos.
- Permite inseminar vacas con cría al pie en pocos días y con esquemas simples de trabajo.
- Se minimizan los movimientos de los rodeos.
- Facilita el control de los partos.
- Permite el mejoramiento genético de los rodeos.
- Facilita la incorporación de la I.A. en rodeos con alto número de animales.
- Mejorar los índices reproductivos al conseguirse que los animales no pasen mucho tiempo sin ciclar.
- Planificación de la producción: posibilidad de que esta sea constante a lo largo de todo el año. Esto hace que se puedan tener instalaciones con el tamaño justo, lo que repercutirá, a través de un menor costo de amortización, en el costo del litro de leche producida.
- Producción de lotes homogéneos en cuanto a cruza, edad y peso, lo cual facilita el manejo, la alimentación y la comercialización.
- Uso intensivo, por pocos días, de un toro con monta natural.

- Posibilidad de partir dosis seminales de alto valor

#### **b. Desventajas de sincronización de celo**

Según Wattiaux, M. (1999), la sincronización de celos presenta las siguientes desventajas:

- Incremento de los costos laborales
- Requiere trabajo experimentado y periodos de manejo intensivo
- Requiere medios adecuados
- Costos iniciales más altos
- Es necesario examinar los costos primero
- Los costos son equilibrados por los ingresos aumentados

#### **c. Métodos de sincronización de celo en bovinos**

Smith, A. 2002, reporta que los métodos de sincronización de los ciclos estrales deberían reunir los siguientes requisitos:

- No disminuir la fertilidad normal
- Ser de fácil aplicación al animal y requerir un mínimo de movimientos del rodeo
- No producir efectos colaterales indeseables en los animales
- Producir un grado de sincronización de la actividad ovárica que permita la inseminación artificial en momentos predeterminados prescindiendo de la detección de los celos, y ser económicos.

#### **1) Uso de PGF2a para mejorar la tasa de servicio**

Stahringer, R. y Maidana, G. (2004), dicen que muchos administradores lecheros usan programas hormonales para mejorar la tasa de servicio en sus hatos lecheros. El más común de los programas hormonales usa Prostaglandina (PGF2a). Los productores de leche pueden obtener a través de sus veterinarios

diferentes marcas de PGF2a. Actualmente tanto Lutalyse (Pharmacia-Upjohn) y Estrumate (Bayer) se pueden adquirir en los EEUU. Estos productos trabajan produciendo la regresión del cuerpo lúteo. Normalmente las vacas ciclando tendrán un cuerpo lúteo que responde a la PGF2a solamente en un 60% de las veces. En consecuencia una sola inyección de PGF2a solamente provocara que el 60% de las vacas tengan un celo sincronizado y este ocurrirá entre los días 2 y 7 después de la inyección de PGF2a.

<http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/genetica/articulos/sincronizacion-celos-bovinos-t1678/p0.htm>.(2007), un típico protocolo donde la PGF2a es administrada cada 14 días a todas las vacas no preñadas que estuvieran pasadas del periodo de espera voluntario. Nosotros hemos evaluado este programa en novillas y en vacas lecheras en lactancia. En vacas en lactancia alrededor del 80% de las vacas reciben IA luego de los primeros dos tratamientos con PGF2y un 46% de vacas puras quedo preñada. Las otras vacas fueron inseminadas artificialmente, luego de la tercera dosis de PGF2a, registrándose una pobre fertilidad (4% TP/IA). En cuanto a las novillas, el 80% de ellas recibieron también IA luego de dos tratamientos con PGF2ay se encontró una fertilidad mucho mejor luego de cada tratamiento y luego del tercer tratamiento con PGF2a (la mitad con IA planeada y la mitad en celo). En consecuencia podemos decir que la PGF2a sincroniza el celo, pero, que la aparición del mismo varía dentro de un periodo de 5 días.

Esto no es debido a las diferencias en tiempo desde la inyección de PGF2a hasta la regresión del cuerpo lúteo, sino, más bien a las diferencias en el estado de maduración del folículo ovulatorio al momento de la aplicación de la PGF2a.

<http://jairoserrano.com/2010/09/hormona-no-mata-neurona>. (2010), explica sobre los programas de manejo reproductivo que emplean PGF2a han sido usados en las lecherías de todo el mundo con mucho éxito. Estos programas incrementan la tasa de servicio de 3 maneras. Primero, el productor sabe acerca del momento en que las vacas deben presentar celo y en consecuencia puede estar vigilante a la aparición de los mismos. Segundo, puede haber más vacas en celo, o cerca del mismo, si muchas vacas reciben inyecciones de PGF2a, esto incrementa la

actividad sexual y mejora la detección de los celos. Tercero, las vacas entraran en celo antes de lo normal puesto que la PGF2a produce la regresión del cuerpo lúteo lo que provoca un acortamiento del ciclo normal.

Existen también algunas dificultades que han sido reportadas con los programas de PGFa. Primero, las vacas aun deben ser detectadas en celo puesto que la IA planeada luego del tratamiento con PGF2a ha conducido a una reducción de la tasa de preñez por IA. Esto es particularmente importante en vacas lecheras en lactancia en las cuales la tasa de preñez por IA está disminuida en un 50% aproximadamente y con respecto a las tasas normales (por ejemplo, 40% estaría disminuida a un 20%). Segundo, la PGF2a parece no producir ciclicidad en vacas que no están ciclando. La carencia de ciclos no debe confundirse con la falla en la detección del celo. En la mayoría de las lecherías el número de vacas no-cíclicas es probablemente menos de un 10% del total de las vacas; sin embargo, en algunas situaciones una proporción mucho mayor de vacas puede tener ausencia de ciclos durante los primeros 80 días de la lactancia. Tercero, vacas con quistes foliculares no serán tratadas eficazmente solamente con el tratamiento con PGF2a.

## **2) Uso de la sincronización de la ovulación (Ovsynch) para Incrementar la tasa de preñez**

Gutierrez, A. (2008), menciona que para aliviar algunos de estos problemas hemos desarrollado un programa que permite la IA planeada de las vacas lecheras sin la necesidad de detectar los celos. Este programa requiere de tres inyecciones tal como se muestra en la figura 5. Luego de la segunda inyección de GnRH las vacas son servidas sin tener en cuenta las manifestaciones estruales. Hemos encontrado que se obtienen tasas de parición aceptables con el servicio de las vacas en cualquier momento entre las 0 y las 24 horas posteriores a la segunda inyección con GnRH, pero la óptima tasa se encontró que fue cuando se sirve a las 16 horas de la GnRH (trabajo realizado con 733 vacas servidas en diferentes tiempos luego de la; GnRH. La tasa de preñez por IA es similar para vacas que sufren IA planeada luego de seguir este protocolo como las que son servidas durante un celo normal. Este programa solamente sincroniza la ovulación en

alrededor de un 60-70% de las novillas en comparación con un 90% de las vacas lecheras en lactancia. O sea que este nuevo protocolo permite un manejo reproductivo más eficiente en las vacas lecheras en lactancia puesto que las vacas pueden ser servidas en tiempo correcto sin la necesidad de detectar el celo en forma continua. La tasa de servicio es notoriamente mejorada luego de la implementación de este programa que nosotros hemos denominado sincronización de la ovulación u Ovsynch. Esto es debido a que todas las vacas pueden ser servidas en forma rutinaria en un día establecido de la lactancia. Recientemente hemos realizado un ensayo en tres hatos lecheros de Wisconsin para evaluar la eficacia del programa Ovsynch para el manejo reproductivo. Todas las vacas (n=333vacas) fueron asignadas en forma aleatoria ya sea a un grupo control en donde se seguía un típico plan de manejo reproductivo (detección de celo con el uso ocasional de PGF2a) o al grupo Ovsynch con todas las vacas servidas solamente por medio de una IA planeada en un único día de la semana. Las vacas permanecieron en los programas de manejo reproductivo durante la lactancia de manera tal de permitir la comparación de los días abiertos (días en que la vaca está vacía o que no está preñada). Las vacas en el grupo Ovsynch que fueran detectadas en celo no podían ser servidas hasta que ellas fueran detectadas como vacías al diagnóstico de preñez y resincronizadas con Ovsynch. Por ende, en el grupo Ovsynch no se usó detección de celo y aun vacas con signos de celo no podían ser servidas si estaban en este grupo. No fue una sorpresa que las vacas del grupo Ovsynch fueron inseminadas antes (54 versus 81 días). Esto está ilustrado en la Figura 6A, que muestra el tiempo a la primera inseminación debido a que todas fueron servidas entre los días 50 y 58 de la lactancia. Sin embargo no hubo diferencias en la tasa de preñez luego de la primera inseminación entre los dos grupos (37% versus 39%). Como dato interesante, las vacas del grupo Ovsynch tuvieron menos días vacíos a pesar de que no se realizó detección del celo, o sea que es posible tener un buen programa de manejo reproductivo sin detección del celo. El Protocolo Ovsynch se detalla en la figura 3.

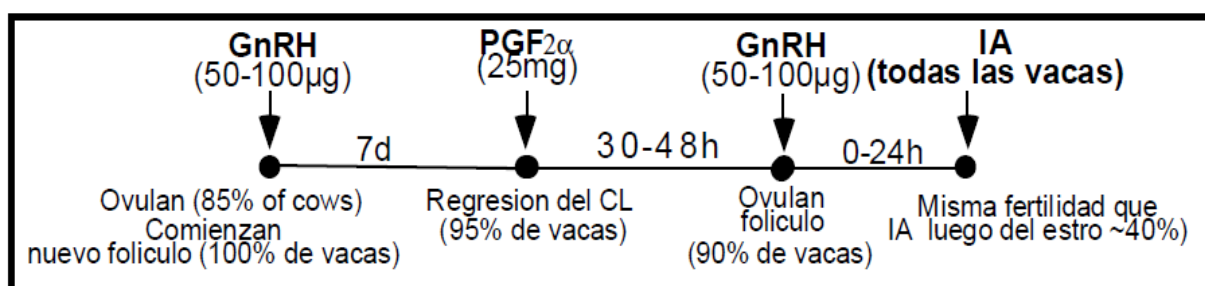


Figura 3. Protocolo de sincronización de estros método OVSYNCH.

<http://jairoserrano.com/2010/06/ovsynch-y-sus-variaciones>. (2010), habla sobre las desventajas del Ovsynch entre la más obvia es el costo de las hormonas. Existe una buena probabilidad de que las mejoras en la eficiencia reproductiva paguen con creces los gastos de las hormonas; sin embargo esto último debe ser evaluado cuidadosamente en cada granja. Nosotros acabamos de terminar un estudio en donde evaluamos el uso de solo media dosis de GnRH (50mg) en lugar de la típica dosis empleada para el tratamiento de vacas con quistes ováricos (100mg). Hemos encontrado idénticas tasas de sincronización y tasas de concepción (41%) usando tanto la dosis entera como la dosis media (Fricke et al., resultados no publicados). Previamente encontramos que las tasas de ovulación fueron las mismas para la dosis entera o media pero disminuyeron notablemente cuando se empleó un cuarto de la dosis. Entonces, el protocolo Ovsynch puede hacerse con una dosis de GnRH (~\$4,50 dólares estadounidenses) y una dosis de PGF<sub>2a</sub> (~\$2,50) lo que hace que el precio total del protocolo cueste solo cerca de \$7 en los EEUU en este momento.

Una segunda desventaja es que el programa Ovsynch solo permite una tasa de preñez normal por IA y en consecuencia debe existir un método eficiente para detectar las vacas no preñadas luego del uso de Ovsynch. Obviamente no existe otro método al momento que permita tasas de preñez más altas que las normales y por ende requerirán de procedimientos efectivos para diagnosticar las vacas vacías. El método más práctico es probablemente un programa intensivo de detección de celo a los 18-25 días luego del uso de Ovsynch potencialmente con una ayuda para detectar el estro. Algunos veterinarios emplearán además ultrasonido para detectar preñeces tempranas. Tercero, la seguridad de que las

vacas no muestren celos durante épocas de baja fertilidad es removida cuando se emplea Ovsynch. Por ejemplo, durante un verano caluroso muchas vacas no mostraran signos de celo y en consecuencia no serán servidas durante esta época de baja fertilidad. Con el programa Ovsynch muchas vacas continuaran siendo servidas durante el verano aunque el estrés por calor continúe provocando pérdidas de preñeces tempranas. Este también puede ser el caso durante las deficiencias nutricionales, etc. Por eso, máxima atención debe dirigirse hacia la fertilidad de las vacas con el programa Ovsynch como con cualquier programa de manejo reproductivo.

<http://jairoserano.com/2010/06/ovsynch-y-sus-variaciones>. (2010), reporta que el programa Ovsynch ha sido utilizado con éxito en muchos establecimientos lecheros alrededor del país durante los últimos dos años. Puede aumentar en forma notable la tasa de servicios de un establecimiento con la resultante en el mejoramiento en general de la eficiencia reproductiva. Notoriamente, parece ser efectivo tanto en vacas no-ciclicas como también en vacas con quistes ováricos. Es importante recordar que no fue diseñado para vaquillas y que no sincroniza la ovulación de las mismas en forma efectiva.

### **3) Mejore la tasa de servicio de IA y la tasa de preñez**

El uso de protocolos programadores de IA como el Ovsynch mejora la tasa de preñez, al mejorar la tasa de servicio de IA. Los días medianos a la primera IA. Fueron menos para las vacas tratadas con Ovsynch que para el grupo control. Una tasa de concepción fue similar (37% vs. 39%) para ambos grupos, y a pesar de ello las vacas de Ovsynch se sirvieron más temprano. La tasa de servicio se mejora dramáticamente utilizando Ovsynch porque todas las vacas aptas fueron servidas en forma rutinaria en un día determinado de la lactancia sin importar la detección del estro. De esta manera, Ovsynch mejora el desempeño reproductivo de vacas lecheras en lactancia al incrementar la tasa de servicio, permitir una IA programada, y eliminar la dependencia en la detección del estro para la IA, comparado con el manejo reproductivo estándar.



#### 4) Identifique a tiempo las vacasno preñadas y retórnelas al servicio

Tradicionalmente, un practicante bovinodetecta vacas no preñadas dentro de 32 a 45 díaspostservicio por palpación rectal. Nuevastecnologías, como el ultrasonido transrectal,pueden brindar mayores beneficios como una práctica herramienta de manejo en lechería. El uso de ultrasonografía transrectal para medir elestatus de la preñez durante la gestación temprana esta dentro de las aplicaciones másprácticas del ultrasonido para la reproducción enganadería de leche. La identificación de vacas vacías postservicio mejora la eficiencia reproductiva y la tasa de preñez en una lechería, debido a la disminución del intervalo entre servicios y al mejoramiento de la tasa de servicio (figura 4).



Figura 4. Sincronización de celos posterior al servicio.

El uso de ultrasonido transrectal como herramienta para la investigación científica ha revolucionado la biología reproductiva bovina. Investigaciones usando ultrasonido han contribuido a nuestro entendimiento de la fisiología ovárica, y ayudado en la cuantificación de las tasas de concepción de vacas lecheras lactantes y vaquillas de leche. Las aplicaciones prácticas del ultrasonido por parte de los practicantes bovinos para exámenes reproductivos de rutina en ganado de leche es la próxima contribución que esta tecnología se ha propuesto hacer en la industria lechera. A la mayoría de los estudiantes de veterinaria se les enseña que el ultrasonido es una tecnología secundaria para el trabajo reproductivo en bovinos; sin embargo, la capacidad de recoger información de la imagen ultrasónica supera ampliamente la de la palpación rectal. Un escenario para el uso combinado de Ovsynch y el diagnóstico temprano de preñez usando ultrasonido. Los grupos de vacas que pasan el VWP recibirían su primera

inseminación postparto después de la sincronización de la ovulación con Ovsynch. Esto reduciría dramáticamente los días medianos a la primera IA, al eliminar la detección del estro para el primer servicio postparto. En el día 25 postservicio, se utilizaría el ultrasonido para identificar las vacas no preñadas, las cuales recibirían la primera inyección de GnRH para resincronización con Ovsynch. Esto resultaría en un intervalo entre servicios de 35 días para vacas que necesiten resincronización

La aplicación de esta resincronización se observa en la figura 5.



Figura 5. Resincronización de estros con el protocolo OVSYNCH.

Un escenario más agresivo para el uso de Ovsynch y diagnóstico temprano de preñez usando ultrasonido. Los grupos de vacas que pasan el VWP recibirían su primera IA postparto después de la sincronización de la ovulación con Ovsynch. El día 18 postservicio, todas recibirían una inyección de GnRH sin importar su estado de preñez. El ultrasonido se utilizaría al día 25 para identificar vacas vacías, las cuales recibirían una inyección de PGF<sub>2α</sub> para resincronización usando Ovsynch. A pesar de que datos recientes han sugerido que la administración de GnRH en vacas preñadas puede incrementar la pérdida embrionaria temprana (Moreira et al., 2000), estos datos no han sido replicados. Se está desarrollando más investigación en la eficacia de tales protocolos que combinan sincronización de la IA con ultrasonografía para el manejo reproductivo del ganado lechero. El implementar nuevas tecnologías puede mejorar el desempeño reproductivo y optimizar el IP. La tabla 3 muestra el IP predicho para

un hato lechero con las estrategias agresivas de manejo reproductivo delineadas aquí. Basado en este estimado, un IP de 392 días (12,9 meses) es alcanzable.

## **5) Ovsynch, Presynch, Cosynch: Protocolos Hormonales para IA a Tiempo Fijo**

Gran variedad de protocolos de sincronización a tiempo fijo nuevos han llegado a la industria lechera desde la aparición de Ovsynch a mediados de los 90s. La variedad de modificaciones al protocolo original de Ovsynch ha llevado a mucha confusión entre los productores y sus consultores reproductivos a cerca del “mejor” protocolo de inseminación a tiempo fijo para implementar en su finca. Ovsynch, Presynch, y Cosynch son tres protocolos de sincronización ampliamente difundidos. Los beneficios de cada uno de ellos se describen a continuación.

### **a) Ovsynch**

Los fisiólogos reproductivos buscaron por mucho tiempo desarrollar un programa desincronización que superara los problemas y limitaciones asociados con la detección visual del celo. Tal programa fue desarrollado en la Universidad de Wisconsin–Madison en 1995 [28] y es comúnmente conocido como Ovsynch. Ovsynch sincroniza el desarrollo folicular, la regresión del cuerpo lúteo, y el tiempo de la ovulación, permitiendo, por lo tanto, IA a tiempo fijo (ITF) después de la segunda inyección de GnRH y mejorando la tasa de servicio. La ovulación de un folículo dominante en respuesta a la segunda inyección de GnRH ocurre en, aproximadamente, el 85% de las vacas en lactancia de alta producción que reciben el protocolo, y la ovulación ocurre dentro de 24-32 horas después de la segunda inyección de GnRH en vacas sincronizadas, seguida por el crecimiento de una nueva onda folicular. El uso de una dosis de 50 mg (1.0 ml) de Cystorelin por cada inyección del protocolo Ovsynch resulta en tasas de sincronización y de concepción similares al uso de la dosis de 100 mg (2.0 ml). Aunque la dosis reducida de Cystorelin ha sido efectiva, se debe usar la dosis completa recomendada de PGF<sub>2</sub> para todos los protocolos de ITF. Muchos estudios han mostrado que Ovsynch es una estrategia efectiva y económica para mejorar el

desempeño reproductivo de vacas de alta producción [4, 5, 29, 30]. Los primeros estudios mostraron tasas de concepción similares para vacas en lactancia manejadas en confinamiento recibiendo Ovsynch ó vacas servidas a estro detectado. Sin embargo, varios estudios posteriores han reportado que Ovsynch resulta en menores tasas de concepción comparado con IA a estro detectado. Además, la efectividad de Ovsynch en vacas lecheras manejadas en sistemas pastoriles todavía no ha sido determinada. Los factores que expliquen la variación en la tasa de concepción entre hatos son desconocidos hasta ahora, pero pueden incluir la proporción de vacas anovulatorias en cada hato, la dinámica folicular de vacas individuales dentro de los hatos, o la habilidad del personal de la finca para la implementación de Ovsynch.

#### **b) Presynch**

Resultados obtenidos con vacas lecheras en producción, con vaquillas lecheras sugieren que la iniciación de Ovsynch entre el día 5 y 12 del ciclo estral puede mejorar las tasas de concepción respecto al protocolo Ovsynch original. La presincronización hormonal para agrupar a vacas ciclando aleatoriamente para iniciar Ovsynch entre los días 5 y 12 del ciclo puede lograrse usando dos inyecciones de PGF2a administradas con 14 días de intervalo antes de la primera inyección de GnRH de Ovsynch. Una estrategia de presincronización en la que dos inyecciones de PGF2a se administran con 14 días de intervalo precediendo la iniciación de Ovsynch en 12 días ha demostrado mejorar las tasas de concepción de vacas lecheras en producción comparado con Ovsynch. Las vacas fueron asignadas aleatoriamente a Ovsynch (n=262) o Presynch (n=264) para su primera IA posparto, la cual se condujo 16 horas después de la segunda inyección de GnRH. La primera y segunda inyección de PGF2a se administraron a los 37 y 51 días en lactancia, respectivamente, y todas las vacas recibieron ITF a los 73 días en lactancia. Las tasas de concepción aumentaron del 29% para las vacas de Ovsynch al 43% para las de Presynch. De esta manera, el uso de Presynch para programar vacas lecheras a recibir su primera ITF posparto puede mejorar la tasa de concepción al primer servicio en el hato.

Una pregunta común acerca de los datos originales de Presynch de Moreira et al. (2000c) tiene que ver con la importancia del intervalo de 12 días entre la segunda inyección de PGF2a y la primera inyección de GnRH. Si este intervalo se extendiera a 14 días en lugar de 12, las primeras cuatro inyecciones podrían ser programadas para el mismo día dentro de las semanas sucesivas. Esto es importante para su aplicación en fincas lecheras que asignan grupos de vacas a iniciar el protocolo semanalmente de forma tal que el programa de inyecciones no se preste a confusiones entre grupos. Para evaluar si dos inyecciones de PGF2a con 14 días de intervalo administradas 14 días antes de la iniciación de Ovsynch cambiarían la dinámica folicular, la tasa de ovulación y la tasa de concepción de vacas lecheras en lactancia, vacas Holstein no preñadas (n=257) >60 DL fueron agrupadas en bloques por número de partos y asignadas aleatoriamente a uno de dos grupos. Las vacas del primer grupo (Ovsynch, n=128) recibieron 50 mg de GnRH (día -10); 25 mg de PGF2a (día -3) y 50 mg de GnRH (día -1) comenzando en una fase aleatoria del ciclo estral. Las vacas del segundo grupo (Presynch, n=129) recibieron Ovsynch pero con la adición de inyecciones de PGF2a (25 mg) a los días -38 y -24. Todas las vacas recibieron ITF (día 0) 18h después de la segunda inyección de GnRH. Aunque la proporción de vacas ovulando a la primera y segunda inyección de GnRH no fue estadísticamente diferente entre tratamientos (41.1 y 69.6 vs. 35.9 y 81.1% para Ovsynch vs. Presynch, respectivamente; P=0.58 y 0.17, test Chi-cuadrado), la tasa de concepción fue mayor (P<0.08) para las vacas que recibieron Presynch vs. Ovsynch (48.1 vs. 37.5%). Estos datos respaldan el uso de este protocolo Presynch modificado para incrementar las tasas de concepción de vacas en lactancia recibiendo ITF, y la mayoría de las fincas lecheras que usan Ovsynch han incorporado esta modificación.

### **c) Cosynch**

El término Cosynch ha sido usado para una modificación específica de Ovsynch o Presynch en la cual las vacas reciben la ITF inmediatamente después de la administración de la segunda inyección de GnRH. El uso de Cosynch permite a los administradores de las fincas manipular las vacas una vez menos comparado

con el protocolo original, pero más importante aún, permite que la manipulación de todas las vacas ocurra a la misma hora cada día.

A pesar de que esto es ventajoso desde el punto de vista del manejo, no se logran tasas de concepción óptimas con Cosynch. De esta manera, antes de tomar cualquier decisión de manejo para implementar Cosynch, los productores deben tener en cuenta la información que se presenta en la sobre las tasas de concepción a diferentes horas después de la segunda inyección de GnRH del protocolo Ovsynch.

Para medir el tiempo óptimo de IA respecto a la ovulación sincronizada, vacas en lactancia (n=733) de varios hatos lecheros de Wisconsin con un promedio de producción por vaca por año de 22,000 a 26,000 libras fueron asignadas aleatoriamente a cinco grupos por estado de lactancia y número de partos [31]. La ovulación se sincronizó usando Ovsynch, y las vacas recibieron IA a las 0, 8, 16, 24, ó 32 horas después de la segunda inyección de GnRH. En este estudio, el grupo de la hora 0 es equivalente al protocolo Cosynch. Como fue determinado en un estudio preliminar, todas las vacas ovulan 24 a 32 horas después de la segunda inyección de GnRH. La hora de las inyecciones fue programada de tal manera que todas las vacas fueron inseminadas al mismo tiempo, y los inseminadores no sabían a qué grupo pertenecía cada vaca. El estado de preñez fue determinado 25 a 35 días después de la IA en todos los grupos por medio de ultrasonografía transrectal. La tasa de concepción y tasa de parición fue mayor ( $P<0.05$ ) para las vacas en los grupos de las horas 0, 8, 16, y 24 comparado con el grupo de la hora 32. Las pérdidas de preñez fueron menores ( $P<0.05$ ) para el grupo de la hora 0 comparado con todos los otros grupos, y hubo una tendencia a mayor pérdida de preñez en el grupo de la hora 32.

Una de las variantes de los protocolos a base de Prostaglandina y GnRHes el SelectSynch el cual se detalla a continuación (figura 6).

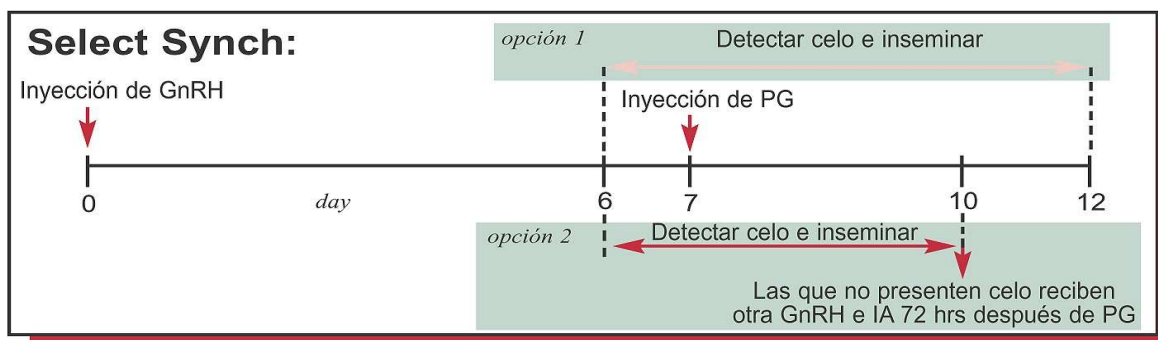


Figura 6. Protocolo SelectSynch.

El protocolo Presynch su diagrama se observa en la figura 7.

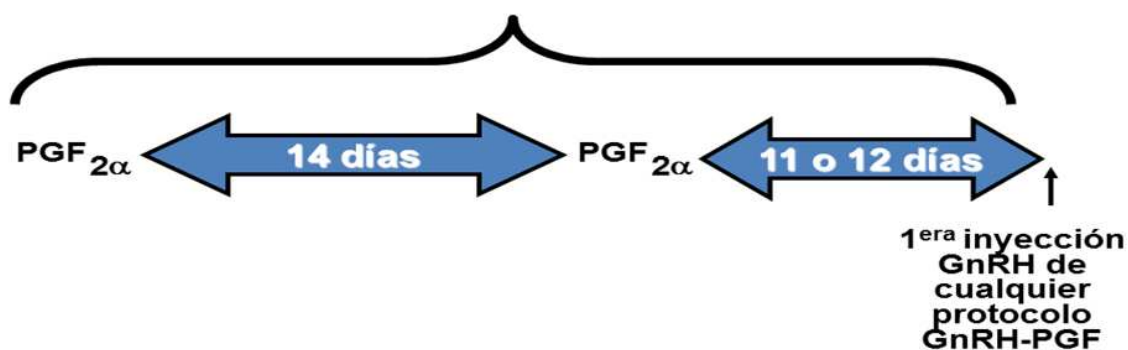


Figura 7. Protocolo Presynch.

La combinación de dos protocolos (PreSynch + OvSynch56), su detalle a continuación en la figura 8.

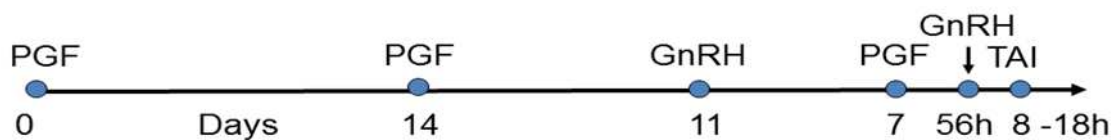


Figura 8. PreSynch + OvSynch56.

#### d) El CIDR

<http://www.perulactea.com/2010/01/08/cidr-el-mejor-programa-de-inseminacion-artificial-a-tiempo-fijo>. (2010), menciona que el CiDR son las siglas inglesas de "Controlled internal Drug Release". En realidad se trata de un moderno dispositivo intravaginal, desarrollado por investigadores australianos y comercializado recientemente en Europa Pfizer Salud Animal, tiene forma de T y está compuesto de silicona impregnada en 1,38 g de progesterona, que libera diariamente de 80 a 100 mg de la sustancia activa, unido a un hilo de nylon que permite retirarlo del fondo vaginal en el momento adecuado. El primer registro que tuvo el producto en USA y México permitía dos aplicaciones concretas.

1. Resincronización del retorno al celo de vacas que después de inseminadas no quedan gestantes, mediante un protocolo de inserción del CiDR desde el día 14 al 21 posinseminación, de forma y manera que solamente manifestarán celo, tras la retirada del CiDR el día 21 pos-IA aquellas vacas que no quedaron gestantes.

2. Sincronización del celo en novillas, mediante el siguiente protocolo, día 0 aplicación del CiDR, el día 6 inyección de un prostanoides luteolítico y el día 7 retirada del CiDR, con lo que el celo se concentra entre el 2º y 4º día posteriores.

Las posibles aplicaciones del CiDR son numerosas, entre las que hay que destacar la inducción de la ciclicidad estral postparto, el tratamiento de vacas anovulatorias y con quistes ováricos, y la mejora en la sincronización de los resultados del sistema Ovsynch (GPG). El protocolo CIDR tanto para Vacas como para Novillas se detalla en la figura 9.



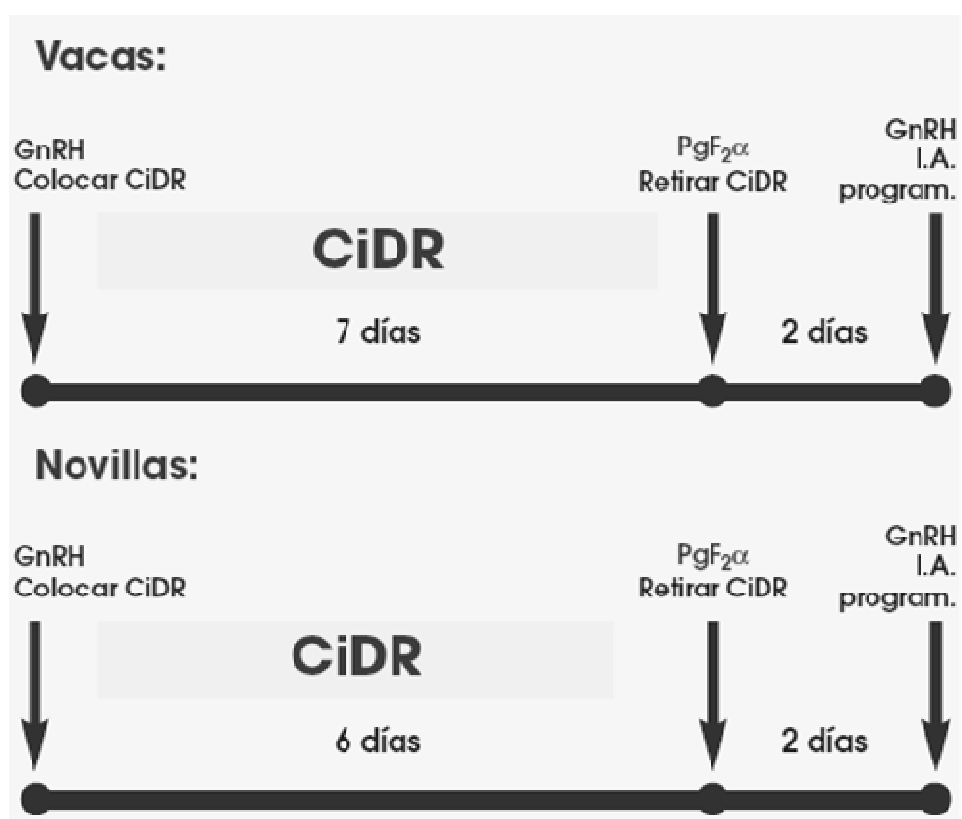


Figura 9. Protocolo CIDR.

### III. DISCUSION

A continuación se detalla la comparación de dos protocolos (Ovsynch vs. PGF2a + Ovsynch), en cuanto a la Función del Cuerpo, Estado Reproductivo y Luteólisis (cuadro1).

Cuadro 1. ESTADO REPRODUCTIVO, FUNCIÓN LÚTEA, Y LUTEÓLISIS DE LAS VACAS BAJO EL EFECTO DE PROTOCOLO OVSYNCH O PGF2a+ OVSYNCH.

Variable	Tratamiento			
	Ovsynch		PGF2a + Ovsynch	
	%	(no./no.)	%	(no./no.)
Vacas anovulatorias	28.0	(14/50)	30.7	(16/52)
PGF2a el Día – 22				
• Función lútea, todas las vacas	38.0	(19/50)	40.4	(21/52)
• Función lútea, vacas cíclicas	52.8	(19/36)	58.3	(21/36)
• Luteólisis, vacas con función lútea	0.0a	(0/19)	90.5b	(19/21)
GnRH el Día – 10				
• Función lútea, todas las vacas	40.0c	(20/50)	57.7d	(30/52)
• Función lútea, vacas cíclicas	55.6a	(20/36)	80.6b	(29/36)

Fuente: Select Sires. (2009).

La incidencia de anovulación para vacas que recibieron ITF fue 29.4% (30/102) y no fue diferente entre tratamientos. La incidencia de anovulación para las vacas control fue 30% (12/40), y no fue diferente de las vacas que recibieron ITF. La proporción de todas las vacas y de las vacas cíclicas que mostraron función lútea el Día –22 no fue diferente entre tratamientos. La luteólisis ocurrió en el 90.5% (19/21) de las vacas que tenían función lútea el Día –22 en el grupo PGF2a+ Ovsynch, mientras que ninguna de las vacas en el grupo Ovsynch sufrió luteólisis

el Día -22. Aunque, la proporción de todas las vacas con función lútea el Día -10 solo tendió ( $P < 0.07$ ) a ser mayor para las vacas del grupo PGF2a+ Ovsynch comparada con las vacas Ovsynch, la proporción de vacas cíclicas exhibiendo función lútea el Día -10 fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) para las vacas en el grupo PGF2a+ Ovsynch que en el Ovsynch. Las tasas de sincronización, de concepción sincronizada y acumulativa de preñez a los Días 32 y 60 de la estación de servicios no fue diferente entre las vacas Ovsynch y las PGF2a+ Ovsynch. Las tasas de sincronización y de concepción sincronizada generales para todas las vacas que recibieron ITF fue 82.4% (84/102) y 50.0% (42/84), respectivamente. Además, la tasa de concepción basada en el estado reproductivo (cíclicas vs. anovulatorias) no fue diferente dentro o entre tratamientos. La tasa acumulativa de preñez al Día 32 de la estación de servicios fue mayor ( $P < 0.01$ ) para las vacas que recibieron ITF comparadas con las vacas en manejo reproductivo estándar. Contrariamente, la tasa acumulativa de preñez al Día 60 de la estación de servicios no fue diferente entre las vacas que recibieron ITF y las que recibieron manejo reproductivo estándar (cuadro 2).

Cuadro 2. EFECTO DEL TRATAMIENTO SOBRE LA TASA SINCRONIZACIÓN, TASA DE CONCEPCIÓN SINCRONIZADA, Y TASA ACUMULATIVA DE PREÑEZ PARA VACAS QUE RECIBIERON OVSYNCH O PGF2a+ OVSYNCH.

Variable	Tratamiento			
	Ovsynch		PGF2a + Ovsynch	
	%	(no./no.)	%	(no./no.)
Tasa de sincronización	86.0	(43/50)	78.8	(41/52)
Tasa de concepción sincronizada	51.2	(22/43)	48.8	(20/41)
Tasa acumulativa de preñez				
• Día 32	44.0	(22/50)	38.5	(20/52)
• Día 60	60.0	(30/50)	50.0	(26/52)

Fuente: Select Sires. (2009).

La Evaluación de la tasa de concepción con diferente estado reproductivo de vacas sometidas a IATF por medio de dos protocolos (Ovsynch vs. PGF2a + Ovsynch) se puede observar en el cuadro 3.

Cuadro 3. TASAS DE CONCEPCIÓN DESPUÉS DE ITF ENBASE AL ESTADO REPRODUCTIVO.

Tratamiento	Estado reproductivo			
	Cíclicas		Anovulatorias	
	%	(no./no.)	%	(no./no.)
Ovsynch	47.2	(17/36)	35.7	(5/14)
PGF2a + Ovsynch	44.4	(16/36)	25.0	(4/16)
General	45.8	(33/72)	30.0	(9/30)

Fuente: Select Sires. (2009).

En mismo trabajo anterior se determino la tasa acumulada de vacas sometidas a IATF con vacas no tratadas (cuadro 4).

Cuadro 4. TASA DE PREÑEZ ACUMULADA EN VACAS NOTRATADAS (CONTROL) O VACAS QUE RECIBIERON ITF DESPUÉS DE LA SINCRONIZACIÓN DE LA OVULACIÓN (OVSYNCH Y PGF<sub>2α</sub> + OVSYNCH).

Tasa Acumulativa de Preñez	Tratamiento			
	ITF		Control	
	%	(no./no.)	%	(no./no.)
Tasa de sincronización	41.2a	(42/102)	20.0b	(8/40)
Tasa de concepción sincronizada	54.9	(56/102)	60.0	(24/40)

Fuente: Select Sires. (2009).

En el trópico húmedo se determinó Gestación comparando Ciprionato de Estradiol con Benzoato de Estradiol además tomando en cuenta otros aspectos como son el tipo de hembra y la Condicional corporal (cuadro 5).

Cuadro 5. PORCENTAJE DE GESTACIÓN DEBIDO AL EFECTO DEL CIPRIONATO DE ESTRADIOL Y BENZOATO DE ESTRADIOL, DEL TIPO DE HEMBRA Y DEL CAMBIO DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN GANADO BOS INDICUS.

FACTOR	n	GESTACIÓN (%)
Tratamiento		
• CE	78	51 <sup>a</sup>
• BE	76	30 <sup>a</sup>
• Control	73	38 <sup>a</sup>
Tipo de Hembra		
• Novilla	68	36 <sup>a</sup>
• Vaca	159	45 <sup>a</sup>
Cambios de CC		
• Perdieron	61	34 <sup>a</sup>
• Mantuvieron	101	35 <sup>a</sup>
• Ganaron	65	52 <sup>b</sup>

Fuente: Peralta, J. et al. (2010).

La presencia de vacas gestantes al utilizar Ciprionato de Estradiol fue superior a la utilización de Benzoato de Estradiol con la cual se alcanzo apenas 30 % de vacas gestantes, aunque también se puede mencionar que la utilización de un tratamiento control permitió registrar 38 % de preñez.

Al analizar los resultados según el tipo de hembra, se puede mencionar que las vacas responden de mejor manera al protocolo de sincronización de celos puesto que alcanzaron apenas 45 % mientras que con vaquillas se registraron 26 % de gestación.

En lo relacionado a la condición corporal, se puede manifestar que 34 de 61 animales redujeron la condición corporal debido a que este tipo de animales al no estar dentro de un manejo intensivo técnico, mientras que 35 de 101 de ellas se mantuvieron y el 52 de 65 mejoraron la condición corporal.

Una investigación realizada en México donde se compara diferentes protocolos de sincronización de estros con diferentes productos tanto implantes como hormonas se puede observar en el cuadro 6.

Cuadro 6. COMPARACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS UTILIZANDO DIFERENTES PRODUCTOS.

Protocolo	Hormona Utilizada	Cantidad	Costo de hormona por protocolo	Días utilizados en el protocolo	Porcentaje de Concepción
Una dosis de PGF2a	PGF2a	5 ml	\$26.6	12-14	86.5 %
Dos PGF2a	PGF2a	10 ml	\$53.3	40	56%
Norgestomet + Valerato de estradiol	Norgestomet + Valerato de estradiol	Un implante + 5mg de V.E.	\$144.4	12	58%
MGA + 2 implantes de PGF2a	MGA	0.25 – 0.50 mg	\$0.0010	47 días	? ?
	PGF2a	10 ml	\$53.3		
MGA + GnRH + PGF2a	MGA	0.25 – 0.50 mg	\$0.0010	34 días	? ?
	GnRH	2.5 ml	\$101		
	PGF2a	5 ml	\$26.6		
CIDR	Progesterona	Disp. 1.9 P4	\$107.7	11 días	75%
	PGF2a	5 ml	\$26.6		
Ovsynch	GnRH	2 ml	\$80.8	10 días	45-50%
	PGF2a	5 ml	\$26.6		
Co-Synch	GnRH	2 ml	\$80.6	9 días	40-45%
	PGF2a	5 ml	\$26.6		
SelectSynch	GnRH	1 ml	\$40.3	12 días	44%
	PGF2a	5 ml	\$26.6		

Fuente: Mexicano, A. (2009).

La utilización de prostaglandinas permitió registrar 86.5 % de concepción, siendo superior al resto de protocolos de sincronización de celos reporta Mexicano, J. (2009), seguido de; CIDR con el cual se alcanzo 76 %, mientras que con el resto de métodos de sincronización se registraron como el COSYNCH, OVSYNCH y SELECT SYNCH registraron 40-50 %, 45-50 % y 44 %, siendo inferior a las citadas inicialmente (cuadro 7).

Cuadro 7. COMPARATIVO DE DIFERENTES ESTUDIOS DE PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO CON PROGESTÁGENOS (CIDR) Y SUS COMBINACIONES CON OTRAS HORMONAS.

AUTOR	TRATAMIENTO	TIEMPO	RESULTADO
Rubianes, 2000	Progestágeno natural	9 DIAS	85.7 %
Lucy et al., 2001	CIDR + PGF2a	9 días (CIDR) y PGF2a día 8	67 – 87 %
Chenaut et al., 2003	CIDR + PGF2a	CIDR 7 días y PGF2a al día 4	97.3 %
Stevenson et al., 2003	CIDR + GnRH	CIDR 9 días + GnRH al día 7	78.9 %

Fuente: Cortez, P. (2006).

Según Cortez, P. (2006), cita que de acuerdo a investigaciones, la utilización de Progestagenos naturales permiten registrar 85.7 % de celos, mientras que al utilizar CIDR en el 2001, 2003 y 2003 publicados por Lucy et al, Chenault etal y Stevenson et al, la presencia de celos se registran en 67-87, 97.3 y 78.9 % de celos.



Según Pita, F. et al. Reportan que Laracota, R. et al. (2005), al utilizar Norgestomet + Benzoato de estradiol + Delprostenate + gonadota utilizar Norgestomet + Valerato de estradiol + Delproestenate, Ortega, G.(2005), reporta que al utilizar Norgestomet + benzoato de estradiol + gonadotropina corionica equina reporta 96.9 % de celos y Martinez, F. et al. manifiesta que al utilizar acetato de melengestrol + benzoato de estradiol alcanzo 91.7 % de celos.

En el presente estudio la administración de Norgestomet más valerato de estradiol en un grupo de animales más la aplicación de PGF2 $\alpha$  24 horas antes de retirar el implante en vacas y novillas, logró la inducción más temprana y un mayor porcentaje de hembras en celo y una mayor intensidad de celo, en comparación con la administración intravaginal de progesterona donde hubo una inducción más tardía y la intensidad de celo un poco menor en comparación con el otro tratamiento, aunque existen pocos trabajos que soporten los hallazgos observados en el presente, fisiológicamente se está tratando con la aplicación de la PGF2 $\alpha$  tanto en vacas como en novillas la disminución de los niveles de progesterona entre las primaras 12 a 24 h después de la aplicación reduciendo el tamaño del cuerpo amarillo en un lapso de 2 a 3 días (Holy, 1983). Se ha confirmado que durante el ciclo estral normal, la duración de la fase lútea depende esencialmente del momento en que la frecuencia de la liberación de PGF2 $\alpha$  llegue a un pulso rítmico de 5-6 horas, y en consecuencia disminuye la producción de progesterona y da comienzo a un nuevo ciclo estral con desarrollo folicular y la ovulación (Sumano, L. y Ocampo C., 2002).

Un trabajo realizado en la provincia de Manabi se compara protocolos a base de progestágenos con sus variantes y combinaciones con otras hormonas el cual se puede observar en el cuadro 8.

Cuadro 8. COMPARATIVO DE DIFERENTES ESTUDIOS DE PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO CON PROGESTÁGENOS (CRESTAR) Y SUS COMBINACIONES CON OTRAS HORMONAS.

AUTOR	TRATAMIENTO	TIEMPO	RESULTADO
Larocca et al., 2005	Norgestmet + valerato de estradiol + Delprostenate	9 Días NG 3 Mg, VE 5 Mg y el Día 7: 400 ug de Delprostenate	100%
Larocca et al., 2005	Norgestmet + benzoato de estradiol + Delprostenate + Gonadotropina Corionica equina	9 Días NG 3 Mg, VE 5Mg, el Día 7: 400 ug de Delprostenatey 500 UI de eCG día 9	100%
Ortega, 2005	Norgestmet + benzoato de estradiol + Gonadotropina Corionica equina	9 Días NG 3 Mg, VE 5 Mg, y 300 UI de eCG día 9	96.9%
Martinez et al., 2002	Acetato de melengestrol + benzoato de estradiol	MGA 6 días + 2 Mg BE	91.7%

Fuente: Pita, F. et al. (2010).

En otro trabajo se encontraron respuestas diferentes al utilizar Norgestomet más valerato de estradiol y eCG al momento de retirar el implante (Ortega, S. 2005). Donde se observo un tiempo de presentación de celo después de la hora cero, entre las 0 y las 72 h, obteniendo mejores resultados en el presente trabajo en el cual se registró TPCDHC entre las 12 y 48 h, pero no así en relación a la tasa de presentación de celo donde se registró un 96.9 y 93.3 respectivamente lo cual quiere decir que se obtuvo una mejor respuesta sobre TPCDHC con la aplicación de la PGF<sub>2</sub> $\alpha$  pero una menor TPC no significativa en comparación del otro donde se administró eCG. Entre 67 y 87% comparado con este trabajo en el cual se obtuvo un 82.3% por debajo del promedio más alto, pero muy superior del

promedio más bajo reportado, cabe mencionar que el tratamiento que ella reporta es similar, pero en diferentes dosis (Progesterona 1.38 g mas 25 mg de PGF2 $\alpha$  un día antes de retirar el CIDR). El % de respuesta más alto que se obtuvo fue a las 72 h, no comparadas con el que se obtuvo en el presente trabajo que fue mucho mejor, donde el mayor porcentaje se observó a las 36 h. Un porcentaje de hembras en celo entre 61 y 80% utilizando solo PGF2 $\alpha$  y sus análogos, se hace la comparación con este trabajo el cual nos indica que al utilizar un progestágeno en combinación con PGF2 $\alpha$  se obtiene una mejor respuesta que usando esta última sola(cuadro 9).

Cuadro 9. PREÑEZ EN HEMBRAS SINCRONIZADAS CON NORGESTOMET Y VALERATO DE ESTRADIOL E INSEMINADAS A TIEMPO FIJO LUEGO DE LA REMOCIÓN DEL IMPLANTE.

REFERENCIA	AÑO	NÚMERO DE ANIMALES	TASA DE PREÑEZ
Brink y Kiracofe	1988	216	39.81%
Brown y col.	1988	153	35.94%
Favero y col.	1995	173	49.71%
Baruselli y col.	2001	103	60.19%
Bo y col.	2001	115	55.65%
Baruselli y col.	2002	88	51.13%
Moura y col	2003	326	46.31%
Silva y col.	2003	139	44.60%
ACUMULADO		1313	47.91%

Fuente: Pita, F. et al. (2010).

Uno de los puntos críticos para alcanzar altas tasa de preñez a la IATF es la sincronización del momento de la ovulación, sin embargo ha habido varios

informes de disminución de la fertilidad debido al aumento de circulación de niveles de cortisol asociado con el temperamento y el manejo intensivo de ganado no acostumbrado inmediatamente antes del pico de LH (Hormona Luteinizante) con la subsecuente disminución de la expresión de celo e incidencia en la ovulación normal. (Smith, A.,2002), esto es una condición común en ganado *Bos indicus* bajo condiciones extensivas e incluidos en programas de sincronización de celos. Con el objetivo de sortear este inconveniente varios investigadores han incorporado la utilización de un análogo de Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) tanto al momento de la IATF o 30 horas post-retiro del implante con mejorías en la tasa de preñez (Valle, J. et al., 1986) o la utilización de eCG al momento del retiro del implante con la finalidad de incrementar los niveles de estrógenos circulantes y fijar mejor el momento de la ovulación. Sin embargo otros investigadores no han encontrado diferencia cuando incorporan la GnRH al final del protocolo. (Baruselli, P. et al., 2003).

Realizamos una investigación donde se incluyeron 300 vacas *Bos indicus* cruza con el objetivo de mejorar la sincronía de la ovulación administrando 10 mcg de Buserelina (Conceptal, Intervet), Grupo 1 n° 100: 10 mcg de Buserelina al momento de la IATF, Grupo 2 n° 100: 10 mcg de Buserelina 30 horas post retiro del implante, el Grupo 3 n° 100: fue sometido al protocolo tradicional que recomienda la casa comercial. No existió diferencia significativa entre los grupos, como conclusión podríamos afirmar que la aplicación de GnRH no constituye ningún aporte en la mejoría de las tasas de preñez a la IATF, siendo la eCG (Folligón, Intervet) eficiente en la sincronización de la ovulación.

#### IV. CONCLUSIONES

- Los protocolos de sincronización de celos son terapias hormonales alternativas para restablecer la ciclicidad ovárica posparto en vacas.
- La utilización de los diferentes métodos de sincronización de celos permitieron registrar gestaciones entre 35,94 y 60,19 % de preñez, en ganado cebuino.
- El uso de Progestágenos es muy útil si se sospecha la presencia de animales en anestro.
- La elección del protocolo (una o dos dosis) de PGF<sub>2</sub> $\alpha$  depende de la problemática en la detección de los celos.
- Los protocolos ayudan a expresar las manifestaciones externas de celos, pero en ganaderías en donde la detección de celos sea deficiente o poco confiable se debería aplicar protocolo de inseminación a tiempo fijo (IATF).

## V. RECOMENDACIONES

- Investigar mecanismos de sincronización que ayuden asegurar la concepción de las vacas además de disponer crías homogéneas y en etapas de mayor producción forrajera.
- Utilizar hormonas e Implantes de calidad en la sincronización de celos ya que esto permitirá obtener resultados excelentes al momento de aplicar un protocolo.
- Además utilizar protocolos de sincronización de celos a tiempo fijo, que no requiere la identificación de celos para poder inseminar a las vacas o vaquillas(implante).

**VI. LITERATURA CITADA**

- 1 ABTRACTS, A. 2007. Journal of Animal Science vol 85, suplement. Joint Animal Meeting. San Antonio. Sin Edit, USA. p 88.
- 2 BARUSELLI, P. 2002. "Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en el Ganado Bovino en Regiones Subtropicales", Memorias XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal, Edit Córdoba-Argentina, pp 23-25.
- 3 BEARDEN, H., Y FUQUAY, J., 1982. Reproducción Animal Aplicada, Edit., El manual moderno, S.A. de C.V., México, pp 35-40.
- 4 BERNAL, J. 1981. Mecanismo Endocrino de la Pubertad 2000. pp 230-250.
- 5 CAMPO, E. BLANCO, G. 1999. Comportamiento Reproductivo en Ganado Bovino. Edit. Investigaciones científicas, p 95.
- 6 COPYRIGTH, W. 2003. Centro de Inseminación Artificial La Elisa. Edit. Limusa, México, p 201.
- 7 CORTEZ, P. (2006). Utilización de dos protocolos hormonales (CIDR y Crestar) para la sincronización del estro en ganado bovino de carne en el municipio de Tuzantla, Michoacan. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Mexico. pp 16-17.
- 8 DUCHEN, M. 1995. Eficiencia Reproductiva de los Animales Domésticos. Edit. Investigaciones Científicas, Alemania. p 150.

- 9 FERNANDEZ, A. 2003. Dinámica Folicular. Edit. Kapelus, Lima - Perú. p 105.
- 10 FERGUSON, K. (1996), obstetricia Veterinaria. Edit. U.S.D.p 138.
- 11 GALINA, C., y SALTIEL, A. 1995, Reproducción de Animales Domésticos, Edit. LIMUSA S.A., México, p 380.
- 12 GALORA, A. 2006. Sincronización del celo con el método OVSYNCH (GnRH. PGF2a) e inseminación artificial con semen diluido en ovejas criollas en la Unidad Ovino Caprino de la FCP. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería Zootécnica – Facultad de Ciencias Pecuarias – Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. p 45.
- 13 GALLO, E. 2002. Endocrinología de la pubertad. Edit. Mundi prensa, Quito – Ecuador, p 148.
- 14 GUTIERREZ A, J. 2008. Uso del protocolo ovsynch en el control del anestro postparto en vacas mestizas de doble propósito. Edit, Curitiva. Sao Paulo – Brasil, p 186.
- 15 HERNÁNDEZ, J. 2000. Inducción del estro con Prostaglandina F2 alfa. Efecto del intervalo entre tratamiento y la presentación del estro sobre el índice de concepción de vaquillas Holstein. Quito Ecuador. Sin Edit. pp 44 - 49.
- 16 <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/genetica/articulos/metodos-sincronizacion-celos-bovinos-t1678/p0.htm>.2007.Becaluba,F. Reproducción Animal.



- 17 <http://jairoserano.com/2010/09/hormona-no-mata-neurona>. 2010. Serrano, J. Sincronización de Celos.
- 18 <http://jairoserano.com/2010/06/ovsynch-y-sus-variaciones>. 2010. Serrano, J. Reproducción Bovina.
- 19 [http://www.produccionbovina.com/.../65-control\\_farmacologico\\_ciclo.pdf](http://www.produccionbovina.com/.../65-control_farmacologico_ciclo.pdf).2004. Callejas, S. Fisiología de la Reproducción y de Obstetricia.
- 20 <http://www.perulactea.com/2010/01/08/cidr-el-mejor-programa-de-inseminacion-artificial-a-tiempo-fijo>. 2010. Perulactea Ganadería.
- 21 MEXICANO, A. 2009. Principales protocolos de sincronización del estro utilizados en la ganadería bovina y su costo beneficio en la actualidad. Veracruz – México. Monografía previa a la obtención al título de Médico Veterinario. Universidad de Veracruz - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. p 42.
- 22 NARVAEZ, D. 2002. Evaluación de la Gonadotropina Coriónica en la Inducción del Estro e incremento de la fertilidad en vacas Holstein Mestizas en la hacienda Rumipamba de la UP -9 Patria. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería Zootécnica – Facultad de Ciencias Pecuarias – Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. p 27.
- 23 NIKLITSCHKEK, S. 2002. Optimización de la Inseminación Artificial en Bovinos. Edit. Mindi Prensa, Madrid - España, p 33.
- 24 O'CONNOR, L. 2003. Reproducción Animal. Edit. Limusa, Bogotá – Colombia. p12.

- 25 ORTIZ, C. 2004. Determinación de parámetros reproductivos en las vacas Holstein Mestizas, sincronizadas con PGF2a, al séptimo día de la aplicación de GnRH. PMSG y HCG. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería Zootécnica – Facultad de Ciencias Pecuarias – Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. p 37.
- 26 PITA, F. MATUTE, R. INTRIAGO, I. 2010. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en ganado Bosindicus. [www.msd-salud-animal.ec/Binaries/Inseminacion\\_Artificial\\_a\\_Tiempo\\_Fijo\\_en\\_ganado\\_Bos\\_indicus\\_tcm6377543.doc](http://www.msd-salud-animal.ec/Binaries/Inseminacion_Artificial_a_Tiempo_Fijo_en_ganado_Bos_indicus_tcm6377543.doc)+Evaluación+de+protocolos+de+sincronizacion+de+celos+en+vacas+bos+indicus.pp 14-20.
- 27 PERALTA, J. 2010. COMPARACIÓN DEL CIPIONATO DE ESTRADIOL VS BENZOATO DE ESTRADIOL SOBRE LA RESPUESTA A ESTRO Y TASA DE GESTACIÓN EN PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN CON CIDR EN NOVILLAS Y VACAS Bosindicus. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad y ciencia Trópico Húmedo. Yucatan. p 24-30.
- 28 RIESZER, N. Y MALDONADO, P. Dinámica folicular de la vaca Lechera 2000. Edit. Terranova. Buenos Aires - Argentina, p41.
- 29 SMITH, A. 2002. ACCELERATED GENETICS. Sincronización de estros. Programas de sincronización. Edit. ACRIBIA, México. p 32.
- 30 STAHRINGER, R. MAIDANA, G. 2004. Efecto de dos esquemas de administración de prostaglandina en la sincronización de celo de vaquillas lecheras con distinto grado de desarrollo genital. Edit Trillas, Tamaulipa - México. p 48.
- 31 SELECT SIRES. 2009. Institute Babcock. University de Winsconsi.pp 10-18

- 32 TOPHAM, A. 2003. Características Reproductivas de Ganado Lechero. Edit. Investigaciones Científicas, p 33.
- 33 UNGERFELD, R. 2002. Reproducción en los Animales Domésticos, Tomo 1 y II, Edith. Melibea, Montevideo – Uruguay. Edit. Trillas, p 28.
- 34 VARGAS, J. 2003. Curso Intensivo de Inseminación Artificial Bovina, Asociación de Ganaderos de la Sierra y Oriente (AGSO), y Centro de Desarrollo Genético y Capacitación (GENES), Quito-Ecuador. Edit. Investigaciones Científicas, p 31.
- 35 WATTIAUX. M 1999. Reproducción y Selección Genética, Universidad de Wisconsin-Madison. Edit. U.E.D, Estados Unidos. p 44.
- 36 WILLIAMS, G. 1990. Suckling as a regulator of post-partum rebreeding in cattle. Journal Animal Science. Edit. Investigaciones Científicas, Estados Unidos. pp 831-832.