



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA**

**MEMORIA TÉCNICA**

**“EVALUACIÓN DE LOS PROTOCOLOS DISPONIBLES PARA  
SINCRONIZACIÓN DE CELO PARA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A  
TIEMPO FIJO EN VACAS LECHERAS”**

**Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**AUTOR:**

**Iván Patricio Cajeca Andicha**

**TRIBUNAL:**

**DIRECTOR: Ing. M.C. Guido Fabián Arévalo Azanza**

**ASESOR: Ing. M.C. Edgar Washington Hernández Cevallos**

**Riobamba – Ecuador  
2012**

Esta memoria técnica fue aprobada por el siguiente Tribunal

---

Ing. M.C. Vicente Rafael Oleas Galeas.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. M.C. Guido Fabián Arévalo Azanza.

**DIRECTOR**

---

Ing. M.C. Edgar Washington Hernández Cevallos.

**ASESOR**

Riobamba, 22 de mayo del 2012.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar al creador el cual me ha dado la oportunidad de vida para poder aprovechar de buena manera todo lo que he aprendido en esta a pesar de todo hermosa facultad.

A mi madre la principal responsable de mi logro en esta vida, que con sacrificio me brindo todo su apoyo tanto económico como moralmente de forma incondicional, y por supuesto, mi padre que a pesar de la distancia siempre me a brindado sus consejos de vida nunca dejándome caer en falsas ideas.

Agradezco también a mis hermanos que siempre estaban apoyándome en cada momento que lo necesitaba, y de manera especial nunca olvidare a todas las personas que me ayudaron de una u otra forma durante mi carrera profesional panas que nunca se los podrá olvidar, por todo esto gracias creador.

*CHIVEIN”S*

***POR SIEMPRE ZOOTECNISTA DE CORAZÓN***

## CONTENIDO

	Pag.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
<b>II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u></b>	<b>3</b>
<b>A. REPRODUCCIÓN DEL GANADO BOVINO</b>	<b>3</b>
<b>1. <u>Ciclo Estral</u></b>	<b>3</b>
<b>a. Proestro</b>	<b>4</b>
<b>b. Estro</b>	<b>5</b>
<b>c. Metaestro</b>	<b>6</b>
<b>d. Diestro</b>	<b>7</b>
<b>2. <u>Fase folicular</u></b>	<b>7</b>
<b>3. <u>Fase Luteal</u></b>	<b>8</b>
<b>4. <u>Regulación Neuroendocrina de los procesos reproductivos</u></b>	<b>8</b>
<b>a. Eje hipotalámico-hipofisiario (GnRH)</b>	<b>8</b>
<b>b. Hipófisis y gonadotropinas</b>	<b>9</b>
<b>1) Gonadotrofinas hipofisiarias</b>	<b>11</b>
<b>c. Hormonas gonadales vinculadas a la reproducción</b>	<b>11</b>
<b>1) Esteroides gonadales</b>	<b>12</b>
<b>2) Estrógenos</b>	<b>12</b>
<b>3) Progesterona</b>	<b>13</b>
<b>4) Prostaglandinas</b>	<b>13</b>
<b>B. VACONAS PARA REEMPLAZO</b>	<b>14</b>
<b>1. <u>Parámetros reproductivos</u></b>	<b>15</b>
<b>a. Intervalo entre Partos</b>	<b>16</b>
<b>b. Eficiencia Reproductiva del Hato</b>	<b>16</b>
<b>2. <u>Eficiencia Reproductiva</u></b>	<b>17</b>
<b>C. MANEJO POSTPARTO EN VACAS</b>	<b>17</b>
<b>1. <u>Monitoreo de salud durante el postparto</u></b>	<b>17</b>

2.	<b><u>Mastitis y el comportamiento reproductivo</u></b>	18
D.	<b>ENFERMEDADES REPRODUCTIVAS</b>	18
1.	<b><u>Endometritis</u></b>	19
2.	<b><u>Quistes Ováricas</u></b>	19
3.	<b><u>Desordenes hormonales</u></b>	20
4.	<b><u>Estrés calórico</u></b>	20
E.	<b>ESTRATEGIAS DE CONTROL REPRODUCTIVO DEL HATO</b>	21
1.	<b><u>Sincronización de celos</u></b>	22
2.	<b><u>Métodos de Sincronización de celos</u></b>	23
a.	<b>Uso de Prostaglandinas para mejorar la tasa de servicio</b>	24
b.	<b>Sincronización de la ovulación OVSYNCH</b>	25
1)	<b>Mejorar la tasa de servicio de Inseminación Artificial</b>	29
2)	<b>Identificar a tiempo las vacas no preñadas y retornelos a servicio</b>	30
c.	<b>Ovsynch, Presynch, Cosynch: protocolos hormonales para IA tiempo fijo</b>	32
1)	<b>Ovsynch</b>	32
2)	<b>Presynch</b>	33
3)	<b>Cosynch</b>	34
III.	<b><u>DISCUSION</u></b>	36
A.	<b>PROTOCOLOS CON GNRH</b>	36
B.	<b>TRATAMIENTO DE PRE-SINCH</b>	37
C.	<b>DISPOSITIVOS DE LA LIBERACION DE LAS PROGESTERONA</b>	37
D.	<b>TRATAMIENTOS CON DISPOSITIVOS DE LIBERACION DE PROGESTERONA, ESTRADIOL Y ECG</b>	39
E.	<b>RESINCRONIZACIÓN DE CELOS Y OVULACIÓN</b>	46
F.	<b>MEJORANDO LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA</b>	47
G.	<b>USO DE PGF2A PARA MEJORAR LA TASA DE SERVICIO</b>	48
H.	<b>USO DE LA SINCRONIZACIÓN DE LA OVULACIÓN (OVSYNCH) PARA INCREMENTAR LA TASA DE PREÑEZ.</b>	49
I.	<b>PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DE ACUERDO A LOS GRUPOS GENÉTICOS EXPLOTADOS EN EL PROGRAMA LECHERO DE LA UNIDAD PRODUCTIVA TUNSHI-ESPOCH DURANTE EL PERIODO 2000-2004.</b>	50
J.	<b>COMPARACIÓN DE DOS TIEMPOS DE INSEMINACIÓN 66 Y 54</b>	

**HORAS EN LA SINCRONIZACIÓN DEL CELO EN VACAS HOLSTEIN  
MESTIZAS UTILIZANDO EL MÉTODO OV SYNCH EN EL CANTÓN  
CHAMBO.**

	52
<b>IV. <u>CONCLUSIONES</u></b>	53
<b>V. <u>RECOMENDACIONES</u></b>	54
<b>VI. <u>LITERATURA CITADA</u></b>	55

## RESUMEN

El avance en el conocimiento de la fisiología reproductiva de los bovinos, especialmente en lo referente a las características del desarrollo folicular ha contribuido al desarrollo de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo la misma que permite mejorar los parámetros tanto productivos como reproductivos, iniciándose con la utilización de protocolos de sincronización como el OVSYNCH, PRESINCH, Co-SINCH, CIDR, tratamientos que permiten la utilización de diferentes hormonas como las PGF2a y GnRH las mismas que han propiciado un mejoramiento en la tasa de fertilidad, como señala Bautista, E.(2008), que determinó que se preñaron 8 de las 12 vacas, correspondiendo 5 de ellas a la inseminación luego de 66 horas de aplicado HCG, para lo cual se utilizó 6 inseminación, llegando a tener como promedio 1.20 servicios por concepción y una tasa de fertilidad del 83 %. De esta manera se concluye que la utilización y reutilización de hormonas intervienen en procesos reproductivos mejoran los índices de fertilidad además de solucionar los problemas de fertilidad que no únicamente están relacionados con problemas patológicos, nutricionales (desbalance energético) sino por el desorden hormonal ósea una alta producción de P4 (progesterona que causa un anestro constante o E2 (estrógenos) o celos persistentes (ninfomanía).

## ABSTRACT

This research was carried out to advance knowledge of reproductive philosophy the bovine especially in the characteristic follicular development has contributed to the development of Timed Insemination blood, these parametres can improve both productive and reproductive, starting with the use of different hormones such as: GnRH and PGF2a them have led to an improvement in the fertility rate, as noted Bautista, E. (2008), who found that cows became pregnant 8 of 12 cows, and of them corresponding to insemination efter 66 hours of applied HCG, then, was used for 6 inseminations more, came to have an average of 1.20 services per conception and fertility rate of 83%. It concludes that theuse and reuse of hormone involved in reproductive processes improvefertility rates and trouble shoot fertility problems are are not only related to pathological problems, nutritional (energy imbalance) by a hormonal disorder bone high production of P4 (progesterone) that causes a constant anestrus or E2 (estrogen) or persistent jealousy (nymphomania).

**LISTA DE CUADROS**

No		Pág.
1	VALOR DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS REPRODUCTIVOS.	15
2	PARÁMETROS REPRODUCTIVOS.	16
3	TIEMPO DE EMERGENCIA DE LA ONDA FOLICULAR EN VACAS LECHERAS EN LACTANCIA TRATADAS CON DISPOSITIVOS DE LIBERACIÓN DE PROGESTERONA Y 2 MG EB Ó 50 MG DE LECIRELIN (GNRH) EL DÍA 0.	40
4	TIEMPO DE OVULACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL FOLÍCULO OVULATORIO EN VACAS LECHERAS EN LACTANCIA TRATADAS CON UN DISPOSITIVO DE LIBERACIÓN DE PROGESTERONA Y EB Ó 50 MG DE LECIRELINA (GNRH) AL MOMENTO DE LA INSERCIÓN DEL DISPOSITIVO Y LUEGO DE LA REMOCIÓN DEL MISMO, CON O SIN LA ADICIÓN DE ECG AL MOMENTO DE LA REMOCIÓN DEL DISPOSITIVO.	41
5	DIFERENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUAL EN NOVILLAS VÍRGENES Y VACAS EN LACTANCIA USANDO COMO MÉTODO DE DETECCIÓN EL HEAT WATCH.	47

**LISTA DE GRAFICOS**

No		Pág.
1	Sincronización de ovulación (Ovsynch) para Incrementar la tasa de preñez.	27
2	Métodos de resincronización (Ovsynch) para Incrementar la tasa de preñez.	29
3	Esquema de sincronización de celos.	30
4	Control de la sincronización con ultrasonido.	31

## **I. INTRODUCCIÓN**

Uno de los objetivos de un programa de manejo reproductivo en un establecimiento ganadero está orientado a obtener óptimos parámetros reproductivos, entre ellos una reducción del intervalo entre partos, buscando obtener una máxima eficiencia para garantizar el retorno económico. La búsqueda de elevados índices de producción asociados con una alta eficiencia reproductiva, deben ser las metas fijadas por los productores para mejorar su productividad y un satisfactorio retorno económico. Sin embargo, existen factores que dificultan la posibilidad de alcanzar las metas fijadas, entre los que podemos considerar las deficiencias del nivel nutricional y las diferencias de manejo de los animales en cada uno de los establecimientos.

La Inseminación Artificial (IA), ha demostrado ampliamente su gran aporte para el mejoramiento genético en la ganadería lechera y nadie puede negar el gran impacto de esta técnica en la mejora de los índices de producción lechera en diferentes partes del mundo. Sin embargo, aún subsisten algunos factores que atentan contra una mejor eficiencia de la técnica y entre las que se pueden mencionar las dificultades y deficiencias en la detección de celos.

El avance en el conocimiento de la fisiología reproductiva de los bovinos, especialmente en lo referente a las características del desarrollo folicular ha contribuido al desarrollo de IA a tiempo fijo, por lo que el objetivo de esta presentación es señalar algunos conceptos relacionados con los protocolos de IA a tiempo fijo y sus posibilidades de aplicabilidad en nuestras condiciones.

En el transcurso de los últimos tiempos, la producción promedio ha ido creciendo aceleradamente debido al mejoramiento genético así como a progresos importantes en nutrición y manejo del ganado. Desgraciadamente, ese incremento en la producción ha ido de la mano con una disminución en las Tasas de Concepciones logradas, de tal forma que, si hace 20 años era común lograr 60% de Concepciones, hoy en día, tratándose de vacas de alta producción, lo usual es hablar de Tasas de Concepción en un rango del 42 al 50%.

En nuestro país las ganaderías más importantes se han asociado para tener mejores rendimientos y alcanzar tecnologías adecuadas aplicables a nuestro medio, es así que se está aplicando tecnologías como la inseminación artificial, transferencia de embriones.

Por lo señalado en el presente estudio bibliográfico se plantea los siguientes objetivos:

- Evaluar los parámetros reproductivos en vacas lecheras mediante el análisis de protocolos de sincronización de celos a tiempo fijo.
- Determinar el mejor protocolo de sincronización de celos a tiempo fijo en vacas lecheras.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **A. REPRODUCCIÓN DEL GANADO BOVINO**

#### **1. Ciclo Estral**

Huanca, L. (2001), Cita que las posibilidades de contar con nuevas técnicas como el análisis hormonal y la ecografía transrectal de tiempo real han contribuido a mejorar el conocimiento sobre los eventos relacionados con la dinámica folicular ovárica en los bovinos, así como la posibilidad de manipular la función folicular ovárica mediante la aplicación de hormonas exógenas.

La respuesta ovárica a la aplicación de hormonas depende del estado fisiológico de los ovarios en el momento del tratamiento. Conceptos sobre dinámica folicular  
Mediante el uso de la ultrasonografía ha sido posible confirmar que los folículos bovinos se desarrollan en ondas y que en cada ciclo estral se producen 2 ó 3 ondas foliculares. Estas ondas foliculares 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 ó 3 ondas, ocurre inmediatamente después de la ovulación, mientras que la segunda onda ocurre entre los días 9 ó 10 en ciclos de 2 ondas y en los días 8 ó 9 en los ciclos de 3 ondas, con una tercera onda emergiendo en los días 15 y 16.

Por otro lado, 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.

Posterior a la ovulación, la LH induce la formación del Cuerpo Lúteo en el orificio del ovario dejado por la ruptura del folículo. Este Cuerpo Lúteo 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 estral, 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 luteólisis o destrucción del cuerpo lúteo, lo que hace bajar drásticamente el nivel de progesterona circulante, permitiendo la liberación de GnRh desencadenándose un nuevo 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.

- 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.
- 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**

Según Vargas, J. (2003), 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.

- 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.

Para Ungerfeld, R. (2002), 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**

De acuerdo a Weisbach, L. (2000), el metaestro, 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.

- El folículo se rompe y se produce ovulación.
- El útero mantiene algo de tono mientras el endometrio se prepara para recibir el posible embrión.
- Hay tranquilidad sexual con pocos reflejos cóitales.

En algunas hembras existe flujo sanguinolento más o menos obscuro llamado hemorragia post estral.

#### **d. Diestro**

Según Huanca, L. (2001), 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.

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

## **2. Fase folicular**

Para Weisbach, L. (2000), en la fase folicular, se aprecian como una vejiga acuosa sobre la superficie del ovario. Muchos se encuentran embestidas en el tejido y se observan como una zona clara en la superficie. Estos folículos se originan a partir de las células microscópicas y tienen una doble función. Produce el óvulo en desarrollo y almacena hormonas femeninas. Al madurar el folículo se rompe para ser transportado a través del resto del aparato.

Huanca, L. (2001), señala que las hormonas hipofisarias folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH), son las responsables de la emergencia de las ondas foliculares y la selección de un folículo dominante. 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. 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, hace 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 facilita la ovulación.

### **3. Fase Luteal**

La fase luteal se caracteriza porque el cuerpo lúteo es una glándula endocrina transitoria, que se desarrolla del folículo de graaf seguida de la ovulación; secreta progesterona cuya función es mantener la gestación, además cumple el papel regulador del estro y del ciclo estral. Weisbach, L. (2000).

El cuerpo lúteo es funcional aproximadamente hasta unos doscientos cuarenta días de gestación, tiempo en el cual es involucionado, En los pequeños rumiantes, suinos y carnívoros domésticos, el cuerpo amarillo de la gestación persiste hasta el momento del parto. Weisbach, L. (2000).

Finalmente el cuerpo hemorrágico poco a poco se llena de células amarillas. Estas células se derivan del estrato granuloso y la túnica interna, contiene gotas de grasa. Weisbach, L. (2000).

### **4. Regulación Neuroendocrina de los procesos reproductivos**

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

Según Ungerfeld, R. (2002), 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 Gonadotrofinas) 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 (Hormona Luteinizante) y FSH (Hormona Folículo Estimulante).

### **b. Hipófisis y gonadotropinas**

Según Ungerfeld, R. (2002), la hipófisis es la principal glándula endocrina, y se la considera como el comando del sistema hormonal de los organismos. Tiene 2 grandes 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

El crecimiento de los folículos progresa a través de distintas etapas morfológicas de desarrollo que incluyen:

- 1) Folículos primarios,
- 2) Secundarios,
- 3) Terciarios, y
- 4) Maduros.

Los folículos primarios comprenden un oocito rodeado por una sola capa de células escamosas epiteliales llamadas células pre granulosa. El agrandamiento

del oocito y la iniciación de la división de la célula granulosa marca el inicio del crecimiento folicular. Poco después del inicio del crecimiento la célula pregranulosa que forma el epitelio escamoso simple del folículo principal toma la forma de cubo y forma la capa celular granulosa folicular o membrana granulosa.

El oocito empieza a sintetizar y secreta la zona vellosa que rodea y separa el oocito de las células granulosas adyacentes poco después de la formación de la capa de células granulosas. En esta etapa, el folículo se denomina un folículo primario. Un folículo compuesto de una capa de células tecaes y varias capas de células granulosas pero que aún no ha formado una cavidad central o antrum, se clasifica como un folículo secundario. Durante el crecimiento folicular secundario las células granulosas y tecaes se proliferan rápidamente y el fluido empieza a acumularse entre las células granulosas. Con el desarrollo continuado, el fluido entre las células granulosas se liga para formar una cavidad central llena de fluido folicular. La formación del antrum anuncia la terciaria también llamada antral o vesicular, etapa del desarrollo folicular. El crecimiento folicular culmina con la formación de un folículo maduro capaz de ovulación. Un folículo maduro comprende un oocito en desarrollo, un antrum lleno de fluido folicular, y una teca externa derivada estroalmente y ricamente vascularizada teca interna separada de una capa interna avascular de células granulosas que parecen epiteliales por una membrana de base.

La atresia es la pérdida de folículos de un ovario que no sea por la ovulación de un oocito. Los folículos pueden sufrir de atresia en cualquier etapa del desarrollo folicular en hembras prenatales, neonatales o maduras. En el ganado, menos del 1% de todos los folículos ováricos presentes en la pubertad se desarrollarán a la madurez y ovularán. Por lo tanto, el crecimiento de los folículos que culmina con una ovulación es la excepción antes que la regla durante el desarrollo folicular. La mayoría de los folículos restantes nunca empiezan a crecer y pasan por la atresia después del inicio del crecimiento folicular. La mayoría de la pérdida folicular en ganado ocurre pronto durante el desarrollo folicular como una ola de atresia que reduce el número de folículos primordiales y primarios en los ovarios de varios millones a alrededor de 100.000.

## 1) Gonadotrofinas hipofisarias

Para Ungerfeld, R. (2002), las gonadotrofinas, como su nombre lo indica, juegan un rol fundamental en la estimulación de las gonadas; son los principales mediadores del sistema nervioso central sobre las actividades endocrinas y gametogénicas de las gonadas. Las células de la hipófisis anterior que secretan gonadotrofinas son conocidas como gonadotropos, siendo células identificables como basófilas. La LH y la FSH pueden estar presentes en la misma célula.

Las hormonas como 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  $\alpha$  y  $\beta$ . Ambas cadenas peptídicas están unidas por puentes de hidrógeno y Fuerzas de Van der Waals. Para una misma especie, la subunidad  $\alpha$  es idéntica entre estas tres hormonas, estando codificada por un mismo gen. La subunidad  $\beta$  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 las hormonas 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 se efectúan a nivel hipotalámico, modulando la liberación de GnRH.

### c. Hormonas gonadales vinculadas a la reproducción

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

## 1) Esteroides gonadales

Para Ungerfeld, R. (2002), los esteroides son aquellas 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 esteroideas más comunes son designadas por nombres simplificadas, e.g. estradiol, testosterona, etc.

## 2) Estrógenos

Según Ungerfeld, R. (2002), en animales vacíos los estrógenos son secretados por folículos antrales, mientras que en los preñados son secretados fundamentalmente por la unidad feto-placentaria. De acuerdo a una relación de volumen, los estrógenos son biológicamente más potentes que los otros 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 las enzimas necesarias para aromatizar los andrógenos a estrógenos.

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.

### **3) Progesterona**

Según Ungerfeld, R. (2002), la progesterona como su nombre lo indica, 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.

Los efectos de la progesterona se producen comúnmente en sinergismo con los estrógenos. Al igual que ocurría con las prostaglandinas, la progesterona natural tiene una vida media muy corta (entre 3 y 4 minutos), lo que implica la necesidad de utilizar altas dosis; la alternativa es usar análogos que, sin producir efectos secundarios, precisan dosis mucho menores.

En el primer caso, el de 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 (dosis de 3 mg). Estos productos actúan como un cuerpo lúteo exógeno, inhibiendo la secreción de gonadotropinas y, por tanto, el desarrollo folicular. Al cesar este bloqueo progesterónico se producirá la liberación de las gonadotropinas y el inicio de un ciclo fértil.

Los distintos sistemas actuales para sincronización de celos uno de los más completos y flexibles es el basado en el uso de progestágenos en forma de implante subcutáneo. Al mismo tiempo que 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).

### **4) Prostaglandinas**

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 los términos de «hormona local» para describirlas más adecuadamente. 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>2</sub>α (PGF<sub>2</sub>α) y la prostaglandina E<sub>2</sub>α (PGE<sub>2</sub>α). La PGF<sub>2</sub>α es liberada por el útero (en el endometrio desde donde pasa, vía hemática, al ovario, lugar donde ejerce su acción: la luteólisis), 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>2</sub>α que induce la regresión del cuerpo lúteo. La liberación de PGF<sub>2</sub>α es producida en pulsos durante unas horas en ovejas, cerdas cabras, yeguas y vacas.

## **B. VACONAS PARA REEMPLAZO**

Según Buxade, C. (2006), es posible referirse a la alimentación y nutrición de vaquillas de reemplazo sin previamente clarificar lo que significa realizar una buena crianza de terneros, de modo de obtener una ternera sana y vigorosa que

alcance un desarrollo integral en el menor período de tiempo posible. Podría señalarse que existen muchos sistemas de crianza de terneros y que ha sido tradicional que, en muchas lecherías, se utilicen grandes cantidades de leche o sustitutos lácteos en la crianza de los terneros

### 1. Parámetros reproductivos

En el manejo de hatos lecheros siempre debemos considerar algunos parámetros técnicos que se utilizan para un óptimo manejo reproductivo, así como los que se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. VALOR DE LOS PARÁMETROS TECNICOS REPRODUCTIVOS.

Parámetro	Optimo
Edad al primer calor	Menores de 12 meses
Edad a primera inseminación	Entre 13 y 15 meses
Edad primer parto	24 meses
Peso al primer parto(Holstein)	540 Kg.
Beceros muertos al nacer	Menos de 5%
Mortalidad al nacimiento al primer parto	Menos del 10%
Intervalo del parto a la primera inseminación	Menos de 80 días
Días abiertos	Menos de 110 días
Intervalo entre partos	De 12 a 13 meses
Tasa de concepción al primer servicio	50%
Servicios por concepción	Menos de 1.7

Fuente: Nieto, H. (1993).

Para Bautista, E. (2008), 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.

Nieto, H. (1993), señala que los objetivos de un hato lechero son variables y se presenta una lista de parámetros con objetivos acordes a una ganadería progresista como se lo muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS.

Intervalos entre partos días	Calificación
350 – 380	Excelente
389 – 410	Bueno
410 – 411	Regular
Servicios por concepción	
1,5	Excelente
1,8	Bueno
2	Regular
Días abiertos	
50 – 99	Excelente
100 – 130	Bueno
Mayor a130	Regular

Fuente: Betún, F. (2004).

Según Arévalo, F. (1999), los factores administrativos en la eficiencia reproductiva es el uso de registros reproductivos, programa eficaz de detección de celo, tiempo de apareamiento óptimo, inseminación post-parto y programas de servicios veterinarios.

#### **a. Intervalo entre Partos**

Según Tobon, J. (1999), El período comprendido entre la fecha del parto y el momento en el cual la hembra es servida y queda en gestación para un parto, este período es muy variable y es afectado por múltiples factores siendo las más importantes los programas de manejo de la alimentación de las hembras. El segundo componente es el de la gestación el cual no afecta mucho el período entre partos, ya que es una constante cuya media oscila alrededor de 283.

#### **b. Eficiencia Reproductiva del Hato**

Para Guillén, N. (1998), una vaca apta para la reproducción no debe permanecer más de 100 días después del parto sin estar preñada y una novilla no más de 30 días después de la edad y tamaño considerado como apto para reproducirse. Si este tiempo se prolonga, va a repercutir en la producción de leche y por lo tanto en la economía de la explotación.

$$ERH = 100 - ((\sum \text{Días vacíos vacas problema} / \text{Total vacas hato}) \times 1.75)$$

A diferencia de cualquier otro método de evaluación, el propuesto por Reaves, C. (1969), incluye todas las vacas de un hato y evalúa la tasa productiva actual del hato.

El valor de la ERH, disminuye cuando aumenta el número de vacas problema o cuando aumenta el número de días vacíos para estas vacas.

## **2. Eficiencia Reproductiva**

Risco, C. (2011), señala que la eficiencia reproductiva del hato lechero es comúnmente definida en términos del intervalo entre partos del hato. El intervalo entre partos influye en el tiempo que las vacas están alrededor del mejo periodo en términos económicos. Además, el intervalo entre partos afecta las libras de leche producidas por día por vida del rebaño y vacas que son condenadas por falta reproductivas.

### **C. MANEJO POSTPARTO EN VACAS**

Risco, C. (2011), reporta que la eficiencia reproductiva es un componente importante en el manejo de bovinos lecheros por su efecto en la rentabilidad del hato. Un programa reproductivo exitoso se refleja en un incremento en la producción lechera por día durante la vida útil de la vaca y a una reducción en el descarte por causas reproductivas, lo cual aumenta el ingreso neto de la lechería. A consecuencia, productores y veterinarios trabajan juntos implementando programas reproductivos que mejoran el comportamiento reproductivo en vacas lactantes.

#### **1. Monitoreo de salud durante el postparto**

Es reconocido que aquellas vacas que son enfermas durante el postparto como fiebre de leche, retención de membranas fetales, son de mayor riesgo a

desarrollar infecciones uterinas y cetosis. Las vacas que sufren estos problemas y en particular, metritis son menos fértiles y tienen menor probabilidad de concebir en la subsiguiente lactancia (Risco, C. 2011).

## **2. Mastitis y el comportamiento reproductivo**

La mastitis es un proceso infeccioso de la glándula mamaria causado por bacteria. Los síntomas clínicos incluyen reducción en la producción de leche, aumento de leucocitos en la leche, cambios en la composición de la leche, e inflamación de la ubre y pezones. En ciertos casos, vacas sufren de mastitis sin síntomas clínicos y refieren como casos subclínicos. Vacas con mastitis pueden tener fiebre y una concentración elevada de mediadores inflamatorios como citocinas que afectan tejidos reproductivos y el embrión. Varios estudios han demostrado la relación entre mastitis y el comportamiento reproductivo en vacas lecheras, en un estudio de vacas jersey se comparó 102 vacas con mastitis y 103 vacas sin mastitis. (Risco, C. 2011).

## **D. ENFERMEDADES REPRODUCTIVAS**

Según Condo, L. (1999), los vacunos con mayor frecuencia de preñez son aquellas que se encuentran entre 2 – 4 años de edad. Luego de hacer el estudio sobre las estructuras ováricas, manifiesta que las vacas que poseen estructuras normales se consideró a los folículos y cuerpos lúteos cíclicos, y los ovarios funcionales tienen una textura normal; no así ovarios quísticos con características propias que hacen difícil de confundirse con los ovarios normales, los mismos que se pueden determinar en vacas que están recuperándose del parto. De la misma manera reporta que la inactividad del ovario izquierdo, que se ha presentado en todas las ganaderías que se ha realizado este estudio, de la misma manera reporta que existe descuido del ganadero al no suministrar minerales, principalmente de microelementos y vitaminas que hacen que los ovarios permanezcan inactivos y esto no solamente en animales jóvenes, sino también en los animales adultos, otra de las causas de la inactividad es la falta de atención a las vacas en el momento del parto y después del mismo.

La presencia de quistes se ha determinado con mayor frecuencia en los animales adultos, debiéndose analizar que primeramente esta anomalía en las vacas es de carácter hereditario, y por desequilibrio hormonal. Así tenemos que existen con mayor frecuencia de quistes luteínicos en el ovario izquierdo que en el derecho. La presencia de quistes foliculares se presentó con mayor frecuencia en el ovario izquierdo, pero relativamente es bajo en comparación con los quistes luteínicos. La hipoplacia ovárica se pudo palpar con más frecuencia en el ovario izquierdo que en el derecho, de esta manera manifestamos que el ovario derecho más activo que el izquierdo. La presencia de fibrosis ovárica se pudo palpar con mayor frecuencia en los ovarios derechos, debiéndose posiblemente a que el ovario se encuentra funcionando con mayor frecuencia que el izquierdo, esta patología es difícil de recuperar.

### 1) **Endometritis**

Al tratar el tema de la aplicación de PGF<sub>2</sub> $\alpha$  en síndromes métricos hay que aclarar dos conceptos: efecto luteolítico y efecto utero-tónico. Al producir la luteolisis lo que conseguimos es que el útero cambie de un ambiente progesterónico (con bajas defensas locales), a un ambiente estrogénico (con defensas locales altas). Por otro lado se habla bastante de la conveniencia de un efecto uterotónico, que ayudaría en el proceso al ayudar a evacuar el contenido (Risco, C. 2011).

### 2) **Quistes Ovaricas**

La PGF<sub>2</sub> $\alpha$  puede utilizarse en casos de quistes ováricos de naturaleza puramente luteínica, con el fin de conseguir la luteoísis. Como se ha señalado anteriormente, podemos utilizar la prostaglandina asociada a GnRH para el tratamiento de cualquier tipo de quistes.

### 3) Desordenes hormonales

Se dan casos de infantilismo del aparato genital en la mayoría de las especies animales, tanto en los machos como en las hembras, al llegar la edad de la pubertad. Los ovarios siguen siendo muy pequeños y no producen folículos de tamaño ovulatorio. El sistema conductor también permanece inmaduro, indicando la ausencia de hormonas tróficas; un sistema conductor infantil responde a la inyección de estrógenos con aumento de tamaño. Los ovarios son así mismo susceptibles de agrandarse y formar folículos maduros cuando son convenientemente tratados. Estas observaciones indican que el infantilismo es consecuencia de un hipo-pituitarismo, que generalmente afecta la secreción de hormonas gonado-tróficas, ya que los animales afectados suelen ser somatológicamente normales.

El problema de los calores o celos quiescentes en muchos animales domésticos consiste en que las hembras afectadas no presentan síntomas que pueden servir para identificar su estado de celo, y no se aparean. Por lo general ovulan normalmente y en el momento preciso. Es probable que los celos quiescentes sean mucho más comunes de los que se cree. En vacas, yeguas y cerdas no disponemos datos sobre esta repetibilidad de la condición de los mismos individuos, porque no se han planteado experimentos de forma que puedan diferenciarse entre celos quiescentes e interrupción de los calores por haberse iniciado la gestación. (Nalvandov, P. 1969 citado por Condo, L. 1999).

### 4) Estrés calórico

Según Ptaszynka, M. (2010), el estrés calórico es percibido como uno de los factores más importantes que ocasionan baja la fertilidad en vacas lecheras inseminadas en los últimos meses del verano. El decremento en la tasa de concepción durante la temporada de calor puede estar en un rango de entre 20 y 30 % en comparación con los resultados obtenidos durante los meses de invierno.

El incremento sustancial en rendimiento de leche obtenido en años recientes agravo aun más el síndrome de infertilidad del verano ya que la producción elevada incrementa la tasa metabólica de la vaca así como la producción metabólica de calor. El límite superior de temperatura en el cual las vacas en lactancia pueden mantener una temperatura corporal estable es tan solo entre 25 y 27 °C. El problema del estrés calórico no está limitado a regiones tropicales del mundo e implica un costo considerable para la industria lechera.

Existe un efecto de arrastre del efecto de calor de verano sobre el desempeño reproductivo en los meses de otoño, este efecto negativo sobre la reproducción persiste en los primeros meses del otoño aun cuando las vacas ya no está expuestas al estrés calórico, si piensa que es resultado del efecto ejercido por el calor durante los meses calientes sobre los folículos antrales, los cuales se convertirán en folículos dominantes 40 o 50 días más tarde.

Mecanismos del impacto negativo del estrés calórico sobre la función reproductiva en el ganado bovino. El efecto detrimento de las altas temperaturas ambientales sobre los procesos reproductivos en el ganado lechero ha sido bien documentado e incluye:

- Efecto negativo sobre el proceso reproductivo
- Interacciones endocrinos alteradas
- Cambio en el patrón del desarrollo folicular
- Disminución en la calidad de ovocitos y embriones
- Efecto negativo sobre el estado nutricional y el balance energético.

## **E. ESTRATEGIAS DE CONTROL REPRODUCTIVO DEL HATO**

Para López, H. (2011), la industria lechera ha evolucionado dramáticamente durante las últimas décadas. Durante este periodo, grandes avances en las diferentes áreas de manejo del hato; así como nuevas tecnologías se han desarrollado y han sido asimiladas en mayor o menor grado por los productores. Quizá una de las áreas que más ha evolucionado en los últimos años. El enfoque de manejo reproductivo moderno se basa en incrementar el número de

oportunidades para la producción de preñeces de una manera eficiente en una población de vacas elegibles. Pero cuál es el verdadero significado de crear oportunidades para producir preñeces, obviamente la condición mínima para lograr producir una preñez es que la vaca sea inseminada adecuadamente cerca al momento de la ovulación. Esto es lo que presenta una oportunidad para producir una preñez.

### **1. Sincronización de celos**

Según Hernández, J. (2000), la sincronización o concentración de los 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.

Para 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 numerosas ventajas ante su implementación:

- Permite incorporar la inseminación Artificial ha rodeos de cría sin afectar parámetros reproductivos.
- Permite inseminar vacas con cría al pié 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

## **2. Métodos de Sincronización de celos**

Para Huanca, L. (2001), los tratamientos más comunes de sincronización de celos es mediante el uso de la prostaglandina (PGF). Una de las desventajas es la falta de efectividad en la inducción de la luteolisis en los primeros 5 ó 6 días y la variabilidad en la distribución de presentación de celo en un periodo hasta de 5 días, debida al estado folicular al momento del tratamiento. Existen otros métodos para sincronizar la presentación de celos y ellos están referidos a sincronizar el desarrollo de las ondas foliculares.

La Hormona Liberadora de las Gonadotropinas (GnRH), en los años 70, permitió su utilización como tratamiento para los quistes foliculares. Así mismo, esta hormona también es utilizada al momento del servicio como una alternativa para asegurar la ovulación. Un esquema de sincronización de la ovulación utilizando GnRH para la IA a tiempo fijo llamado "Ovsynch" fue desarrollado por Pursley *et al.* (1995). La administración de una GnRH a una vaca con un folículo dominante en crecimiento induce la ovulación de éste con la emergencia de una nueva onda folicular aproximadamente 2 días más tarde. El tratamiento con PGF 6 o 7 días después de la GnRH resulta en la ovulación del nuevo folículo dominante, especialmente cuando una segunda inyección de GnRH fue aplicada a las 48 horas después de la PGF, realizando una IA a tiempo fijo entre las 16 – 18 horas después de la última aplicación de GnRH. El protocolo "Ovsynch" ha sido más eficaz en vacas lecheras en lactancia que en vaquillas, siendo aún desconocida la causa de estas diferencias pero la ovulación en respuesta a la primera aplicación de GnRH ocurrió en el 85% de las vacas y en solo el 54% de las vaquillas.

### **a. Uso de Prostaglandinas para mejorar la tasa de servicio**

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 (PGF<sub>2a</sub>). Los productores de leche pueden obtener a través de sus veterinarios diferentes marcas de PGF<sub>2a</sub>. Actualmente tanto Lutalyse (Farmacia-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 PGF<sub>2a</sub> solamente en un 60% de las veces. En consecuencia una sola inyección de PGF<sub>2a</sub> 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 PGF<sub>2a</sub>. Un típico protocolo donde la PGF<sub>2a</sub> 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 PGF<sub>2</sub> y un 46% de vacas puras quedo preñada. Las otras vacas fueron inseminadas artificialmente, luego de la tercera dosis de PGF<sub>2a</sub>, registrándose una pobre fertilidad (4% TP/IA).

En cuanto a las novillas, el 80% de ellas recibieron también IA luego de dos tratamientos con PGF<sub>2a</sub> y se encontró una fertilidad mucho mejor luego de cada tratamiento y luego del tercer tratamiento con PGF<sub>2a</sub> (la mitad con IA planeada y la mitad en celo).

Esto no es debido a las diferencias en tiempo desde la inyección de PGF<sub>2a</sub> 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 PGF<sub>2a</sub>. Los programas de manejo reproductivo que emplean PGF<sub>2a</sub> 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 PGF2a. Primero, las vacas aún 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.

#### **b. Sincronización de la ovulación OVSYNCH**

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. 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. Todas las vacas (n=333vacas), fueron

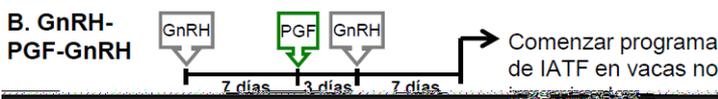
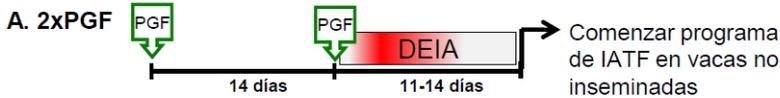
asignadas en forma aleatoria ya sea a un grupo control en donde se seguía un típico plan de manejo reproductivo (detección de celo con el uso ocasional de PGF2a), o al grupo Ovsynch con todas las vacas servidas solamente por medio de una IA planeada en un único día de la semana. Las vacas permanecieron 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). 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.

En el grafico 1, que se presenta a continuación muestra los diferentes métodos de presincronización y sincronización por los métodos Ovsynch y Cosynch a distintos tiempos.

## Métodos de Presincronización para uso antes de Ovsynch

Para uso con programas Ovsynch (lista abajo) para incrementar preñeces por IA. Estos programas pueden ser usados con o sin detección de estro e IA (DEIA).

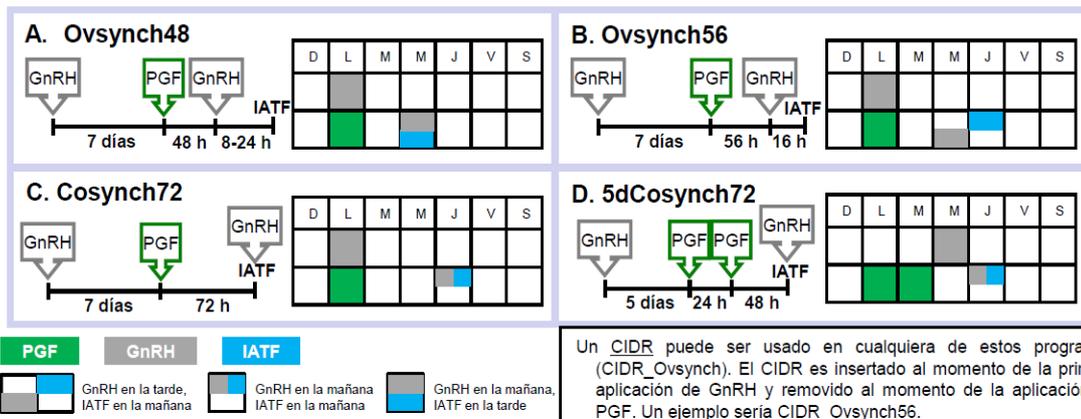


**Definiciones y comentarios:**

PGF= prostaglandina F<sub>2α</sub>. Nombres comerciales incluyen: Lutalyse®, Estrumate®, Prostate®, In-Synch®, y estroPLAN®.  
 GnRH = hormona liberadora de gonadotropina. Nombres comerciales incluyen: Cystorelin®, Factrel®, Fertagyl®, y OvaCyst®.  
 La intensidad de color rojo en DEIA indica el periodo cuando se espera la mayoría de vacas en estro. La mayoría de vacas se espera en estro de 2 a 7 d después de la DCF.

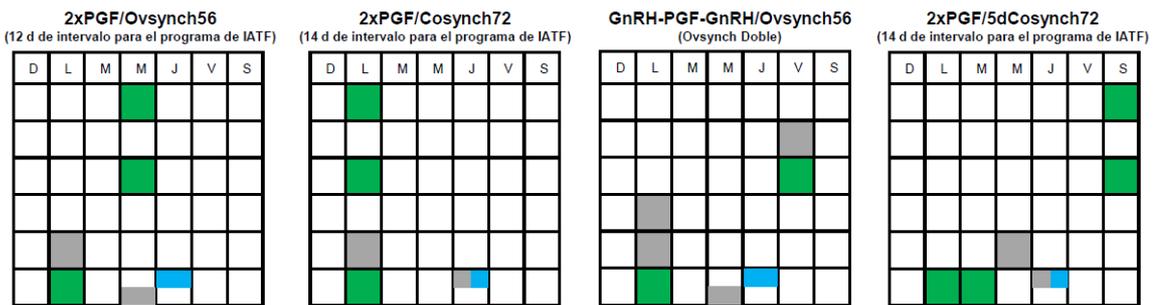
## Métodos Ovsynch para IATF

Para uso con o sin presincronización (información arriba). Estos programas pueden ser usados con o sin DEIA.



## Calendarios de Presincronización y Ovsynch

Calendarios ejemplo de presincronización y Ovsynch. Cualquier programa de presincronización puede ser combinado con cualquier programa Ovsynch. Vacas en estro después del PEV pueden ser inseminadas. Las vacas regularmente muestran estro de 2 a 7 d después de la PGF.



La eficiencia de sincronización y la fertilidad pueden variar entre los diferentes programas presentados aquí. Datos específicos de investigación deben ser evaluados para determinar el programa óptimo a ser usado en un rebaño en particular. Enero 2011

Grafico 1. Sincronización de ovulación (Ovsynch), para Incrementar la tasa de preñez.

Cuáles son las desventajas de Ovsynch? 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. 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 PGF2a (- \$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 mostrarán signos de celo y en consecuencia no serán servidas durante esta época de baja fertilidad.

Con el programa Ovsynch muchas vacas continuarán 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.

Este 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



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.

## 2) Identificar a tiempo las vacas no preñadas y retornelos a servicio

Tradicionalmente, un practicante bovino detecta vacas no preñadas dentro de 32 a 45 días postservicio por palpación rectal. Nuevas tecnologías, como el ultrasonido transrectal, pueden brindar mayores beneficios como una práctica herramienta de manejo en lechería. El uso de ultrasonografía transrectal para medir el estatus de la preñez durante la gestación temprana está dentro de las aplicaciones más prácticas del ultrasonido para la reproducción en ganadería 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 (Select Sire 2010). Para mejorar las tasas de servicio se utilizan distintos protocolos de sincronización de celo como se lo muestra en el grafico 3, con la aplicación de GnRH y PGF2a.

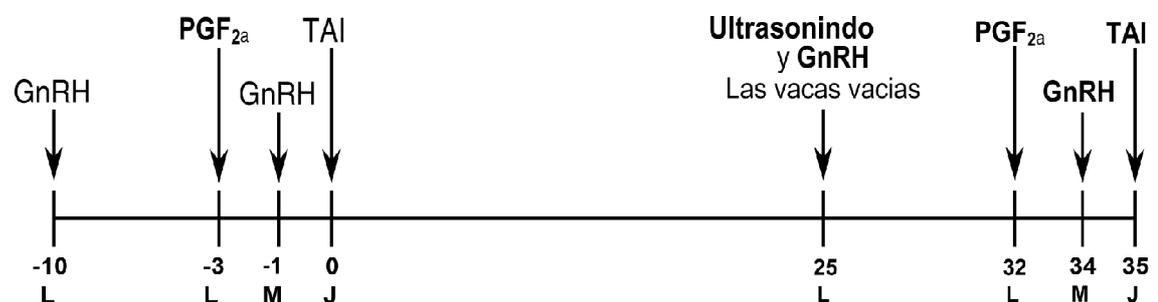


Grafico 3. Esquema de sincronización de celos.

Según Select Sire (2010), 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. A continuación se muestra una representación gráfica de un protocolo de sincronización y la posterior utilización del ultrasonido para el diagnóstico de la gestación en las vacas tratadas.

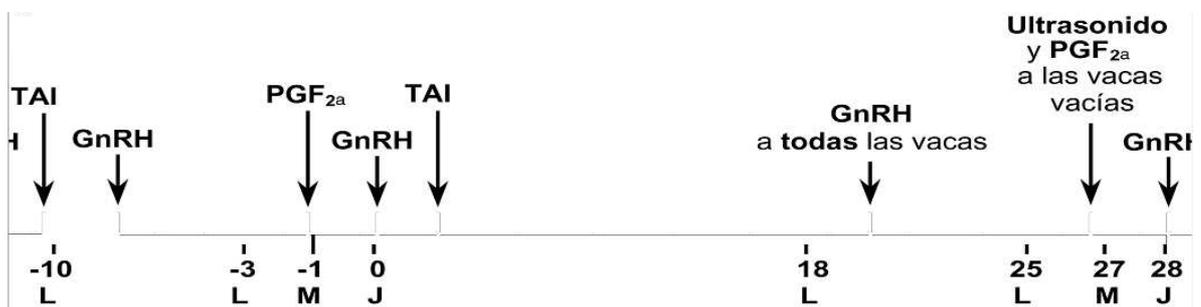


Grafico 4. Control de la sincronización con ultrasonido.

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 utilizaría al día 25 para identificar vacas vacías, las cuales recibirían una inyección de PGF<sub>2a</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, F. *et al.*, 2001), 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.

### **c. Ovsynch, Presynch, Cosynch: protocolos hormonales para IA 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.

#### **1) Ovsynch**

Los fisiólogos reproductivos buscaron por mucho tiempo desarrollar un programa de sincronización 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 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 PGF2a 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. 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.

## **2) 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.

Una pregunta común acerca de los datos originales de Presynch de (Moreira *et al.* 2001), 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), 18 h 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%).

### **3) 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. 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.

### III. DISCUSIÓN

#### A. PROTOCOLOS CON GNRH

Los protocolos de tratamiento con GnRH han sido utilizados en gran medida durante los últimos años para la IATF de bovinos de carne y leche en los Estados Unidos (Pursley, Jr. *et al.*, 1995, 1997). Estos protocolos de tratamiento consisten de una inyección de GnRH seguida de PGF 7 d más tarde y una segunda inyección de GnRH 48 h después del tratamiento con PGF. En los protocolos Co-Synch, las vacas son inseminadas a tiempo fijo al momento de la segunda GnRH, mientras que en los protocolos Ovsynch, las vacas son inseminadas a tiempo fijo 16 h después de la segunda GnRH (Pursley, Jr. *et al.*, 1995). Varios reportes demostraron que los protocolos Ovsynch producen tasas de preñez similares a las que se obtienen en las vacas que fueron sincronizadas con PGF e inseminadas 12 h después de detectado el celo (Burke, C. *et al.*, 1996, De la Sota, A. 1998, Pursley, Jr. *et al.*, 1995, 1997, Stevenson, Js. *et al.*, 1999, Thatcher, S. *et al.*, 2001, 2006). Por lo tanto, esta técnica se utiliza en gran medida para inseminar vacas de leche (Cavaliere, J. *et al.*, 2006).

La utilización del protocolo Ovsynch no tuvo éxito para sincronizar las vacas en anestro posparto. Este protocolo induce aparentemente la ovulación en un alto porcentaje de vacas de leche en anestro, pero algunas de estas vacas tienen una fase luteal posterior más reducida, lo que produce tasas de concepción menores que en las vacas cíclicas (Moreira, F. *et al.*, 2001).

De esta manera, si bien el Ovsynch puede inducir la ovulación en vacas no cíclicas, la reducción en las tasas de concepción de estas vacas sigue siendo probable. En los últimos años, varios grupos de los Estados Unidos han combinado la utilización de un dispositivo de liberación de progesterona con el protocolo Ovsynch en vacas de leche no cíclicas. En este protocolo, las vacas tienen el dispositivo de liberación de progesterona colocado en la vagina en el momento en que se coloca la primera inyección de GnRH del protocolo Ovsynch y el dispositivo se retira durante el tratamiento con PGF. A pesar de que un

experimento inicial reveló una mejora significativa en las tasas de preñez (55,2% vs 34,7%; n=182), para las vacas tratadas o no tratadas con dispositivos de liberación de progesterona en el momento de la primera GnRH; (Pursley, Jr. *et al.*, 2001), una revisión reciente demostró (Stevenson, Js. *et al.*, 2006) que los resultados varían sorprendentemente, pero en general las diferencias rondan en el entre el 6 al 8%.

## **B. TRATAMIENTO DE PRE-SINCH**

Se ha demostrado recientemente que la fase del ciclo estral en el momento en el que se administra la GnRH afecta los resultados del programa Ovsynch (Vasconcelos *et al.*, 2006). Si se administra GnRH durante la primera fase de crecimiento del folículo dominante, es posible que no se produzca la ovulación en respuesta a liberación de LH, en cuyo caso, no se sincronizará la emergencia de la onda folicular. (Moreira, F. *et al.* 2001), sugirieron que los bovinos responderán de manera más consistente a los protocolos con GnRH si éstos se inician entre los Días 5 y 12 del ciclo; esto se puede lograr con la presincronización antes de la primera inyección de GnRH. Se ha demostrado que la presincronización con una o con dos dosis de PGF (con una diferencia de 14 días), mejora las tasas de preñez en los protocolos de IATF con GnRH. Sin embargo, es poco probable que los tratamientos con PGF mejoren la reproducción en vacas de leche no cíclicas, lo cual parece ser el caso según estudios previos (Moreira, F. *et al.*, 2001). Además, con este tratamiento no pudimos mejorar las tasas de preñez en las vacas de leche en lactancia en un sistema pastoril, al mismo nivel que cuando se le agrego al Ovsynch la inserción de un dispositivo de liberación de progesterona entre los Días 0 y 7 (Veneranda, F *et al.*, 2006).

## **C. DISPOSITIVOS DE LA LIBERACION DE LAS PROGESTERONA**

Existen diferentes dispositivos intravaginales comercialmente disponibles y están impregnados con diferentes cantidades de progesterona. Se diseñó un experimento para caracterizar los perfiles de liberación de progesterona en plasma de cuatro dispositivos (Rogan, D. *et al.*, 2007). Se utilizaron vacas

cíclica y en lactancia, que recibieron dos inyecciones de PGF (150 mg D (+) cloprostenol, Bioprost-D, Biotay S.A., Argentina), con 14 d de intervalo y fueron asignadas de manera aleatoria a uno de los cuatro grupos y se les aplicaron dispositivos intravaginales de la siguiente manera: CueMate (1,56 g de progesterona; Bioniche Animal Health Canada Inc; n=10), DIB (1 g de progesterona; Syntex SA, Argentina; n=10), CIDR con 1,9 g de progesterona (Pfizer Salud Animal S.A., Argentina; n=10), o CIDR con 1,38 g de progesterona (Pfizer Animal Health, USA; n=10).

Todos los dispositivos se colocaron 24 h después de la segunda PGF y se dejaron por 31 días. Se obtuvieron muestras de sangre para el análisis de progesterona en intervalos de 6 h durante las primeras 24 h, luego todos los días durante una semana y cada 2 días por 25 días más. Se observó a las vacas dos veces por día para confirmar que no se hubieran salido los dispositivos vaginales.

Las vacas no mostraron evidencia de molestia con ninguno de los dispositivos vaginales y no hubo diferencias en las pérdidas. Tampoco hubo diferencias en los picos de las concentraciones de progesterona (ng/ml), entre los grupos (CueMate:  $5,0 \pm 1,1$ ; DIB:  $3,9 \pm 0,6$ , 1,9 g CIDR:  $4,6 \pm 0,6$ ; 1,38 g CIDR  $3,7 \pm 0,4$ ;  $P=0,51$ ). Las concentraciones medias ( $\pm$ EE), de progesterona en el periodo de inserción de 31 días difirieron entre 1,9 g CIDR ( $1,8 \pm 0,2$  ng/ml) y DIB ( $1,5 \pm 0,1$  ng/ml,  $P<0,006$ ). Con Cue-Mate ( $1,5 \pm 0,2$  ng/ml) y 1,38 g CIDR ( $1,6 \pm 0,1$  ng/ml), fueron intermedias y no difirieron entre sí.

Cuando se evaluaron los datos desde la inserción hasta el Día 7, las concentraciones de progesterona en plasma no difirieron entre los grupos. Sin embargo, las concentraciones de progesterona desde la inserción hasta el Día 21 fueron mayores ( $P<0,03$ ), en las vacas con 1,9 g CIDR ( $2,1 \pm 0,1$  ng/ml), que en las vacas con DIB ( $1,6 \pm 0,1$  ng/ml), o 1,38 g CIDR ( $1,6 \pm 0,1$  ng/ml), con Cue-Mate ( $1,7 \pm 0,1$  ng/ml).

#### D. TRATAMIENTOS CON DISPOSITIVOS DE LIBERACION DE PROGESTERONA, ESTRADIOL Y ECG

Bajo condiciones normales, una vaca posee el potencial de ovular poco tiempo después del parto (Wiltbank, M. *et al.*, 2002). Sin embargo, el ganado bovino lechero bajo condiciones de pastoreo con frecuencia posee una alta incidencia de anestro posparto que extiende el intervalo desde el parto hasta la concepción y como consecuencia, afecta de manera negativa su desempeño reproductivo (Cavalieri, J. *et al.*, 2006). La utilización de 400 UI de eCG al momento de retirar el dispositivo de liberación de progesterona dio como resultado un aumento en la concentración de progesterona en plasma y en las tasas de preñez en vacas amamantadas tratadas durante el anestro posparto (Baruselli, P. *et al.*, 2004). Desarrollamos la hipótesis de que el tratamiento con eCG puede resultar útil para aumentar las tasas de preñez dado que la IATF mejora la eficiencia reproductiva en los rodeos lecheros pastoriles.

Se diseñaron tres experimentos para evaluar los efectos de diferentes tratamientos para sincronizar la ovulación en las tasas de preñez después de la IATF en vacas lecheras en lactancia (Veneranda, F. *et al.*, 2008). En el Experimento 1, se utilizaron 40 vacas Holstein con  $57,8 \pm 1,5$  d de posparto (rango, 47 a 82 d), con una producción de leche de  $30,2 \pm 0,8$  kg por d (rango, 14,0 a 40,7 L), y un score de condición corporal (BCS), de  $2,8 \pm 0,0$  (rango, 2,5 a 3,5; escala de 1 a 5), y lactancias de  $2,5 \pm 0,2$  (rango, 1 a 7). Las vacas se alimentaban de alfalfa y recibían un complemento de raciones balanceadas con el 13% de proteína bruta (320 g/L de leche), más ensilaje de maíz (20 kg/vaca). Las vacas se agruparon por días posparto y fueron asignadas de manera aleatoria a 1 de los 4 grupos de tratamiento. A las vacas en los grupos de tratamiento con progesterona y estradiol (P4+EB), se les aplicó un dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (1 g P4, DIB, Syntex, Argentina), y 2 mg de benzoato de estradiol (EB), el Día 0. El día 8 se retiraron los dispositivos de progesterona y se les aplicó PGF (150 mg D (+) cloprostenol, Ciclase, Syntex), y se las subdividió para administrarles 400 UI eCG (Novormon 5000, Syntex), i.m., o no recibieron ningún otro tratamiento. El Día 9, a todas las vacas se les aplicó 1 mg de EB y se les realizó la IATF 36 h más tarde (60 h después de la remoción el dispositivo). El

Día 0, a las vacas de los grupos P4-Synch se les colocó un DIB y 50 µg de GnRH (Lecirelina, Gonasyn, Syntex), i.m. El Día 7, se retiraron los dispositivos; se les aplicó PGF y se las dividió para aplicarles 400 UI eCG i.m. o no recibieron ningún otro tratamiento. El Día 9, todas las vacas recibieron un segundo tratamiento con GnRH y se les realizó la IATF 16 h más tarde (60 h después de la remoción del dispositivo). Desde el Día 0 al Día 9, se examinaron todas las vacas a diario con ultrasonografía para determinar el momento de emergencia de la onda folicular y cada 6 h a partir del Día 9 para determinar el momento de la ovulación. No existieron diferencias entre los grupos de tratamientos en cuanto a la cantidad de vacas que comenzaron una onda folicular nueva ( $P>0.12$ ). Sin embargo, si se compara con las vacas tratadas con GnRH ( $P<0,01$ ), la emergencia de la onda folicular se demoró en las que fueron tratadas con EB.

La aplicación de EB y GnRH en las vacas tratadas presentan diferentes resultados en las ondas foliculares como se lo muestra en cuadro 3.

Cuadro 3. TIEMPO DE EMERGENCIA DE LA ONDA FOLICULAR EN VACAS LECHERAS EN LACTANCIA TRATADAS CON DISPOSITIVOS DE LIBERACIÓN DE PROGESTERONA Y 2 MG EB Ó 50 MG DE LECIRELIN (GNRH) EL DÍA 0.

	Vacas con una onda folicular	Emergencia de la onda folicular	Rango (días)
EB	15/20 (75%)	3,8 ± 0,2a	3 a 6
GnRH	18/20 (90%)	1,6 ± 0,2b	1 a 4

Fuente: Baruselli, P. *et al.*, (2004).

Las medias difieren significativamente ( $P<0,01$ ).

La cantidad de vacas que ovularon, el tiempo de ovulación y las características del folículo ovulatorio. El tratamiento (GnRH vs EB,  $P=0,55$ ), eCG ( $P=0,22$ ), o su interacción ( $P=0,24$ ), no tuvieron efecto sobre el diámetro del folículo dominante en el momento de la remoción del dispositivo de liberación de progesterona. El tratamiento (GnRH vs EB,  $P=0,41$ ), eCG ( $P=0,26$ ), o su interacción ( $P=0,33$ ), tampoco tuvieron un efecto significativo sobre el diámetro del folículo ovulatorio. Únicamente existió una tendencia a un intervalo más largo hasta la ovulación en las vacas tratadas con GnRH ( $P<0,09$ ); pero el tiempo de ovulación no estuvo influenciado por eCG ( $P=0,84$ ), ni por la interacción EB vs GnRH y eCG ( $P=0,45$ ).

Estos resultados fueron diferentes a los obtenidos en los bovinos de carne. La diferencia más notoria es que en los bovinos de carne, entre el 90 y el 100% de las vacas tratadas con EB presentaron una onda folicular nueva, que emergió entre 2 y 5 d más tarde (Moreno, A. *et al.*, 2005), pero en el presente estudio sólo el 75% de los animales tratados presentaron una onda folicular nueva durante el periodo de tratamiento, lo que indica que estas vacas podrían tener menor fertilidad a la IATF debido a la ovulación de un folículo persistente. En comparación con los bovinos de carne, el motivo de la respuesta inferior al tratamiento está posiblemente relacionado con una tasa superior del metabolismo del estradiol en las vacas en lactancia (Wiltbank, M. *et al.*, 2006).

En el cuadro 4, presenta las características del folículo ovulatorio con la aplicación de nueva hormona como la eCG para conocer si existen diferencias positivas a comparación con las EB y la GnRH.

**Cuadro 4. TIEMPO DE OVULACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL FOLÍCULO OVULATORIO EN VACAS LECHERAS EN LACTANCIA TRATADAS CON UN DISPOSITIVO DE LIBERACIÓN DE PROGESTERONA Y EB Ó 50 MG DE LECIRELINA (GnRH) AL MOMENTO DE LA INSERCIÓN DEL DISPOSITIVO Y LUEGO DE LA REMOCIÓN DEL MISMO, CON O SIN LA ADICIÓN DE ECG AL MOMENTO DE LA REMOCIÓN DEL DISPOSITIVO.**

Efectos principales	Vacas que ovularon	Intervalo desde la remoción del dispositivo hasta la ovulación (h.)	Diám. del fol. al momento de remoción del dispositivo (mm)	Diám. Del fol. Al momento de la ovulación (mm)	Crecimiento del fol. Desde la remoción del dispositivo hasta la ovulación
EB	17/20 (85,0%)	71,3 ± 1,8a	12,6 ± 1,0	15,5 ± 0,9	0,8 ± 0,2
GnRH	19/20 (95,0%)	75,2 ± 1,6b	13,1 ± 0,5	15,6 ± 0,5	0,8 ± 0,1
eCG	18/20 (90,0%)	73,3 ± 1,8	12,2 ± 0,5	15,0 ± 0,7	0,9 ± 0,1
Sin eCG	18/20 (90,0%)	73,3 ± 1,8	13,5 ± 1,0	16,2 ± 0,7	0,7 ± 0,1

Las medias tendieron a diferir ( $P < 0,09$ ).

Fuente: Wiltbank, M. *et al.*, (2006).

En el presente experimento, eCG no aumentó el diámetro del folículo ovulatorio, según se reportó en determinados experimentos realizados en bovinos de carne (Maraña, M. *et al.*, 2006; Baruselli, P. *et al.*, 2004). Sin embargo, otro experimento que se realizó recientemente en Brasil reveló que los tratamientos con eCG producen niveles superiores de progesterona sérica en la fase luteal siguiente, lo que sugiere que eCG estimula el desarrollo de un CL más competente. Esto, a su vez, puede producir un incremento en la tasa de preñez (Souza, N. *et al.*, 2006), según mostramos en el caso de los bovinos de carne (Baruselli, P. *et al.*, 2004).

Aunque en este estudio en particular no se ha determinado la relación que existe entre la producción de leche y la emergencia de la onda, un experimento reciente realizado en Brasil mostró una correlación negativa significativa ( $r = -0,40$ ;  $P < 0,05$ ), entre la producción de leche y el intervalo hasta la emergencia de la onda después del tratamiento con ODB (Souza, N. *et al.*, 2007). Las vacas con mayor producción de leche ( $>35$  kg/día), poseen una emergencia más temprana ( $P < 0,05$ ), de la onda folicular ( $3,5 \pm 0,2$  días), que las que poseen una producción menor ( $<25$  kg/día;  $4,6 \pm 0,3$  días). Las vacas que producen entre 25 y 35 kg/día poseen un intervalo intermedio hasta la emergencia folicular ( $4,0 \pm 0,2$ ), que no difirió de los otros grupos. Estos datos sugieren que el nivel de producción de leche afecta el tiempo de la emergencia folicular en vacas Holstein en lactancia tratadas con EB. Se deben realizar estudios en el futuro para evaluar la dosis de EB más adecuada para las vacas que producen más de 35 kg de leche por día.

En el Experimento 2, se utilizaron 394 vacas Holstein que tenían  $61,7 \pm 13,6$  d posparto (rango entre 35 y 94 d), con una producción de leche de  $30,7 \pm 6,8$  kg por día (rango entre 12,0 y 52,4 kg), y BCS entre 2,5 y 3,5 de 5. Las vacas se agruparon por días de posparto y se asignaron de manera aleatoria a los mismos cuatro grupos de tratamiento que en el Experimento 1. En este experimento, se obtuvieron muestras de sangre entre los Días -10 y 0 para determinar las concentraciones de progesterona en plasma; el 93 % de las vacas tenían  $>1$  mg/mL de progesterona en al menos una muestra, lo que indica una tasa elevada de ciclicidad. Las vacas fueron examinadas mediante palpación rectal 50 d después de la IATF para determinar la condición de preñez y los datos se

analizaron mediante regresión logística. Las tasas de preñez no estuvieron afectadas por BCS, días de posparto, ni por producción de leche ( $P > 0,5$ ). Sin embargo, hubo una interacción con eCG ( $P < 0,05$ ), que se le atribuyó a una tasa de preñez superior en el grupo P4+EB+eCG (44/98; 44,9%), que en el grupo P4+EB (sin eCG; 30/100; 30,0%), y que en el grupo P4-Synch+eCG (30/98; 30,6%); el grupo P4-Synch (sin eCG), presentó una tasa de preñez intermedia que no difirió de los otros grupos de tratamiento.

El Experimento 3 se diseñó para comparar aún más los dos grupos del Experimento 2 que presentaban tasas de preñez superiores. Por lo tanto, se trataron 200 vacas Holstein en lactancia del mismo establecimiento con los protocolos P4+EB+eCG o P4-Synch (sin eCG), mediante la utilización de DIB o CIDR en un diseño factorial 2 x 2. Al igual que en el Experimento 2, las vacas fueron examinadas mediante palpación rectal 50 d después de la IATF para determinar la condición de preñez y los datos se analizaron mediante regresión logística. No se detectaron diferencias significativas ( $P = 0,40$ ), en las tasas de preñez entre las vacas tratadas con DIB (51/100; 51,0%), o CIDR (42/100; 42,0%). Sin embargo, existió una diferencia numérica ( $P = 0,18$ ) (aunque no significativa), en las tasas de preñez entre los grupos P4+EB+eCG (52/100; 52,0%), y P4-Synch (sin eCG; 41/100; 41,0%).

Dado que el tratamiento de presincronización mostró una mejora en las tasas de preñez de los protocolos Ovysynch (Moreira, F. *et al.*, 2001), se diseñó un cuarto experimento para comparar las tasas de preñez en las vacas tratadas con un programa de pre-synch con los tratamientos P4+EB+eCG y P4 Synch evaluados en los estudios anteriores (Veneranda, F. *et al.*, 2008). Se utilizaron quinientas vacas del mismo establecimiento que en los tres estudios anteriores. Las vacas tenían entre 30 y 51 d posparto (al momento de aplicar los tratamientos con PGF en los grupos de pre-synch), una producción de leche de  $29,5 \pm 7,0$  kg/día (rango de 13,0 hasta 46,0 kg), y BCS entre 2,5 y 3,5 de 5. Las vacas se agruparon por días de posparto y se asignaron a 5 grupos de tratamiento de manera aleatoria. A las vacas del grupo de Pre-Synch se les aplicó PGF 28 y 14 días antes de la inserción de un dispositivo DIB y de la administración de 50  $\mu$ g de Lecirelina

(GnRH) i.m. (Día 0). El Día 7, se retiraron los DIB y se les aplicó PGF. El Día 9, todas las vacas recibieron un segundo tratamiento con GnRH y se les realizó la IATF 16 h más tarde (60 h después de la remoción del dispositivo). Las vacas en el grupo Pre-Synch+P4 fueron tratadas de manera similar, con la excepción de que se les aplicó un DIB durante 7 d antes de la segunda inyección de PGF y no recibieron DIB en el momento de la primera GnRH.

Las vacas del grupo P4-Synch recibieron el mismo tratamiento que las del grupo Pre-synch pero no se les aplicaron las dos dosis de PGF 28 y 14 días antes. Las vacas de los dos últimos grupos recibieron un DIB y 2 mg de EB el Día 0. El Día 8, se retiraron los DIB y se les aplicó PGF y 400 UI eCG i.m. A las vacas del grupo P4+EB+eCG+EB se les aplicó 1 mg de EB el Día 9 mientras que a las del grupo P4+EB+eCG+GnRH se les aplicó GnRH el Día 10. Todas las vacas fueron inseminadas a tiempo fijo 60 h después de la remoción del dispositivo. Las vacas fueron examinadas mediante palpación rectal 50 d después de la IATF para determinar la condición de preñez y los datos se analizaron mediante regresión logística.

Los resultados de estos experimentos sugieren que la incorporación de eCG mejorará las tasas de preñez después de la IATF en vacas lecheras en lactancia. Cuando se consideran los tres experimentos juntos, las tasas de preñez fueron significativamente superiores ( $P < 0,008$ ), en las vacas tratadas con P4+EB+eCG (145/298; 48,7%), que en las vacas tratadas con P4-Synch (117/298; 39,3%). Por el contrario, eCG no mejoró las tasas de preñez en las vacas a las que se les aplicó GnRH en el momento de inserción del dispositivo de liberación de progesterona, lo que posiblemente se deba a las diferencias en la dinámica de las ondas foliculares entre las vacas tratadas con EB y las tratadas con GnRH. Se deben realizar más estudios para investigar el intervalo más adecuado entre la administración de GnRH y el tratamiento con eCG en vacas lecheras en lactancia. En estudios preliminares, el intervalo de 5 o 6 d entre GnRH y eCG podría ser más adecuado que el de 7 d para vacas lecheras en lactancia.

También se estudió el tratamiento de las vacas lecheras en lactancia con eCG junto con dispositivos de liberación de progesterona y EB en un sistema free stall

en Brasil, en establecimientos de parición estacional en Argentina y más recientemente en Nueva Zelanda. El objetivo del estudio realizado en Brasil era evaluar los efectos del eCG y del cipionato de estradiol (ECP), en el pico de LH y en la tasa de concepción en vacas Holstein de alta producción en las que se utilizan protocolos para IATF (Souza, N. *et al.*, 2007). Las vacas producían  $36,2 \pm 0,4$  kg/día y tenían  $151,6 \pm 3,5$  días en lactancia. Se utilizaron los mismos tratamientos hormonales en 22 rodeos lecheros (Free-stall). El Día 0, a todas las vacas se les aplicó 2 mg de ODB (Estrogin, Farmavet, Brasil), y un dispositivo de liberación de progesterona (CIDR, Pfizer Animal Health, Brasil). El Día 8, se retiró el CIDR y a todos los animales se les aplicó PGF (Lutalyse, Pfizer, Brasil). Las vacas se asignaron de manera aleatoria a 1 de 4 grupos de tratamiento. Grupo 1: eCG (400 UI; Folligon, Intervet, Brasil) + ECP (1 mg), el Día 8; Grupo 2: eCG el Día 8 + GnRH (Fertagyl, Intervet, Brasil), 48 h más tarde; Grupo 3: ECP (1 mg), el Día 8 y Grupo 4: GnRH 48 h más tarde. En la fase I (n=31), se examinó a las vacas por ecografía cada 12 h y se obtuvieron muestras de sangre cada 4 h a partir de 30 hasta 60 h luego de la remoción del CIDR. En la Fase II, se realizó un estudio de campo (n=782), con los mismos tratamientos hormonales. Se inseminó a todos los animales entre 56 y 58 h después de la remoción del CIDR.

El diagnóstico de preñez se realizó mediante ecografía entre 30 y 40 d después de la IATF. A pesar de la utilización de diferentes drogas para inducir la ovulación (ECP vs GnRH), al finalizar los tratamientos hormonales, no hubo diferencias en las características del pico de LH preovulatorio entre los grupos experimentales (media de  $43,5 \pm 1,5$  h luego de la remoción del CIDR). Sin embargo, como ya se explicó antes, las vacas tratadas con eCG tuvieron mayores niveles de progesterona en el ciclo estral subsiguiente a la sincronización e IATF.

Las tasas de preñez en Grupo 1 (29,1%), Grupo 3 (30,9%) y Grupo 4 (28,9%), no presentaron diferencias. Por otra parte, las vacas en el Grupo 2 presentaron tasas de preñez más altas (33,8%), que en el Grupo 4 ( $P=0,02$ ). Además, las diferencias en las tasas de preñez fueron más evidentes entre las vacas con un BCS más bajo ( $<2,75$ ), en las vacas tratadas con eCG (44,4%), las tasas fueron mayores que en las que no fueron tratadas con eCG (6,1%;  $P<0,05$ ). Por el

contrario, las tasas de preñez no difirieron en las vacas con BCS  $>2,75$  y tratadas (32,1%), o no tratadas (33,5%), con eCG. Estos resultados sugieren que eCG incrementa las tasas de preñez en las vacas de alta producción, especialmente en aquellas con BCS más bajo.

## **E. RESINCRONIZACIÓN DE CELOS Y OVULACIÓN**

Los sistemas agresivos de manejo reproductivo para vacas lecheras en lactancia constan de tres estrategias que se pueden implementar a comienzos del periodo de servicio: 1) someter a todas las vacas a la primera IA posparto al finalizar el periodo de espera voluntario, 2) identificar a las vacas no preñadas lo más pronto que sea posible, y 3) volver a preñar a las vacas abiertas lo más rápido que sea posible después de la última preñez. Es muy importante volver a preñar oportunamente a las vacas lecheras en lactancia que no conciben en la primera IA para mejorar el desempeño reproductivo de un rodeo determinado. Se han utilizado exitosamente dos enfoques para volver a inseminar a las vacas que están abiertas después de la primera IA. Uno de los enfoques aplicado frecuentemente en América del Norte consiste en la utilización de ultrasonografía para el diagnóstico temprano de la preñez y utilizar tratamientos del tipo Ovsynch que comienzan en ese momento o 7 d antes del diagnóstico con ultrasonografía (es decir, a todas las vacas se les administra GnRH 26 o 33 días después de la primera IA y a las vacas no preñadas se les aplica PGF 7 d después del diagnóstico de preñez, seguido de GnRH 48 h más tarde y IATF 12 a 16 h más tarde). El otro enfoque consiste en la utilización de un dispositivo de liberación de progesterona que se reinserta en todas las vacas  $13 \pm 1$  d después de la primera IA y se retira 7 u 8 d más tarde (Macmillan, K. *et al.*, 1999).

Generalmente, la inserción del dispositivo de liberación de progesterona se combina con la administración de 1 mg de EB en el momento de la inserción y 0,5 o 1 mg de EB 24 h después de la remoción del dispositivo (Burke *et al.*, 2000, Macmillan, K. *et al.*, 1999). Las vacas no preñadas muestran signos de celo dentro de las 48 a 72 h después de la remoción del dispositivo y se las insemina 12 h más tarde. Este enfoque demostró ser muy eficaz en los rodeos de parición

estacional en Australia, en los que las vacas fueron resincronizadas dos veces (es decir primer, segundo y tercer servicio). Más recientemente, hemos utilizado este protocolo para cinco ciclos consecutivos en rodeos de leche pastoriles en Argentina, con una tasa general de preñez del 30% por ciclo y se obtuvo una preñez del 80% a los 100 días en lactancia (Capitaine, F., *et al.*, 2007). En un estudio posterior, las vacas fueron resincronizadas por 3 ciclos consecutivos después de la primera IA con una tasa de preñez acumulativa del 84% después del cuarto servicio, la que fue significativamente superior que la de las vacas que fueron servidas nuevamente durante el mismo periodo pero en base a observaciones de celo en forma natural después de la primera IA. Con la utilización de estos protocolos en Australia, (Cavalier, J. *et al.* 2006) reportaron tasas de preñez del 41,6; 63,3 y 71,5%, respectivamente después del primer, segundo y tercer servicio en 3717 vacas de leche.

## F. MEJORANDO LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA

Según Milo, C. (2009). Esta tasa está bajo el control de factores tanto fisiológicos como de manejo. Como se demuestra en el cuadro 5, vacas lecheras de la raza Holstein mostraron signos de celo por un periodo sorprendentemente corto, solamente 7.3 horas en promedio. Las novillas mostraron signos de celo por un periodo más prolongado.

Cuadro 5. DIFERENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUAL EN NOVILLAS VÍRGENES Y VACAS EN LACTANCIA USANDO COMO MÉTODO DE DETECCIÓN EL HEAT WATCH.

	Novillas Virgenes		Vacas Multiparas en Lactancia	
	Holstein	Jersey	Holstein	Jersey
Nº de Animales	114	46	307	128
Duración del Estros, h	11.3 ± 6.9	13.9 ± 6.1	7.3 ± 7.2	7.8 ± 5.4
Nº de Montas por celo	18.8 ± 12.8	30.4 ± 17.3	7.2 ± 7.2	9.6 ± 7.4

Fuente: Nieto, H. (1993).

Para la raza Jersey la tendencia es similar, con 8 horas para vacas en lactancia y 12 horas para novillas. Es muy posible que la diferencia en la duración del celo

entre novillas y vacas se deba en principio a factores fisiológicos, aunque no hay que descartar el efecto del manejo. Por ejemplo, en vacas en lactancia, se requerirían por lo menos 3 observaciones diarias para detectar a la mayoría de las vacas promedio en celo. En contraste, para novillas la detección sería cada 12hs.

El momento en que las vacas entran y salen del estro está distribuida durante el día en forma aleatoria, por lo tanto el momento de las observaciones debe estar distribuido a lo largo de todo el día. Además, aparte de los factores fisiológicos que reducen la duración del celo y su demostración, hay también varios factores de manejo que pueden tanto aumentar como disminuir la tasa de servicio en un establecimiento lechero.

La variabilidad de las tasas de servicio entre establecimientos es tres veces mayor que la variabilidad que existe entre las granjas con respecto a los días abiertos ya que se debe a cambios en la TP/IA. Los factores que afectan la tasa de servicio son numerosos, por ejemplo: número de observaciones para detectar el celo por día, duración de la observación, superficie en la cual las vacas estaban durante la observación, la persona encargada de la observación, método usado para la detección y si se usaron métodos de sincronización (Milo, C. 2009).

## **G. USO DE PGF2A PARA MEJORAR LA TASA DE SERVICIO**

El más común de los programas hormonales usa Prostaglandina F2a (PGF2a). Los productores de leche pueden obtener a través de sus veterinarios diferentes marcas de PGF2a. Actualmente tanto Lutalyse (Farmacia-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 provocará 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.

## H. USO DE LA SINCRONIZACIÓN DE LA OVULACIÓN (OVSYNCH) PARA INCREMENTAR LA TASA DE PREÑEZ

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).

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. 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, Z. *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 PGF2a (-\$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 emplearan 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. Este 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-cíclicas como también en vacas con quistes ováricos. (Milo, C. 2009).

#### **I. PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DE ACUERDO A LOS GRUPOS GENÉTICOS EXPLOTADOS EN EL PROGRAMA LECHERO DE LA UNIDAD PRODUCTIVA TUNSHI-ESPOCH DURANTE EL PERIODO 2000-2004.**

Acurio, V. (2008), menciona que el Intervalo entre partos, está directamente relacionado con los días abiertos, presenta una considerable variabilidad dentro

de los diferentes grupos genéticos, así se presenta la mayor amplitud de intervalo entre partos, dentro del grupo genético  $\frac{3}{4}$ Holstein\* $\frac{1}{4}$ Jersey con 636.3 días y dentro del grupo genético  $\frac{1}{2}$ Brown Swiss\* $\frac{1}{2}$ Jersey el intervalo entre partos es menor con 360.8 días. De acuerdo a estos resultados el último se acerca al intervalo óptimo de acuerdo a los recomendados por Moreno, A. (2005), quien manifiesta que los partos proporcionan el estímulo hormonal para producción de leche, intervalos cortos entre partos, propician una mayor producción de leche. En general recomienda tener un intervalo de 12 meses entre partos para alcanzar una mayor producción lechera durante la vida productiva de la vaca. Así también está de acuerdo a lo expuesto por Such, X. (1996), quién afirma que el intervalo teórico entre partos debe ser de 365 días. Loayza, F. (1992), menciona que este parámetro se esperaría entre 12 y 13 meses. Por su parte Hafez, J. (1989), indica que entre las metas de manejo reproductivo de bovinos de leche, el intervalo entre partos debe ser menor de 380 días (12,66 meses), un intervalo bueno está entre 371 a 390 días, un intervalo regular se encuentra de 391 a 400 días, y un intervalo considerado malo es superior a 400 días, por lo que de acuerdo a esta escala dentro del grupo genético  $\frac{1}{2}$ Brown Swiss\* $\frac{1}{2}$ Jersey, el intervalo entre partos es considerado excelente.

El Intervalo entre parto-primer servicio según Acurio, V. (2008), señala que entre parto-primer servicio, presenta alta variabilidad dentro de los diferentes grupos genéticos, así dentro del grupo genético  $\frac{3}{4}$ Holstein\* $\frac{1}{4}$ Jersey se presenta mayor amplitud de intervalo entre parto-primer servicio con 487.3 días, y dentro del grupo genético  $\frac{1}{2}$ Brown Swiss\* $\frac{1}{2}$ Jersey el intervalo entre parto-primer servicio es menor con 73.4 días tiempo en el cual han transcurrido aproximadamente dos ciclos estrales.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las variables anteriores se debe señalar que el intervalo parto – primer servicio está afectando directamente al intervalo entre partos y días abiertos, consecuentemente afecta a la eficiencia reproductiva del hato, lo que posiblemente se debe a un inadecuado sistema de detección de celos en las vacas, para efectivizar el primer servicio luego de cada parto, durante el periodo evaluado. La Eficiencia reproductiva citada por Acurio, V. (2008), en los diferentes grupos genéticos, es irregular, en la Holstein Alta Cruza,

$\frac{3}{4}$ Holstein\* $\frac{1}{4}$ Jersey,  $\frac{1}{2}$ Holstein\* $\frac{1}{2}$  Jersey,  $\frac{1}{2}$ Holstein\* $\frac{1}{2}$ Brown Swiss y  $\frac{1}{2}$ Brown Swiss\* $\frac{1}{2}$  Jersey, la eficiencia es -216.3, -752.8, -188.6, -98.8 y 4.8 puntos, respectivamente, lo que está directamente relacionado con la cantidad de días abiertos, que en el Programa Lechero de la Unidad Productiva Tunshi-ESPOCH son muy prolongados debido a deficiencias en el manejo reproductivo y específicamente al sistema de detección de estros.

#### **J. COMPARACIÓN DE DOS TIEMPOS DE INSEMINACIÓN 66 Y 54 HORAS EN LA SINCRONIZACIÓN DEL CELO EN VACAS HOLSTEIN MESTIZAS UTILIZANDO EL MÉTODO OV SYNCH EN EL CANTÓN CHAMBO.**

Bautista, E. (2008), reporta que el efecto del método Ovsynch, como un producto para sincronizar celos, indujo al estro a 9 hembras bovinas que corresponde al 75 % del total de animales, de las cuales el 83.33% corresponded al T1 (5 vacas) y 4 vacas o 66.67 % al T2, cuyos estros se identificaron por los síntomas característicos como: nerviosismo, falta de apetito, inquietud, presencia de mucosa cristalino vulvar, se montan entre vacas. Y 3 vacas no presentaron celo, sin embargo de ello se puede manifestar que, como el método indica que se puede brindar servicio con o sin la presencia de celos, esta práctica se realizó independientemente de esta característica sintomática reporta el mencionado autor. De esta manera reporta que esta característica se debe a que las PGF2 $\alpha$  destruyen el cuerpo lúteo, y estimula la producción de E2, consecuentemente la P4 es inhibida, al aplicar la GnRH, estimula la liberación de la FSH la misma que permite la liberación del oosito primario haciendo que este se desarrolle y finalmente se presente el Estro, para que las hembras sean servidas; luego de lo cual se aplica la GnRH que estimula la secreción de LH haciendo que el cuerpo lúteo se desarrolle y produzca P4 con la finalidad de que el óvulo fecundado permanezca por período que dura la gestación.

#### IV. CONCLUSIONES

- La necesidad de reducir las deficiencias en la detección de celo han llevado a diseñar protocolos de Inseminación a Tiempo Fijo y aún cuando pueden existir variabilidad de resultados, es claro que se puede contar con una alternativa para contribuir a disminuir las deficiencias reproductivas. En nuestras condiciones, si bien los costos de administración de protocolos de IA a tiempo fijo pueden parecer elevados, las deficiencias en la detección de celos es un problema importante y que puede afectar la productividad de un establecimiento.
- La economía mundial requiere de prácticas de manejo eficaces para mejorar la rentabilidad de los establecimientos de producción de leche. La eficacia reproductiva óptima es crucial para incrementar los rendimientos netos. Es muy importante utilizar tecnologías reproductivas. Sin embargo, la variabilidad de las respuestas a los tratamientos tradicionales y el tiempo y esfuerzo que se requieren para realizar la detección del celo han afectado al rendimiento reproductivo de los rodeos lecheros.
- La utilización y reutilización de hormonas intervienen en procesos reproductivos mejoran los índices de fertilidad según menciona Bautista, E, (2008) y Betún, F. 2004. De esta manera solucionando los problemas de fertilidad que no únicamente están relacionados con problemas patológicos sino por el desorden hormonal ósea una alta producción de P4, E2.

## V. RECOMENDACIONES

- a. Utilizar los paquetes tecnológicos que son socializados a nivel mundial los cuales son parte de la solución de las ganaderías de nuestro medio de esta manera mejorar los índices reproductivos.
- b. Utilizar los tratamientos más eficientes que se han encontrado en las diferentes investigaciones realizadas en dos diferentes países del mundo.
- c. Utilizar tratamientos de inseminación artificial a tiempo fijo cuando se diagnostica problemas de desorden hormonal previo un diagnóstico técnico de un profesional competitivo.

## VI. LITERATURA CITADA

1. ACURIO, V. 2008. Determinación de parámetros reproductivos y productivos del programa lechero de la unidad productiva de Tunshi de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, durante el periodo 2000 -2004. Tesis de Grado. Riobamba – Ecuador. pp 52,53.
2. AREVALO, F. 1999. Módulo de bovinos de leche. EIZ – FCP – ESPOCH. pp 32-35.
3. BAUTISTA, E. 2008. Comparación de dos tiempos de inseminación 66 y 54 horas en la sincronización del celo en vacas holstein mestizas utilizando el método OV SYNCH en el cantón chambo. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería Zootécnica, Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador. pp. 45-48.
4. BETÚN, S. 2004. Comparación de dos diferentes días (7-14) del desarrollo del cuerpo lúteo en la inducción al estro con el método ovsynch en vacas holstein mestizas. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería Zootécnica, Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador. pp 41,42.
5. BARUSELLI, P. *et al.*, 2004. Efecto de la suplementación mineral sobre el status mineral, parámetros productivos y reproductivos en bovinos a pastoreo. Arch. Latinoam. Prod. Anim. pp. 245-247.
6. BURKE CR., DAY ML, BUNT C.R, MACMILLAN KL. Use of a small dose of estradiol benzoate during diestrus to synchronize development of the ovulatory follicle in cattle. J Anim Sci 78, 145- 151, 2000. pp. 78,145,151.
7. CAVALIERI J, HEPWORTH G, FITZPATRICK LA, SHEPARD RW, MACMILLAN KL. Manipulation and control of the estrous cycle in pasture-based dairy cows. Theriogenology 65, 45-64, 2006. pp. 65,45,64

8. CAPITAINE FUNES A., MARTINO F, OYARZABAL MI, Bó GA. Reproductive performance of pasture-based dairy cows treated with two estrus synchronization programs. *Theriogenology*, Submitted 2007. p. 80.
9. CONDO, L. 1999. Determinación del estado fisiológico de los ovarios en bovinos primíparas y multíparas en Calci, Quimiag, Chambo y Tunshi. Tesis de grado. Escuela de Ingeniería Zootécnica – Facultad de Ciencias Pecuarias – Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. pp. 27, 28.
10. COPYRIGHT, W. 2003. Estrategias de sincronización de celos.
11. 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.
12. GUILLEN. N. 1988. Producción de ganado de leche. p. 52.
13. HUANCA, L. 2001. Inseminación Artificial en vacas lecheras a tiempo fijo. *Rev Inv Vet Perú* 2001; 12(2): pp 161-163.
14. HERNANDEZ, J. 2000. Sincronización de celo en ganado lechero.
15. HAFEZ, J. 1989. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. sn. México, México. . Edit. Internacionall. p 210.
16. LOAYSA, F. 1992. Guía de manejo de Ganado de Leche. INIAP. Manual 18. sn. Guayaquil, Ecuador. se. pp 103, 105, 109, 122.
17. LÓPEZ, H. 2011. Nuevas estrategias para obtener la eficiencia reproductiva del hato lechero. Asesor Servicios Técnicos ABS-GLOBAL. p. 125.

18. MACMILLAN, K.L., COLSON, D.D., EAGLES, V.M. Modifications to improve whole herd synchrony programs in seasonal dairy herds. Proc Australian Assoc of Cattle Vet 1999; pp.121-129.
19. MILO, C. 2009. Modifications to improve whole herd synchrony programs in seasonal dairy herds. Proc Australian Assoc of Cattle. pp. 99-101.
20. MAPLETOFT, R.; M. MARTÍNEZ; G.P. ADAMS; J. KASTELIC. 2001. Inseminación artificial a tiempo fijo en ganado Bos taurus. Proc. 4º Simposio Internacional de Reprod. Animal-Córdoba – Argentina. pp. 21-23.
21. MARAÑA, M. *et al.* 2006. Mejorando la eficiencia reproductiva. SELECT – SIRE. Instituto Babcock. Universidad de Winsconsi. Estados Unidos. pp. 63,64.
22. MORENO, A. 2005. Evaluación Técnica y Económica de la Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. sn. Lima, Perú. Se. p 99.
23. MOREIRA F, ORLANDI C, RISCO CA, MATTOS R, LOPES F, THATCHER WW. 2001. Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. J Dairy Sci 84. pp. 46-59
24. NIETO, H. 1993. El Control de la Producción. (Parte II). sn. México, México. se. p 41.
25. PTASZYNKA, M. 2010. Manejo terapéutico del estrés calórico con relación a la fertilidad de vacas lecheras. Internet Internacional BV. pp. 40.
26. PÉREZ, A. 1996. Mejoramiento Genético de un hato lechero en Mexicali. sn. México, México. se. pp 87, 88, 89, 90.

27. PURSLEY. JR, KOSOROK MR, WILTBANK MC. Reproductive management of lactating dairy cows using synchronized ovulation. *J Dairy Sci.* 1995. 1997, 2001. pp. 80, 301-306.
28. RISCO, C. (2011). Eficiencia reproductiva. Editores Agropecuarios. sn. México, México. p. 417.
29. RISCO, C. 2000. Alimentación para reproducción. Editores Agropecuarios. sn. México, México. se. pp 417.
30. ROGAN D, MARTINEZ MF, BÓ GA, CHESTA P, FERESIN F, MAPLETOFT RJ. Progesterone release patterns from Cue-Mate in comparison to other intravaginal progesterone-releasing devices in lactating dairy cows. *Reproduction Fertility and Development*, 2007. pp.19, 126-127.
31. STEVENSON JS, PURSLEY JR, GARVERICK HA, FRICKE PM, KESLER DJ, OTTOBRE JS, WILTBANK MC. Treatment of cycling and noncycling lactating dairy cows with progesterone during Ovsynch. *J Dairy Sci*, 2567-2578, 2006. p. 89.
32. SELECT. SIRE. 2010. Programa de sincronización de celos en ganado bovino. p. 35.
33. SOUZA, N. *et al.*, 1996. La Curva de Lactación. Producción vacuna de Leche y Carne. Edit. Mundi Prensa. se. Madrid, España. se. p 78.
34. TOBON, J. 1999. Metodología para el Monitoreo y Análisis Económico de una empresa ganadera. sn. Barcelona, España. se. pp 85, 88.
35. UNGERFELD, R. 2002, Reproducción en Animales Domésticos, sn, Montevideo-Uruguay, Tomo I, II, Edit. Melibea, pp. 57 – 347.
36. VARGAS, J. 2003. Fases del ciclo estral. p. 14.

37. VASCONCELOS, FILIPPI L, RACCA D, ROMERO G, BALLA E, CUTAIA L, BÒ GA. Pregnancy rates in dairy cows treated with intravaginal progesterone devices and different fixed-time AI protocols. *Reprod, Fertil Dev* 2006. pp. 18.
38. VENERANDA, G., FILIPPI, L., RACCA, D., CUTAIA, L., BÒ, G.A. 2008 Pregnancy rates in dairy cows treated with intravaginal progesterone devices and GnRH or estradiol benzoate and eCG. *Reprod. Fertil. Dev.* 20. p. 91.
39. WEISBACH, L. 2000. Estructuras ováricas. pp. 87,88,89.
40. WILTBANK M, LOPEZ H, SARTORI R, SANGSRITAVONG S, GUMEN A. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* 65, 2002 - 2006. pp. 17-29.