



# **UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EFFECTO DEL NÚMERO DE LACTANCIA Y PRODUCCIÓN SOBRE LA TASA DE  
GESTACIÓN A PRIMER SERVICIO IMPLEMENTANDO EL PROTOCOLO DOBLE-  
OVSYNCH.**

**TESIS QUE PRESENTA**

**ALBERTO MEDINA SANCÉN**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**ASESOR:**

**Dr. José Herrera Camacho**

**Morelia, Michoacán. Enero 2011.**



# **UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EFFECTO DEL NÚMERO DE LACTANCIA Y PRODUCCIÓN SOBRE LA TASA DE  
GESTACIÓN A PRIMER SERVICIO IMPLEMENTANDO EL PROTOCOLO DOBLE-  
OVSYNCH.**

**TESIS QUE PRESENTA**

**ALBERTO MEDINA SANCÉN**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**Morelia, Michoacán. Enero 2011.**

**Autorización de encuadernación del asesor (ver anexos) una vez que se imprima para encuadernado se cambiara por el “Dictamen” (El departamento se lo proporciona).**

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

### **A mis padres.**

Jamás terminare de agradecer y admirar la fortaleza, esfuerzo y amor que me han brindado, lo cual se refleja en la conclusión de mi licenciatura con el presente trabajo, por lo que no me bastara la vida para intentar corresponder a lo proporcionado.

### **A mis hermanos.**

Agradezco su aceptación por lo que soy, el apoyo brindado, el cariño, el respeto, consejos y el amor de hermanos que me han demostrado.

### **A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.**

Por permitirme y brindarme los medios para dar un paso más en mi pasaje profesional, agradezco también el esfuerzo y preocupación que ha demostrado por formar dentro de sus facultades profesionistas capaces.

### **A mi asesor.**

Por aceptar mi petición, apoyarme y asesorarme en el presente trabajo, pero sobre todo agradezco su confianza.

### **A los Sinodales.**

Por corresponder a mi petición, además de su tiempo y aportaciones realizadas.

### **A los colegas.**

Dentro de este grupo hago referencia a las personas que directa e indirectamente han influido en mi preparación profesional, particularmente quiero mencionar al MVZ Gildardo Hernández Castelan.

### **A la empresa GAMA DE IRAPUATO S.P.R DE R.L.**

Agradezco la oportunidad y facilidades que me fueron proporcionadas durante mi estancia realizada en el programa “Estancias Estudiantiles Nacionales de Interés Especial” del Fideicomiso Instituido en Relación con la Agricultura (FIRA), periodo durante el cual se realizo el estudio.

## **DEDICATORIA**

### **A mi madre.**

Especialmente a mi madre que se ha transformado en la luz de mi mente y esperanza.

# ÍNDICE.

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
II.1 APARATO REPRODUCTOR FEMENINO.....	3
II.2 ENDOCRINOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN.....	4
II.2.1 HORMONAS HIPOTALAMICAS LIBERADORAS/INHIBIDORAS.....	5
II.2.2 HORMONAS HIPOFISIARIAS.....	6
II.2.3 HORMONAS ESTEROIDES GONADALES.....	7
II.3 FISIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN.....	9
II.3.1 CICLO ESTRAL DE LA VACA.....	9
II.3.2 CAMBIOS OVARICOS Y HORMONALES EN UN CICLO TIPICO DE 21 DÍAS EN EL QUE NO HUBO GESTACIÓN.....	10
II.4 DINAMICA FOLICULAR.....	12
II.4.1 Foliculogénesis inicial.....	13
II.4.2 Foliculogénesis dependiente de gonadotropinas.....	14
II.4.3 Ovulación.....	17
II.5 SINCRONIZACIÓN DEL CICLO ESTRAL.....	17
II.5.1 Prostaglandinas.....	19
II.5.2 Progestágenos.....	22
II.6 SINCRONIZACIÓN DEL DESARROLLO FOLICULAR.....	24
II.6.1 PROTOCOLOS OVSYNCH (GnRH + PGF <sub>2</sub> α).....	25
II.6.1.1 Ovsynch (48).....	25
II.6.1.2 Ovsynch (56).....	25
II.6.1.3 Pre Synch – Ovsynch.....	26
II.6.1.4 Doble – Ovsynch.....	27
II.6.1.5 Cosynch (48).....	28
II.6.1.6 Cosynch (72).....	28
II.6.1.7 Resynch.....	29
II.6.1.8 Resynch – 7.....	30
II.6.1.9 Select – Synch.....	30

II.6.2 PROTOCOLOS CIDR (dispositivo con P4 y estradiol).....	31
II.6.2.1 CIDR (Controlled Internal Release).....	31
II.6.2.1.1 CIDR (5).....	32
II.6.2.1.2 CIDR (6).....	32
II.6.2.1.3 CIDR (7).....	33
II.6.2.2 CIDR + Benzoato de estradiol (EB).....	33
II.6.2.3 EB + CIDR + GnRH.....	34
II.6.2.4 EB + eCG + CIDR.....	35
II.6.2.5 Ovsynch + CIDR.....	35
II.6.2.6 Heat – Synch.....	36
III. MATERIAL Y METODOS.....	37
III.1 LOCALIZACIÓN.....	37
III.2 ANIMALES.....	37
III.3 TRATAMIENTO DOBLE OVSYNCH E IATF.....	38
III.4 DIAGNOSTICO DE GESTACIÓN.....	38
III.5 ANALISIS ESTADISTICO.....	38
IV. RESULTADOS.....	39
V. DISCUSIÓN.....	40
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. BIBLIOGRAFIA.....	46

## ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Hormonas reproductivas secretadas por la hipófisis.....	7
Cuadro 2. Hormonas secretadas por órganos reproductores femeninos.....	8
Cuadro 3. Fases del ciclo estral.....	10
Cuadro 4. Porcentaje de gestación por lactancia.....	39
Cuadro 5. Porcentaje de gestación por nivel de producción.....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Aparato reproductor del bovino.....	3
Figura 2. Eje hipotálamo – hipófisis – gónada.....	5
Figura 3. Variaciones en las concentraciones de las principales hormonas que regulan el ciclo estral.....	12
Figura 4. Dinámica folicular.....	15
Figura 5. Regulación endocrina de las oleadas de crecimiento folicular.....	16
Figura 6. Ovulación.....	17
Figura 7. Comparación del número de oportunidades para quedar gestante entre una vaca con estro no sincronizado y una con estro sincronizado, durante una estación reproductiva de 66 días.....	18
Figura 8. Crecimiento y regresión normales del CL en el ciclo estral junto con los cambios en la concentración de progesterona.....	20
Figura 9. Tres oleadas foliculares del ciclo estral, crecimiento y regresión del CL y cambios en progesterona.....	23
Figura 10. Protocolo Ovsynch-48.....	25
Figura 11. Protocolo Ovsynch-56.....	26
Figura 12. Protocolo Pre Synch-Ovsynch.....	26
Figura 13. Protocolo Doble-Ovsynch.....	27
Figura 14. Protocolo Cosynch-48.....	28
Figura 15. Protocolo Cosynch-72.....	28
Figura 16. Protocolo Resynch.....	29
Figura 17. Protocolo Resynch-7.....	30
Figura 18. Protocolo Select-Synch.....	31
Figura 19. Protocolo CIDR 5.....	32
Figura 20. Protocolo CIDR-6.....	32
Figura 21. Protocolo CIDR-7.....	33
Figura 22. Protocolo CIDR + EB.....	34

Figura 23. Protocolo EB + CIDR + GnRH.....	34
Figura 24. Protocolo EB + ecg + CIDR.....	35
Figura 25. Protocolo Ovsynch + CIDR.....	36
Figura 26. Protocolo Heat – Synch.....	36

## **RESUMEN.**

EFFECTO DEL NÚMERO DE LACTANCIA Y PRODUCCIÓN SOBRE LA TASA DE GESTACIÓN A PRIMER SERVICIO IMPLEMENTANDO EL PROTOCOLO DOBLE-OVSYNCH.

P.M.V.Z. Alberto Medina Sancén, Dr. José Herrera Camacho.

El trabajo se realizó en una ganadería lechera en sistema de producción intensivo ubicada en el municipio de Abasolo, Guanajuato, México en la región del bajo. El objetivo fue evaluar el efecto del número de lactancia y nivel de producción sobre la tasa de gestación a primer servicio implementando el protocolo de sincronización para la inseminación artificial a tiempo fijo "Doble-Ovsynch". Se utilizaron 202 vacas multíparas Holstein Friesian en anestro posparto de 35 a 41 días, las cuales fueron agrupadas en base al número de lactancia en 5 grupos y en su nivel de producción diaria de leche (Kg/día) en 3 grupos, esta última clasificación se realizó en base a la producción del hato. La totalidad de las vacas se sometieron al tratamiento el cual consistió en una combinación de GnRH y PGF2 $\alpha$  sintéticas, concluyendo con la IA el día 27. El diagnóstico de gestación fue determinado mediante el método de palpación rectal 40 – 45 días pos-servicio. Las variables se analizaron por medio de la prueba de Chi cuadrada. Resultados. La tasa de gestación general del grupo de 202 vacas fue de 19.80%. En base al número de lactancia; 1<sup>ra</sup> lactancia 18 de 84 vacas resultaron gestantes, 2<sup>da</sup> lactancia 12 de 59, 3<sup>ra</sup> lactancia 8 de 32, 4<sup>ta</sup> 1 de 13 y más de 4 lactancias 1 de 14 resultó gestante. En relación al nivel de producción; altas productoras 35 de 180 resultaron gestantes, medias productoras 4 de 17 y bajas productoras 1 de 5 resultó gestante.

**Palabras clave:** bovinos, sincronización, doble-ovsynch, inseminación artificial a tiempo fijo, tasa de gestación.

## I. INTRODUCCIÓN.

Con los acuerdos comerciales, crecimiento demográfico acelerado y todo lo que conlleva el fenómeno de la globalización, a nivel mundial se vuelve necesario optimizar la producción de leche, de tal manera que se pueda satisfacer la demanda requerida de proteína animal por la sociedad, esto por su puesto a bajos costos de producción de tal manera que se convierta en una actividad rentable.

Hoy en día la rentabilidad de una explotación de ganado lechero en sistema intensivo se basa en la eficiencia del sistema productivo, el cual depende de varios factores los cuales están íntimamente ligados, como es la nutrición, sanidad, genética, reproducción, etc. (Galina, 2006).

El proceso reproductivo es el de mayor influencia en la economía del hato lechero, lo que hace necesario mantener una eficiencia óptima, que dé por resultado una producción estable. Se ha visto que el servicio de atención a casos particulares no logro mantener esta eficiencia. Lo anterior obliga a manejar la reproducción del hato en función de programas coordinados para mejorar la fertilidad y eficiencia reproductiva de las unidades de producción (Fernández, 2000).

Hoy en día los esquemas que se han desarrollado para sincronizar el estro no solo buscan una presentación concentrada del mismo, sino aumentar la fertilidad por medio de la sincronización del desarrollo folicular (Hafez, 2002).

Dadas las características y tendencias del manejo de las unidades de producción lecheras es indispensable considerar la integración de programas de sincronización, en donde se contemple primero un esquema que se pueda adaptar a las condiciones particulares de cada unidad y segundo que cubra a nivel de hato todos los aspectos que intervienen en el proceso reproductivo (Fernández, 2000).

Por lo que hoy en día, la variada gama de productos hormonales combinados en un protocolo son una herramienta para lograr la eficiencia y rentabilidad de los establos de ganado lechero en sistemas intensivos de producción.

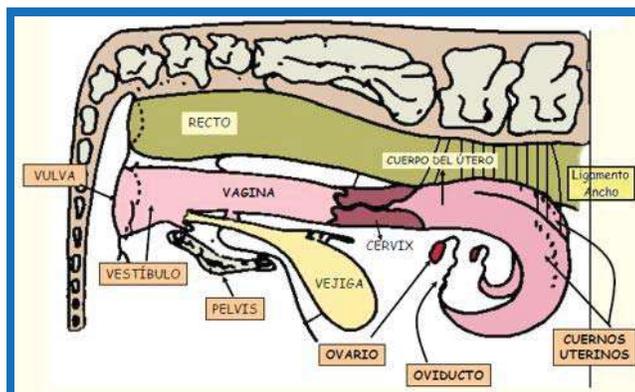
## II. REVISION DE LITERATURA

### II.1 APARATO REPRODUCTOR FEMENINO.

La importancia de conocer la Anatomía y Fisiología del aparato reproductor de la vaca, así como el significado de su actividad sexual, es indispensable para realizar un manejo reproductivo adecuado, de tal manera que nos permita aprovechar el potencial reproductivo de la vaca, lo cual influye de manera decisiva en el éxito del sistema productivo (Unión ganadera regional de Jalisco, 2010).

El aparato reproductor de la vaca está conformado por genitales internos y externos. Dentro de los primeros se encuentran los ovarios (izquierdo y derecho), oviducto o trompas de Falopio (dividido en: infundíbulo, ampulla e istmo), útero (2 cuernos y un cuerpo), cuello uterino (cérvix) y vagina, el primero de los cuatro componentes se encuentra sostenido por el ligamento ancho, el cual consta del mesoovario que sostiene al ovario; el mesosálpix, que sostiene al oviducto; y el mesometrio que sostiene al útero. Los genitales externos están integrados por el vestíbulo, labios mayores y menores, clítoris y las glándulas vestibulares (Hafez, 2002).

Figura 1. Aparato reproductor del bovino. Adaptado de Unión ganadera regional de Jalisco, 2010).



## II.2 ENDOCRINOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN.

La endocrinología es la ciencia que se encarga del estudio de las hormonas y sus efectos (Galina, 2006).

La regulación de la actividad sexual está representada en el organismo por el sistema hipotálamo – hipófisis – ovario, órganos reproductivos que aseguran el ritmo de la reproducción (Hafez, 2002).

Las hormonas son reguladores biológicos, producidos y secretados en cantidades muy pequeñas por células vivas, y que después de ser transportadas en la circulación actúan sobre células blanco, en donde ejercen una acción específica. Es importante tomar en cuenta que las hormonas solamente regulan estimulando o inhibiendo funciones que ya existen dentro de la célula blanco.

El sistema endocrino es un sistema de comunicación que tiene por objeto mantener la homeóstasis del organismo, promover su desarrollo, crecimiento y reproducción, y permitir su adaptación a los cambios en el entorno.

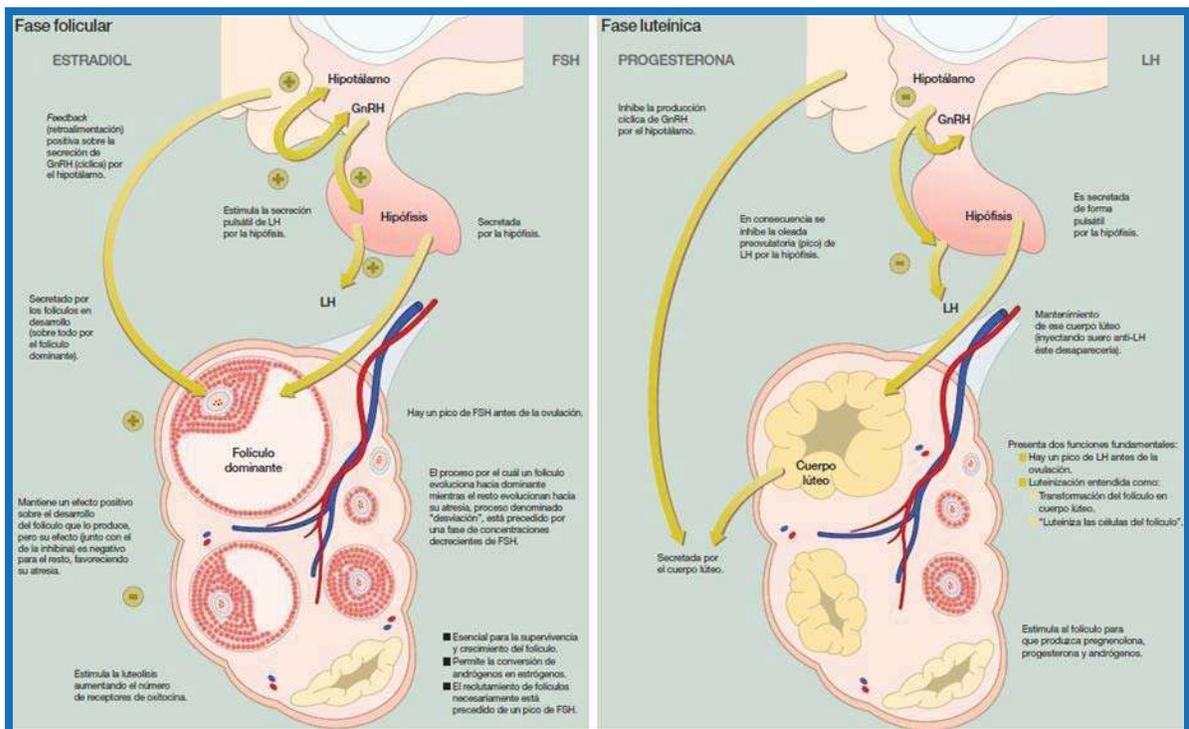
En todo sistema de comunicación existe una serie de elementos necesarios para que dicha comunicación se lleve a cabo en forma efectiva. Estos elementos incluyen al emisor, el mensaje, la señal, el medio de transporte de la señal, el receptor, el efector, la respuesta y la retroalimentación.

Los procesos endocrinos de un organismo no pueden estar disociados de lo que ocurre en el resto del organismo ni de los cambios en el entorno. Por esta razón, el sistema endocrino y el sistema nervioso se comunican entre sí, formando en su conjunto el sistema neuroendocrino (Galina, 2006).

Las hormonas están clasificadas en primarias (reguladores de los diversos procesos reproductivos) y secundarias o metabólicas las cuales influyen de manera indirecta en la reproducción.

Las hormonas reproductivas se derivan de 4 sistemas u órganos principales: varias áreas del hipotálamo, lóbulo anterior y posterior de la hipófisis, gónadas (testículos y ovario, incluido su tejido intersticial y cuerpo amarillo), el útero y la placenta (Hafez, 2002).

Figura 2. Eje hipotálamo – hipófisis – gónada (Fernández, 2001).



### II.2.1 HORMONAS HIPOTALÁMICAS LIBERADORAS/INHIBIDORAS.

El hipotálamo es el órgano central del sistema neuroendocrino, localizado en la región del tercer ventrículo, que se extiende desde el quiasma óptico hasta los cuerpos mamilares. Tiene conexión neural con el lóbulo posterior de la hipófisis a través del tracto hipotalámico – hipofisario y conexiones vasculares con el lóbulo anterior de la hipófisis (Hafez, 2002).

Entre las neurohormonas hipotalámicas más importantes para la reproducción se encuentra la Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH), la Dopamina, la Hormona Liberadora de Corticotropina (CRH), las cuales llegan a la adenohipófisis por medio del sistema porta hipotálamo – hipofisiario. Adicionalmente se secreta la Oxitocina, sin embargo, al igual que la Vasopresina, no son liberadas en la eminencia media, sino que los axones de las neuronas que las producen se prolongan hasta la neurohipófisis en donde son liberadas a la circulación general (Galina, 2006).

El GnRH, controla la liberación de las gonadotropinas hipofisarias: Hormona Folículo Estimulante (FSH) y Hormona Luteinizante (LH), su secreción es en forma pulsátil y su frecuencia depende de factores como: época del año, etapa del ciclo estral, edad, estado nutricional, entre otros, culminando en un mayor o menor desarrollo folicular, adicionalmente, en forma cíclica es secretado un pico preovulatorio el cual es inducido por los estrógenos provenientes de folículos maduros concluyendo en la secreción de un pico preovulatorio de LH (Galina, 2006).

## II.2.2 HORMONAS HIPOFISIARIAS.

La hipófisis se localiza en la silla turca, una depresión ósea en la base del cerebro, esta glándula se subdivide en tres partes anatómicas: lóbulos anterior, intermedio y posterior (Frandsen, 1984).

### *Hormonas adenohipofisarias.*

Este lóbulo anterior de la hipófisis secreta tres hormonas gonadotrópicas: FSH, LH y Prolactina (PRL) entre otras (Hafez, 2002).

### *Hormonas neurohipofisarias.*

Las hormonas de este lóbulo posterior difieren de las otras hormonas hipofisarias en que ellas no se originan en esta glándula, si no que únicamente se almacenan ahí hasta que se necesitan. La oxitocina (hormona para la secreción de la leche) y

vasopresina (hormona antidiurética o ADH), se producen en el hipotálamo de donde son transferidas a esta estructura de la hipófisis, a través de los axones del sistema nervioso (Hafez, 2002).

Cuadro 1. Hormonas reproductivas secretadas por la hipófisis.

Hormona	Origen	Estructura	Función principal
<b>FSH</b>	Glucoproteína	Gonadotropos en el lóbulo anterior.	Estimula el crecimiento folicular en la hembra.
<b>LH</b>	Glucoproteína	Gonadotropos en el lóbulo anterior.	Estimula la ovulación y luteinización de folículos ováricos (cuerpo amarillo) en la hembra.
<b>PRL</b>	Proteína	Mamatropos en el lóbulo anterior.	Promueve la lactancia y la conducta maternal.
<b>Oxitocina</b>	Proteína	Almacenada en el lóbulo posterior de la hipófisis.	Estimula las contracciones de un útero preñado, causa la expulsión de la leche.

(Hafez, 2002).

### II.2.3 HORMONAS ESTEROIDES GONADALES.

Los ovarios y los testículos secretan primordialmente hormonas esteroides gonadales. También los órganos no gonadales como las glándulas suprarrenales y la placenta, secretan hormonas esteroides en cierta medida.

Estas son de cuatro tipos: andrógenos, estrógenos, progestinas y relaxina. Los ovarios producen dos hormonas esteroides: estradiol y progesterona, y una hormona proteica la relaxina (Hafez, 2002).

Cuadro 2. Hormonas secretadas por órganos reproductores femeninos.

Hormonas	Estructura y origen	Funciones principales
<b>Estrógeno</b>	Esteroides de 18 carbonos, secretado por la teca interna del folículo ovárico.	Promueve el comportamiento sexual; estimula el desarrollo de características sexuales secundarias, efectos anabólicos.
<b>Progesterona (P4)</b>	Esteroides de 21 carbonos, secretada por el cuerpo amarillo.	Actúa sinérgicamente con el estrógeno para promover el comportamiento estral y preparar el aparato reproductivo para la implantación.
<b>Relaxina</b>	Hormona polipeptídica con subunidades alfa y beta, secretada por el cuerpo amarillo.	Dilata el cuello uterino; causa contracciones uterinas.
<b>PGF2<math>\alpha</math></b>	Ácido graso insaturado de 20 carbonos, secretada por casi todos los tejidos corporales.	Provoca contracciones uterinas asistiendo en el transporte de espermatozoides en el tracto femenino y parto. Causa regresión del cuerpo amarillo (luteolítico).
<b>Activinas</b>	Proteína, encontrada en el líquido folicular de la hembra y en el líquido de la red testicular en el macho.	Estimula la secreción de FSH.
<b>Inhibinas</b>	Proteína, encontrada en las células de Sertoli en el macho y en las células de la granulosa en la hembra.	Inhibe la liberación de FSH a un nivel que mantiene el número específico de ovulaciones de la especie.
<b>Folistatina</b>	Proteína, encontrada en el líquido folicular ovárico en la hembra.	Modula la secreción de FSH.

(Hafez, 2002).

## II.3 FISIOLÓGÍA DE LA REPRODUCCIÓN.

La reproducción es una secuencia de eventos que comienza con el desarrollo del sistema reproductivo en el embrión. Luego de su nacimiento, se produce un estado de aparente quietud o latencia hasta la pubertad, donde el animal debe alcanzar el tamaño y peso adecuados para enfrentar un estado de futura madurez sexual (Aréchiga, 1999).

### II.3.1 CICLO ESTRAL DE LA VACA.

Muchas especies de bóvidos silvestres presentan temporada reproductiva estacional, siendo la primavera y el verano la época más adecuada para los partos. En el curso de la domesticación, se seleccionó ganado para carne y leche contra la estacionalidad, lo cual les facilitó ovular y concebir durante todo el año, evolucionando así a poliéstricas continuas (Chávez, 2006).

El ciclo estral es el periodo de tiempo comprendido entre dos eventos de estro, tiene una duración media de 21 días en las vacas y 20 días en novillas, considerándose normal siempre que este comprendido entre 18 y 24 días. No obstante, los ciclos que se inician en el posparto temprano son más cortos, aproximándose a los 15 días (Quintela, 2006).

Está dividido en 4 fases continuas de acuerdo a los eventos que suceden durante tal periodo y son; proestro, estro, metaestro y diestro, siendo su finalidad preparar al aparato reproductor para el estro y la ovulación (Unión ganadera regional de Jalisco, 2010).

Cuadro 3. Fases del ciclo estral.

	FASE	DIA DEL CICLO	DURACIÓN
<b>Fase folicular</b>	Proestro	Día 17 hasta el celo.	3 días
	Estro	Día 0	10 – 12 horas
<b>Fase lútea</b>	Metaestro	Día 1 – 3	5 – 7 días
	Diestro	Día 4 – 18	10 a 12 días

(Cajero *et al*, 2008).

Durante el ciclo estral ocurren una serie de eventos morfológicos, endocrinos y secretorios en ovarios y genitales tubulares, es decir, un grupo de folículos madura durante la fase folicular, la hembra se vuelve receptiva a la monta durante el estro, el folículo dominante ovula y el CL se forma durante la fase lútea, cuyo conocimiento es útil para la detección y sincronización del estro, superovulación e inseminación artificial (Squires, 2006).

### II.3.2 CAMBIOS OVÁRICOS Y HORMONALES EN UN CICLO TÍPICO DE 21 DÍAS EN EL QUE NO HUBO GESTACIÓN.

#### **Días 0 – 1.**

La vaca está en celo en el día 0, en promedio durante 18 horas (rango de 12 a 24). 12 horas después de finalizado, el folículo de Graaf ovula en respuesta a un pico de LH liberado por la hipófisis.

#### **Días 1 – 2.**

Las células que formaban el revestimiento interno del folículo se empiezan a convertir en células lúteas por acción hormonal, principalmente de la LH.

**Día 2 – 5.**

El CL crece rápidamente en tamaño y función. Pueden verse numerosos folículos en el ovario, pero empiezan a involucionar en el día 5.

**Día 5 – 16.**

El CL continúa su desarrollo y alcanza su tamaño y función máxima hasta el día 10. Secreta P4, que inhibe la secreción de LH por la pituitaria. Los ovarios están relativamente inactivos, excepto por la función del CL. Ningún folículo alcanza la madurez y/o ovula debido a los altos niveles de P4.

**Día 16 – 18.**

El CL involucre rápidamente debido a la acción luteolítica de la prostaglandina uterina.

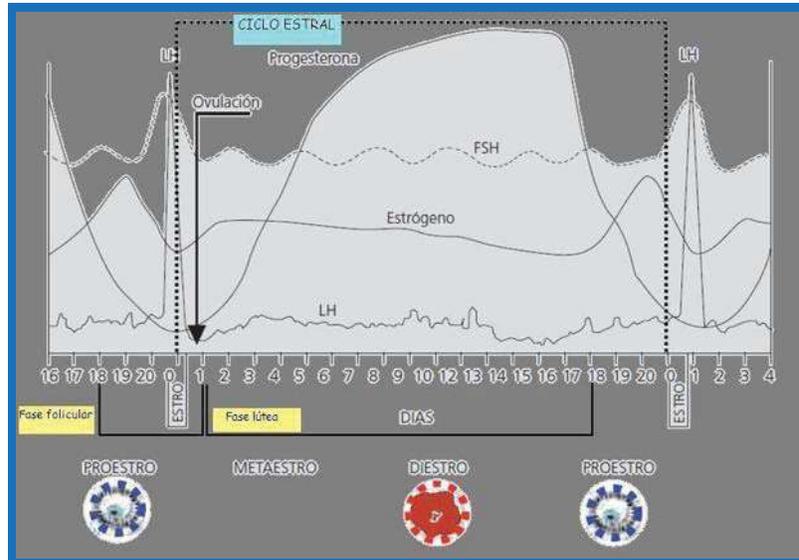
**Día 18 – 20.**

El CL deja de funcionar y cesa el efecto inhibitorio de la P4. Uno de los folículos que comenzaron a crecer se vuelve más prominente al aumentar súbitamente su tamaño y actividad, convirtiéndose en folículo dominante que secreta cantidades elevadas de estrógenos e inhibina, ocasionando que los demás folículos que venían creciendo sufran atresia.

**Día 21.**

Con el aumento en la secreción folicular de estrógenos y la correspondiente disminución de P4 al desaparecer el CL, se presenta el estro (el ciclo ha retornado al día 0). El elevado nivel de estrógenos en la sangre estimula una gran liberación de LH cerca del final del celo. Que provoca la ruptura del folículo maduro para liberar el ovulo y el tejido celular folicular comienza a luteinizarse en respuesta a las hormonas para formar un nuevo CL (el ciclo a retornado a los días 1 -2) y la P4 es otra vez la hormona dominante (Cajero *et al*, 2008).

Figura 3. Variaciones en las concentraciones de las principales hormonas que regulan el ciclo estral.



Los eventos mencionados se basan en un ciclo completo en que no ocurrió la gestación. Si el ovulo es fertilizado y empieza la preñez, el CL no involuciona y continua su función de secretar P4. No se desarrollan folículos hasta la madurez y no se presenta el celo. La P4 evita contracciones uterinas para tener condiciones favorables para el desarrollo del feto (Cajero *et al*, 2008).

## II. 4 DINÁMICA FOLICULAR.

Tras el descubrimiento de Rajakoski en 1960, quien describió que en el ovario de la vaca se producían 2 oleadas de crecimiento folicular, una que comenzaba el día 3 del ciclo y posteriormente regresaba y otra que se iniciaba en la mitad del ciclo y continuaba hasta la ovulación, lo cual fue posteriormente corroborado y complementado a finales de los 80 y comienzo de los 90, tras la implementación de la ultrasonografía en el estudio de la funcionalidad ovárica en la especie bovina, poniendo de manifiesto la existencia de estas oleadas de crecimiento folicular y que generalmente son 2 o 3 en vacas multíparas y de 1 a 2 en vaquillas primíparas. Otro

dato significativo es que el CL ejerce un efecto positivo sobre el crecimiento folicular, ya que este es mayor en el ovario en que se localiza el CL en comparación al ovario contralateral. Así, el termino dinámica folicular define el proceso continuo de crecimiento y regresión que sufren los folículos antrales para dar lugar al desarrollo de un folículo preovulatorio (Quintela, 2006).

Las hembras de las especies domesticas nacen con un número determinado de ovocitos y folículos ováricos, parte de los cuales sufrirán atresia y nunca serán ovulados (Galina, 2006)

La población folicular de las hembras bovinas es muy heterogénea, por lo cual, en base a sus características estructurales se pueden diferenciar 3 tipos de folículos: folículos primordiales, cuentan con 200 000 al nacimiento y 2 500 a los 14 años (Cano, 2005), folículos preantrales (100 – 1 000) y folículos antrales (50 – 300). A su vez, dentro de estos últimos se pueden diferenciar 2 subpoblaciones en función de su respuesta a las gonadotropinas: folículos sensibles a las gonadotropinas (1 – 3 mm de diámetro), los cuales comienzan a crecer cuando se produce un incremento en la concentración endógena de FSH y folículos dependientes de las gonadotropinas, los cuales sufren atresia cuando se produce una disminución en la concentración de FSH (Quintela, 2006).

#### *II.4.1 Foliculogénesis inicial.*

El desarrollo folicular inicia desde la vida fetal, y dos semanas después del nacimiento pueden encontrarse folículos en todas las fases de desarrollo excepto preovulatorios. Los primeros signos morfológicos de crecimiento son la proliferación de células de la granulosa, las cuales cambian de una forma plana a una cubica, así como el crecimiento del ovocito. El inicio del crecimiento es independiente del estimulo gonadotrófico y está regulado por factores producidos localmente tanto dentro del ovario como dentro del folículo mismo. Entre estos se encuentran; factores de crecimiento, diferenciación y la proteína morfogénica de hueso, producidos

únicamente por el ovocito y cuya carencia detiene el crecimiento del folículo en estadio primario.

Los receptores para FSH se expresan en células de la granulosa desde las primeras etapas foliculares, estudios *in vitro* han demostrado que la FSH acelera el crecimiento de folículos preantrales. Así, en la foliculogénesis inicial, los folículos se consideran independientes pero sensibles a gonadotropinas (Galina, 2006).

#### *II.4.2 Foliculogénesis dependiente de gonadotropinas.*

Conforme avanza el desarrollo de los folículos, se vuelven altamente sensibles a las gonadotropinas y requieren de ellas para continuar su crecimiento (Galina, 2006).

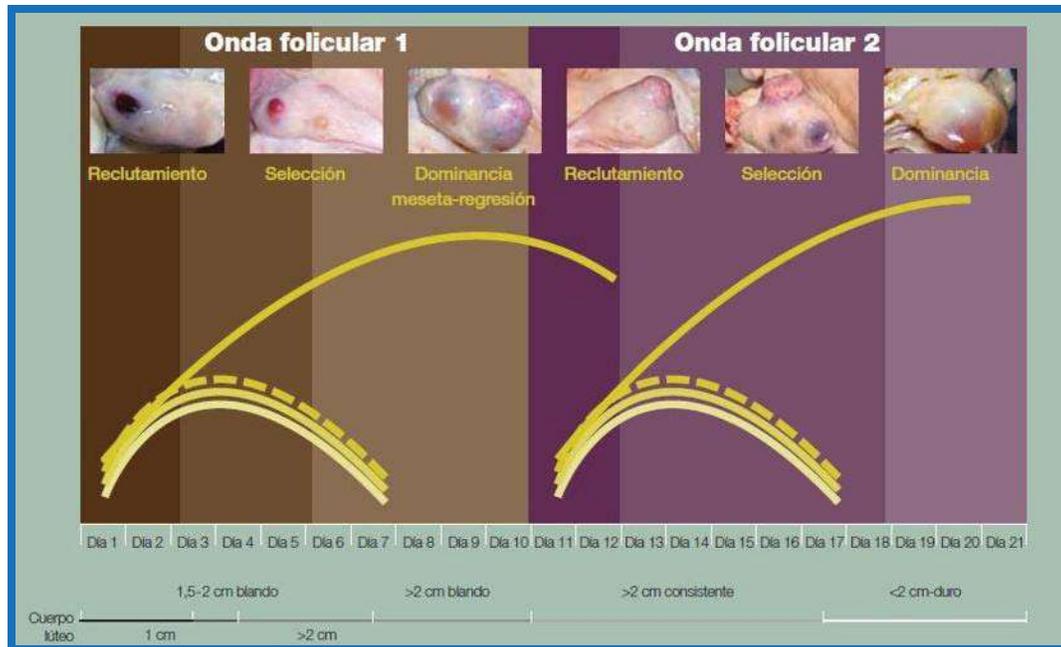
Una ola de crecimiento folicular se caracteriza por:

1. El reclutamiento inicial de un grupo de folículos en crecimiento (2 – 3 días). Un folículo de 4 mm de diámetro es dependiente de gonadotropinas y puede ser reclutado, fase en la cual los folículos inician la secreción de estradiol e inhibina, hormonas que paulatinamente suprimen la liberación de FSH, hasta alcanzar un diámetro de 6 a 8 mm.
2. De ellos uno es seleccionado y continua su crecimiento, mientras que los otros sufren atresia (3 – 2 días).
3. Una vez seleccionado, el folículo tiene un papel activo en la inhibición del crecimiento de los demás folículos de la misma ola, a este efecto se le llama dominancia (4 días). Dependiendo de si el CL regresa o no, el folículo ovulará o regresará (folículo dominante anovulatorio).

El desarrollo del CL en tamaño y consistencia va a acompañar al de los folículos a lo largo de la oleada. La habilidad para valorar su consistencia va a ser crucial para juzgar la parte central del ciclo, que es la más complicada ya que en ella pueden

convivir folículos dominantes, reclutados, seleccionados y cuerpos lúteos en el mismo ovario o en ovarios diferentes (Fernández, 2001).

Figura 4. Dinámica folicular (Fernández, 2001).



El inicio de cada ola de crecimiento folicular está precedido por un incremento en la concentración de FSH, y posteriormente, un descenso significativo debido al incremento en la concentración de estradiol (secretado por los folículos en crecimiento).

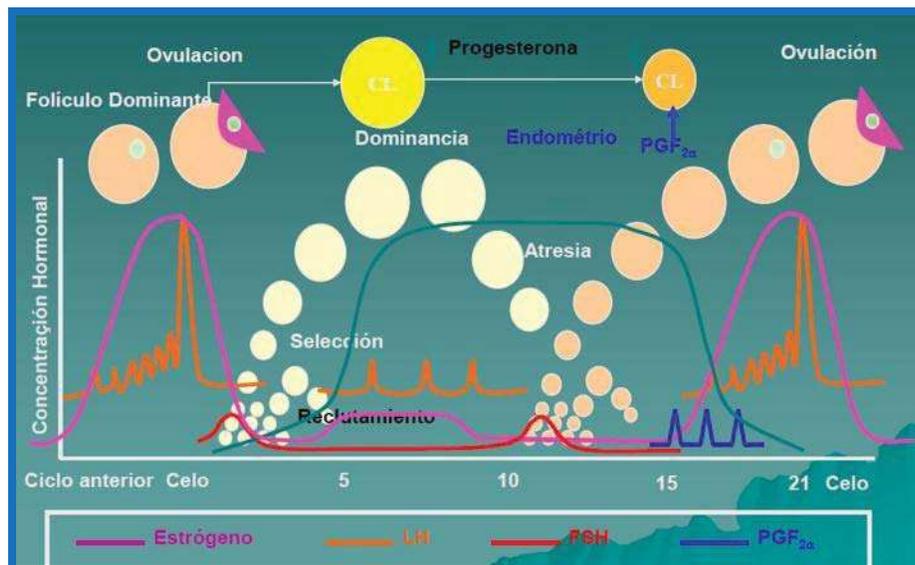
Cuando el folículo alcanza los 8 mm, crece a mayor velocidad que el resto y se convierte en el folículo dominante, mientras que los otros regresan y se convierten en los subordinados (desviación). La desviación es un fenómeno rápido que ocurre antes de que el siguiente folículo alcance ese tamaño crítico.

El mecanismo de selección del folículo dominante se basa en una desviación o en un cambio en la capacidad de respuesta a la FSH y a la LH. Ello implica primero un descenso de la concentración de FSH debido al feedback negativo que ejercen el

estradiol y la inhibina producidos por todos los folículos en crecimiento. El folículo dominante desarrolla la capacidad de seguir creciendo con bajas concentraciones de FSH, que son insuficientes para folículos más pequeños. Un segundo mecanismo importante para la selección del folículo dominante es que cuando éste adquiere el diámetro clave de 8 mm comienza a desarrollar receptores para LH en las células de la granulosa, que funciona como la gonadotropina folículo – estimulante, y ello le permite seguir creciendo con bajas concentraciones de FSH, de igual manera, produce IGF (I o II), que es potente estimulador de la esteroidogénesis y la multiplicación celular. Igualmente otros factores como inhibina y activina son estimuladores de la esteroidogénesis (Galina, 2006).

Hacia el final de la fase de crecimiento, dependiendo de si el CL regresa o no, se producirá la ovulación o bien la pérdida de los receptores para la LH y la atresia del folículo dominante. Cuando cesa la secreción folicular de estradiol, la FSH vuelve a subir y ello desencadena la emergencia de la siguiente oleada, y el ciclo ovárico se vuelve a repetir (Fernández, 2001).

Figura 5. Regulación endocrina de las oleadas de crecimiento folicular (Quintela, 2006).



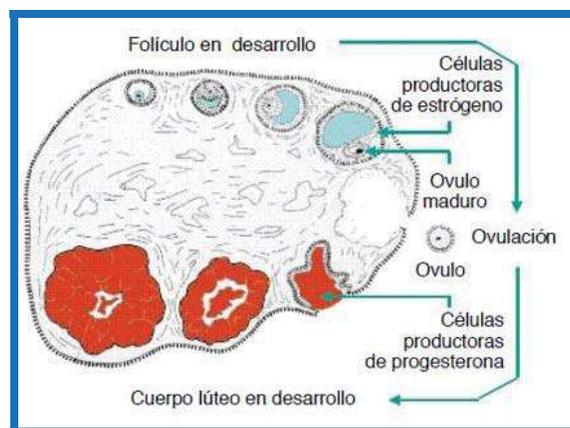
### II.4.3 Ovulación.

La ovulación es el proceso durante el cual se da la liberación del huevo por parte del folículo de Graff en el ovulo.

Los folículos preovulatorios experimentan tres cambios principales durante el proceso ovulatorio:

1. Maduración citoplasmática y nuclear del oocito.
2. Pérdida de la cohesividad de las células del montículo ovárico entre las células de la capa granulosa.
3. Adelgazamiento y rotura de la pared folicular externa.

Figura 6. Ovulación.



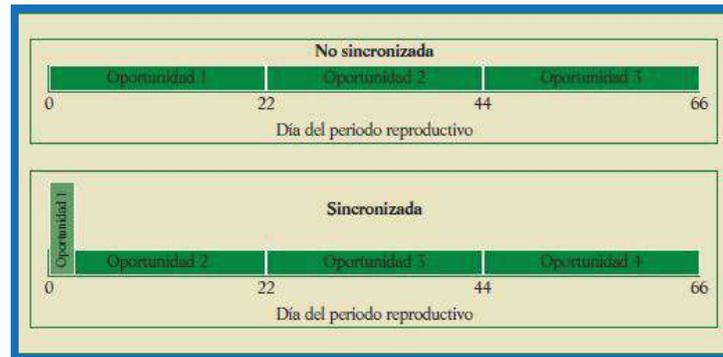
## II.5 SINCRONIZACIÓN DEL CICLO ESTRAL.

Para lograr la inducción y sincronización del ciclo estral por medio de productos hormonales, es necesario conocer la fisiología reproductiva de la especie, la acción

de las hormonas involucradas y la interacción que entre ellas existe, con la finalidad de optimizar los costos, tiempo y porcentajes de fertilidad (Salverson *et al*, 2007).

Mediante la sincronización del celo es posible lograr que las vacas dispongan de una oportunidad adicional para quedar gestantes durante un periodo reproductivo.

Figura 7. Comparación del número de oportunidades para quedar gestante entre una vaca con estro no sincronizado y una con estro sincronizado, durante una estación reproductiva de 66 días.



Los animales con estro no sincronizado tienen una oportunidad de quedar gestantes cada 21 días. Los que hayan sido sincronizados mostrarán estro durante los primeros días del periodo reproductivo y dispondrán, por tanto, de una opción adicional para quedar gestantes en los 66 días de duración del mismo (Salverson *et al*, 2007).

Aunado a esta ventaja, la cual hace referencia a uno de los objetivos establecidos dentro del control de la reproducción, se puede hacer mención de las siguientes:

- Los animales presentan celo dentro de un tiempo predecible, lo que facilita la IA y la transferencia de embriones.

- El tiempo requerido para la detección de estros se reduce disminuyendo los costos asociados a ello.
- Se pueden agrupar los nacimientos de las crías para que nazcan en una época de mayor abundancia de alimento (Galina, 2006).
- Las hembras ciclando conciben más temprano en el posparto o época de empadre.
- Es capaz de ser usado (con mínimas variaciones) en animales cíclicos y no cíclicos.
- Inducen la ciclicidad en vaquillonas prepúberes y vacas en anestro.
- En animales cíclicos, logra porcentajes similares de concepción que en vacas no tratadas.
- Periodos de IA desde 1 a 3 días.

El fundamento de la sincronización del ciclo estral se logra con el acortamiento o la extensión de la fase lútea. El primero se puede alcanzar con agentes luteolíticos, los cuales acortan la vida del CL, y la extensión con progestágenos, cuya misión es alargar la vida del mismo, o una combinación de ambos (Galina, 2006).

### **II.5.1 Prostaglandinas.**

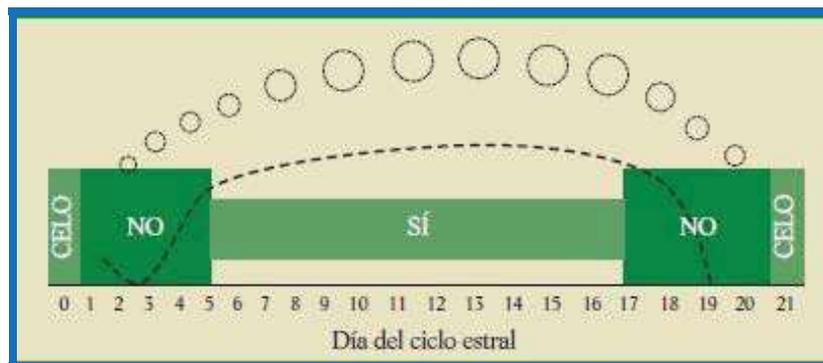
La  $PGF_{2\alpha}$ , es una hormona presente de forma natural que induce la degeneración (regresión) del CL si no se produce la gestación, permitiendo a la vaca a volver a salir en estro. Su administración causara la regresión de un CL antes de que pueda degenerar por sí mismo de forma normal; de este modo, permite controlar la fase luteal del ciclo estral (Salverson *et al*, 2007).

Son el método más utilizado para sincronizar el estro en animales que se encuentran ciclando. Una de las desventajas es que tras su administración se observa gran dispersión en la presentación del estro (2 – 5 días), debido a diferencias en la etapa del desarrollo folicular en la que se encuentran los animales tratados, referente a lo cual, si existe un folículo dominante cuando ocurre la luteólisis, el estro se presenta

de 48 a 60 horas después, no obstante, si el folículo está en crecimiento o en etapa de atresia temprana, el estro se manifestara hasta que el folículo finalice su desarrollo, o incluso hasta que se dé el reclutamiento de una nueva oleada, lo que pudiera representar un retraso en su presentación de hasta 4 días o más, mismo que representa una de las principales razones del fracaso de la IATF (Galina, 2006).

Cabe señalar que es necesario que el cuerpo lúteo haya alcanzado cierto grado de madurez para que pueda ser responsivo a la acción de la prostaglandina, razón por la cual entre 10 y 15% de las vacas con CL no presentan luteólisis después de que esta ha sido aplicada. De hecho recientemente se determino que para que la luteólisis ocurra, es necesario que el CL haya desarrollado la capacidad de producir  $PGF2\alpha$  de forma autocrina para lograr su lisis. La repercusión practica de lo anterior en un hato con el 100% de animales ciclando, regularmente se traduce en que solo entre 60 y 65% tendrá un CL responsivo al aplicar el tratamiento y que el 35 a 40% restante estará en fase de proestro, estro o metaestro, en las que no existe un CL o este se encuentra a un en un estado inmaduro (Galina, 2006).

Figura 8. Crecimiento y regresión normales del CL en el ciclo estral junto con los cambios en la concentración de P4.



Del día 0 al 5 y del 17 al 21 (NO) el CL no responderá a una inyección de  $PGF2\alpha$ . Del día 5 al 17 (SÍ) se producirá la regresión tras la inyección (Salverson *et al*, 2007).

Por esta razón se desarrollo un método en el que se utilizan 2 inyecciones separadas de PGF2 $\alpha$  cuyo objetivo es que todos los animales presenten un CL sensible al momento de la segunda aplicación de la hormona, para lo cual, debe considerarse un intervalo suficiente para que aquellos animales no responsivos a la primera aplicación hayan desarrollado un CL maduro susceptible en la segunda aplicación (Galina, 2006).

*Estrategias para la implementación de 2 inyecciones de PGF2 $\alpha$ .*

- 1) Se pueden administrar a cada uno de los animales o buscar alternativas para reducir el número de dosis empleadas, como hacer uso de la palpación rectal para identificar aquellas vacas que presenten un CL, lo que permite la aplicación selectiva de la PGF2 $\alpha$ , con la ventaja colateral de que pueden identificarse también las gestaciones.
- 2) Administrar el tratamiento a todos los animales, detectar celo durante 3 o 4 días y dar servicio a todas aquellas hembras que entren en celo. 11 días más tarde se administra la hormona a las vacas a las que no se les dio servicio después de la primera inyección con este método se utiliza un promedio de 1.6 dosis por cabeza.
- 3) Realizar una detección de calores durante 7 días. A las vacas que presenten esto se les puede dar servicio, y al octavo día se aplica la PGF2 $\alpha$  al resto. Con este procedimiento se logra servir al 100% de las vacas con 60% de las dosis. Alternativamente, si no se les dio servicio a los animales que presentaron celo durante el periodo de detección, se les puede aplicar la prostaglandina 7 días después del último día de observación.

Cualquiera que sea el método seleccionado para sincronizar el celo, la IATF se puede llevar acabo 80 horas después de la aplicación del tratamiento, o realizar una doble IA a las 72 y 96 horas (Galina, 2006).

Sin embargo, es importante señalar que si se utiliza la IATF se espera una reducción importante en la fertilidad en comparación con la inseminación realizada después del celo observado.

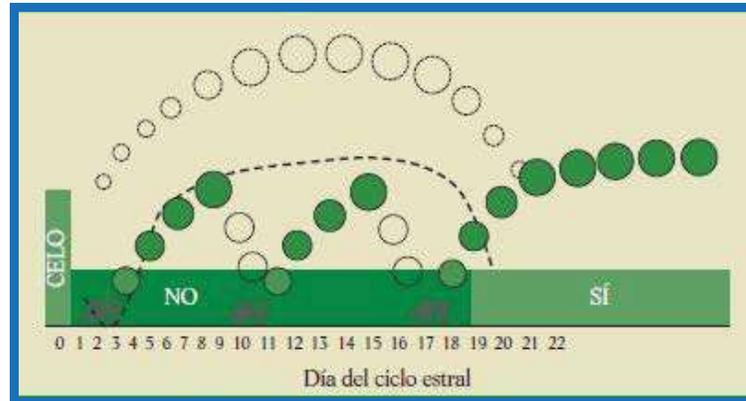
### **II.5.2 Progestágenos.**

Los progestágenos son hormonas esteroides que pueden obtenerse por vía natural (progesterona) o sintética. Su estructura química característica los hace compuestos capaces de ser administrados en forma inyectada (progesterona), incluidos en implantes de silicón (progesterona, norgestomet), en esponjas de liberación intravaginal (acetato de fluorogestona, acetato de medroxiprogesterona) o por vía oral (Allyl – trembolona, acetato de melengestrol).

Su uso se basa en su capacidad para inhibir el pico preovulatorio de LH, bloqueando la ovulación hasta que se retira el tratamiento, por lo que su periodo de administración debe tener la longitud suficiente para permitir que ocurra la lisis del CL en forma natural, independientemente de la etapa del ciclo estral en la que esta se lleve a cabo.

Hacia el final del tratamiento, el 100% de los animales carecerá de CL, pero la ovulación seguirá siendo bloqueada mientras el progestágeno sea administrado y, al retirarlo, se permitirá que el estro ocurra de manera sincrónica. Cuando al iniciar el tratamiento el animal se encuentra en fase folicular (proestro, estro), el progestágeno bloquea la ovulación por lo que no se forma un CL. Si se encuentra en etapa de metaestro, la formación del CL se altera, acortando su vida media. Finalmente, si la etapa del ciclo al inicio del tratamiento coincide con el diestro, el CL sufre luteólisis al momento en el que le correspondería naturalmente, sin resultar afectado por el tratamiento (Galina, 2006).

Figura 9. Tres oleadas foliculares del ciclo estral, crecimiento y regresión del CL y cambios en P4.



Mientras hay CL y las concentraciones de P4 son elevadas, un progestágeno no tendrá influencia; en caso contrario, el progestágeno inhibirá el estro y la ovulación (Salverson, 2007).

Su implementación es altamente eficaz para inducir signos de estro, sin embargo, se ha observado que cuando el tratamiento es prolongado, la fertilidad después de su uso es generalmente baja. Por lo tanto, se ha buscado acortar el periodo en el que se administran, utilizando elementos como el estradiol o la  $PGF2\alpha$ , que al añadirse al esquema de tratamiento, posibilitan una reducción en la vida media del CL.

El estradiol no tiene propiedades luteolíticas *per se*, pero cuando es usado en el metaestro, interfiere con la formación apropiada del CL, y en el diestro, actúa indirectamente acortando su vida. Por otro lado, cuando la luteólisis ocurre tempranamente durante el tratamiento, las concentraciones totales de P4 disminuyen.

Si bien el progestágeno exógeno por si mismo evita que se presente el pico preovulatorio de LH, no puede impedir que se dé un aumento en la frecuencia de pulsos de esta hormona, lo que permite que el folículo dominante se mantenga por un tiempo superior al normal, convirtiéndose en un folículo persistente (Galina, 2006).

En un ciclo natural, los folículos dominantes cambian su dependencia hormonal de FSH a LH, y la P4 provoca una disminución en la frecuencia de pulsos de LH. Así pues, al reducirse la pulsatilidad de LH por la P4 en el diestro, se ocasiona que el folículo dominante sufra atresia, perdiendo su dominancia y permitiendo el surgimiento de una nueva oleada folicular. De esta manera el organismo se asegura de que el folículo que ovula haya sido reclutado recientemente. Cuando el ciclo estral se sincroniza en la ausencia del CL, la presencia de un progestágeno puede alargar la vida de un folículo resultando en una fertilidad pobre.

Los métodos de sincronización de estros han evolucionado basados en los conocimientos presentes de la endocrinología del ciclo estral y, recíprocamente, estos protocolos han servido como herramientas para ampliar el saber sobre las hormonas reproductivas. Los esquemas que se han desarrollado para sincronizar el estro no solo buscan una presentación concentrada del mismo, sino aumentar la fertilidad por medio de la sincronización del desarrollo folicular (Galina, 2006).

## **II.6 SINCRONIZACION DEL DESARROLLO FOLICULAR.**

Para que un tratamiento de sincronización resulte eficaz en un porcentaje importante de los animales es necesario inducir la ovulación o la atresia de los folículos dominantes presentes en el ovario, lo que permitirá el inicio de una nueva fase de crecimiento folicular y el desarrollo sincrónico de un nuevo folículo dominante en todas las hembras (Quintela, 2006).

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 protocolos de IATF (Huanca, 2001).

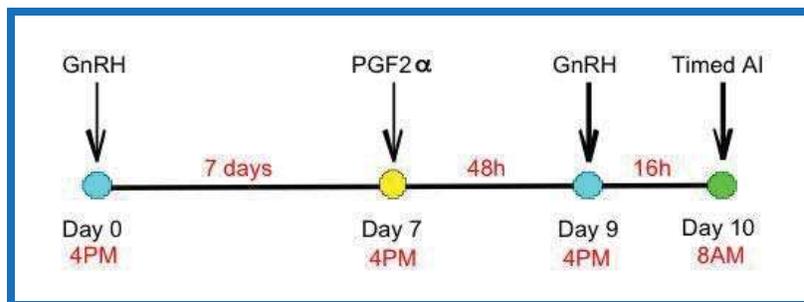
En general, podemos dividir a los protocolos de IATF en aquellos que utilizan combinaciones de GnRH y PGF2 $\alpha$ , llamados protocolos Ovsynch y los que utilizan dispositivos con P4 y estradiol (Bó *et al*, 2006).

## II.6.1 PROTOCOLOS OVSYNCH (GnRH + PGF2 $\alpha$ ).

### II.6.1.1 Ovsynch (48).

Desarrollado por el Dr. Pursley *et al* en 1995, consiste en una administración combinada de GnRH y PGF2 $\alpha$  para sincronizar el momento de ovulación permitiendo la IATF (Huanca, 2001).

Fig. 10. Protocolo Ovsynch-48.



Ha demostrado ser más eficaz en vacas en lactancia que en vaquillas, siendo aún desconocida la causa de estas diferencias, la ovulación en respuesta a la primera aplicación de GnRH ocurre en el 85% de las vacas y en solo el 54% de las vaquillas (Accelerated genetics, 2008).

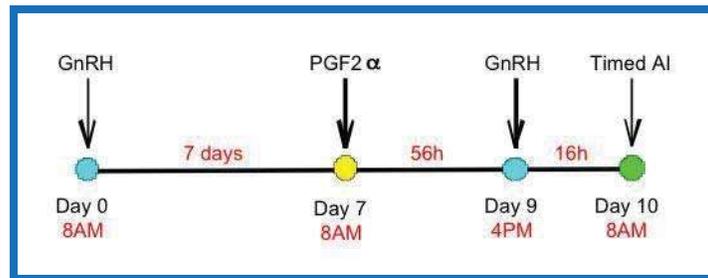
A pesar de ello, tiene algunas limitaciones cuando se usa en vacas que no están ciclando o en vacas que no están en una fase apropiada del ciclo estral para iniciar el tratamiento (Accelerated Genetics, 2008), además de los bajos porcentajes de concepción obtenidos en campo sobre rodeos de cría manejados en condiciones pastoriles (Bó *et al*, 2006).

### II.6.1.2 Ovsynch (56).

El presente es una modificación del protocolo original, en el que la segunda inyección de GnRH se administra 56 horas posteriores a la PGF2 $\alpha$  realizando la IA16 horas

más tarde, lo cual ha mejorado la tasa de concepción en un 10% comparado con Ovsynch 48 (Accelerated Genetics, 2008).

Fig. 11. Protocolo Ovsynch-56.



### II.6.1.3 Pre Synchron-ovsynch.

Consiste en la administración de dos inyecciones de PGF2 $\alpha$  con 14 días de intervalo como un tratamiento de presincronización para asegurar que la mayoría de las vacas estarán en la fase adecuada del ciclo estral al iniciar el tratamiento Ovsynch (día 5 al 10 del ciclo estral). Con esta modificación se incrementa hasta un 5 a 10% la tasa de concepción en la primera inseminación posparto (Accelerated Genetics, 2008).

Fig. 12. Protocolo Pre Synchron-Ovsynch.



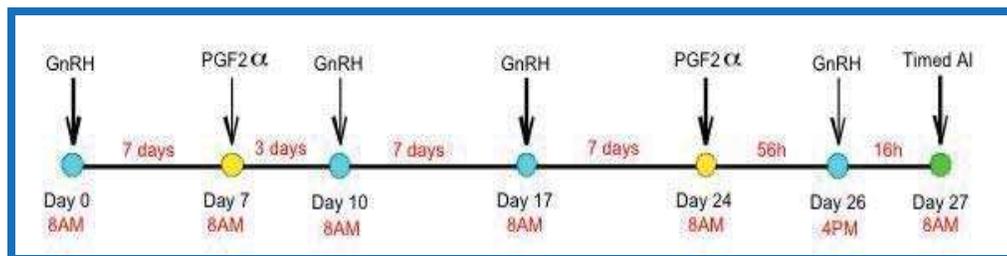
Sin embargo, no es posible inducir la ciclicidad en vacas con condición anovulatoria (folículos >10mm sin CL), condición que tiene una incidencia del 20 a 30% en vacas

a los 60 días posparto (DPP) en hatos lecheros de los Estados Unidos. Además, las ovulaciones pueden ocurrir de 3 a 7 días después de la inyección de PGF2 $\alpha$ , variación que provoca que se presenten folículos de diferentes tamaños al inicio del protocolo Ovsynch, reduciendo la respuesta ovulatoria a la primera inyección de GnRH de Ovsynch.

#### II.6.1.4 Doble-Ovsynch.

Desarrollado por el Dr. Milo Wiltbank en la Universidad de Wisconsin. Su nombre se debe precisamente a que el programa Ovsynch es empleado durante el periodo de Presincronización (Souza, *et al.* 2008).

Fig. 13. Protocolo Doble-Ovsynch.



Esta demostrado en ganaderías comerciales de Wisconsin, que a través de la implementación de dicho protocolo se logran tasas de concepción a la primera inseminación de entre 46.3 a 50.9% (González, 2009).

Se recomienda implementar en las vacas que reciban su primer servicio posparto. A pesar de que no es considerado ideal para resincronización debido a su larga duración relativa, se ha comprobado que reduce al mínimo ovulaciones dobles en vacas de alta producción y, por tanto, la reducción de gestaciones gemelares (Accelerated Genetics, 2008).

### II.6.1.5 Cosynch (48)

Este protocolo fue desarrollado con la finalidad de establecer variaciones en la tasa de concepcion en caso de que se realizara la IATF el mismo dia que se realizara la segunda administracion de GnRH en el protocolo Ovsynch. Estudios realizados por la Universidad de Wisconsin-Madison arrojaron una tasa de concepcion (TC) de un 29.2%, en relacion a su comparativo Ovsynch en donde se obtuvo una TC de 35.1% (ABS México, 2008).

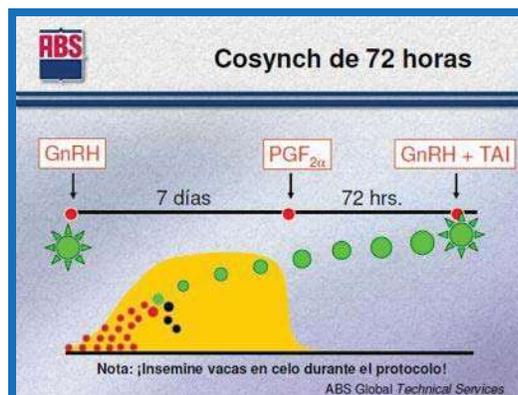
Fig. 14. Protocolo Cosynch-48.



### II.6.1.6 Cosynch (72).

Protocolo desarrollado en la Universidad Estatal de Kansas, en el cual las vacas reciben la segunda GnRH y la IATF 72 horas después de la administración de la PGF<sub>2α</sub>, con la finalidad de dar un día más al crecimiento folicular que pueda permitir una maduración adicional del oocito y la ovulación de un folículo más grande.

Fig. 15. Protocolo Cosynch-72 (Prosegan, 2010).

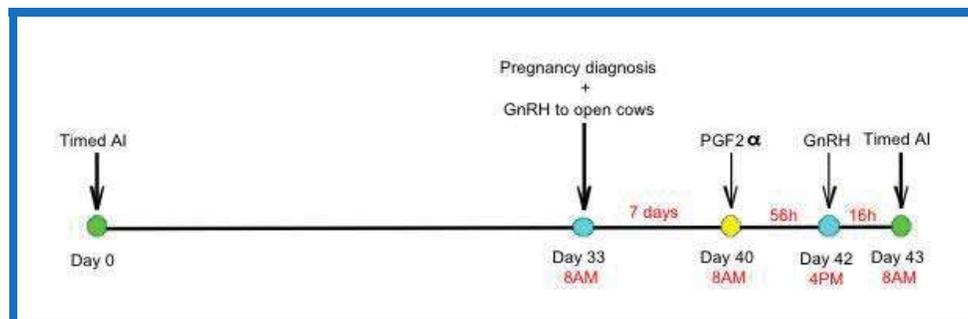


Estudios realizados por Portaluppi y Stevenson, 2005 – 2006 y ABS Global *Technical Services* obtubieron una TC de 31.4 y 23.2% respectivamente. La TC para este protocolo es optimizada cuando se utiliza en combinacion con un buen programa de deteccion de celos, pues se ha reportado que entre el 38 y 51% de las vacas muestran estro en el segundo día despues del tratamiento con PGF2 $\alpha$ , por lo que se requiere su identificación e inseminación, pues de otra manera será demasiado tarde recibir la IATF el día siguiente. Por lo tanto este protocolo debe servir principalmente como una inseminación de limpieza para las vacas cuyos estros no fueron detectados previamente.

### II.6.1.7 Resynch.

En base al 35% como tasa de concepción que se tiene registrada en las ganaderias de los Estados Unidos, el 65% restante de las vacas se encuentran vacias despues de la primera inseminación, por lo que este protocolo permite con ayuda de un diagnóstico temprano de gestacion (ecografía o ultrasonido a los 33-40 días) someter rapidamente las vacas vacias a un segundo servicio de IA haciendo uso del protocolo Ovsynch (Accelerated Genetics, 2008).

Fig. 16. Protocolo Resynch.



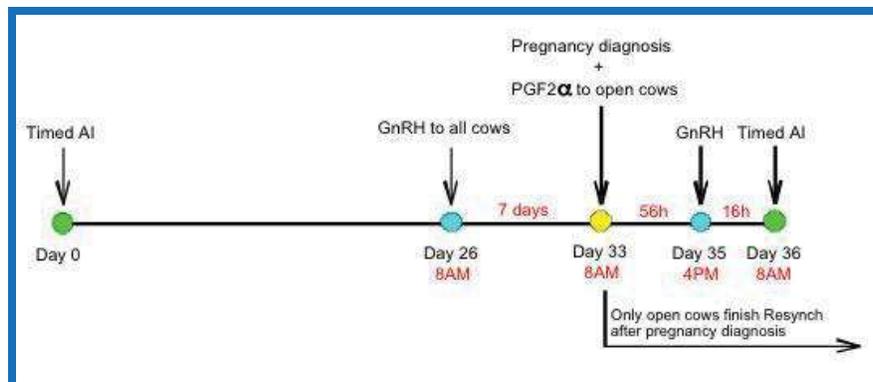
En caso de que se use HeatSynch, administrar ECP en el día 8 en lugar de GnRH en el día 9 e IA en el día 10.

### II.6.1.8 Resynch – 7.

Es una estrategia de resincronización agresiva en el que la primera inyección de GnRH para la segunda sincronización (resincronización) se administra 7 días antes del diagnóstico de gestación. Aunque las vacas reciben GnRH en un estado de gestación no planeado, no tiene efecto negativo en vacas preñadas.

Inmediatamente después del diagnóstico de gestación las vacas vacías reciben PGF2 $\alpha$  y son inseminadas 2 (Cosynch) o 3 (OvSynch) días después del mismo. Con este programa se logra presentar todas las vacas vacías a un segundo servicio una semana antes en comparación con Resynch 0.

Fig. 17. Protocolo Resynch-7.



No se recomienda realizar ecografía previo al día 33 pos servicio, además de la administración de GnRH antes del día 26 pues se reducen las posibilidades de éxito.

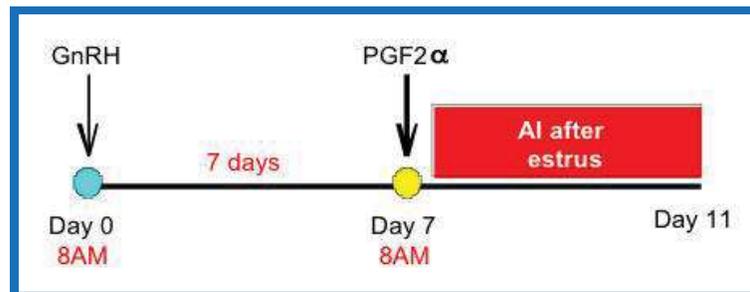
Este programa puede arrojar resultados incoherentes porque no hay onda folicular sincronizada, por lo tanto la etapa del desarrollo folicular en inseminación sistemática es desconocida (Accelerated Genetics, 2008).

### II.6.1.9 Select – Synch.

Este esquema de sincronización del celo. En el programa SelectSynch, la segunda GnRH no se administra, y las vacas son observadas para estro e inseminadas

después de la detección de calor después de la inyección PGF2a. Se puede utilizar en conjunto con IATF en un programa llamado HybridSynch, al inseminar vacas detectadas en calor después de PGF2 $\alpha$  y la realización de la inseminación aunada a una inyección de GnRH, con lo cual los animales no se detectaron en celo hasta las 84 horas después de la PGF2a (Accelerated Genetics, 2008).

Fig. 18. Protocolo Select-Synch.



## II.6.2 PROTOCOLOS CIDR (dispositivo con P4 y estradiol).

### II.6.2.1 CIDR (Controlled Internal Release).

Es un dispositivo intravaginal que contiene progesterona natural, la cual se libera por difusión desde una capsula de silicón sobre una espina de nylon, la cual está adaptada para retener el dispositivo dentro de la vagina. El dispositivo contiene de 1.38 a 1.9 g de la hormona natural impregnada en una matriz elástica de silicón que es encapsulada sobre una espina de nylon.

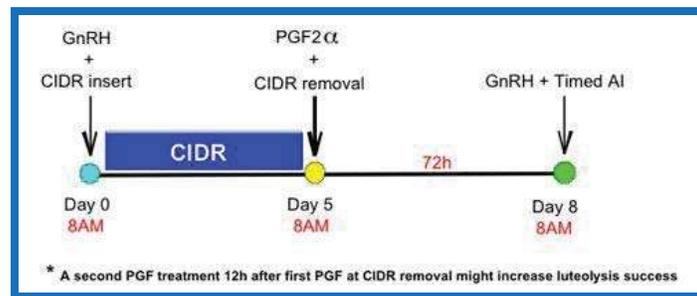
La P4 se absorbe a través de la mucosa vaginal, dando como resultados niveles en plasma suficientes para suprimir la liberación de LH y FSH del hipotálamo, previniendo el estro y la ovulación del folículo dominante (Soria, 2006).

### II.6.2.1.1 CIDR (5).

Programa ideal para la sincronización cronometrada en novillas, actualmente se realizan investigaciones para su implementación en vacas, pero los resultados preliminares indican que son necesarios dos tratamientos de PGF2 $\alpha$ .

La administración de PGF2 $\alpha$  y retiro del dispositivo se realizan en forma simultánea el día 5. No se debe utilizar la mitad de la dosis de PGF2 $\alpha$  si se quiere asegurar la luteólisis. La IA se realizara a las 72 horas después de retirar el CIDR (Accelerated Genetics, 2008).

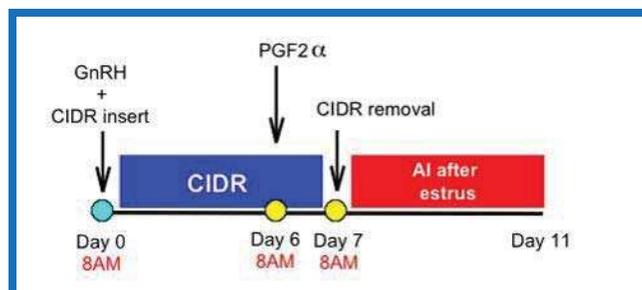
Fig. 19. Protocolo CIDR-5.



### II.6.2.1.2 CIDR 6 (Select Synch + CIRD-6d).

Es un tratamiento a corto plazo en el cual la P4 permite la sincronización del estro con tasas de concepción aceptables. Especialmente útil para sincronizar el estro en vaquillas y vacas de carne y novillas (Accelerated Genetics, 2008).

Fig. 20. Protocolo CIDR-6.

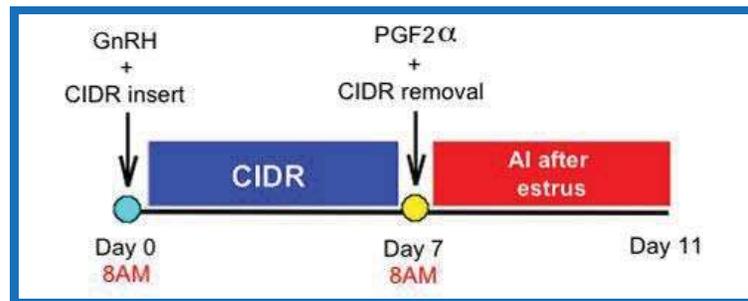


La progesterona induce anestro en animales prepúberes.

#### II.6.2.1.3 CIDR 7 (Select Synch + CIDR-7d).

La PGF2 $\alpha$  de inyección y retiro del dispositivo se realiza simultáneamente en el día 7. Si se desea realizar inseminación sistemática se administra GnRH y la IA en forma conjunta 48 horas después del retiro del dispositivo y la administración de la PGF2 $\alpha$  (Accelerated Genetics, 2008).

Fig. 21. Protocolo CIDR-7.



#### II.6.2.2 CIDR + Benzoato de estradiol (EB).

Este programa permite realizar IATF, el cual consiste en una primera inyección de EB junto con la aplicación del dispositivo CIDR, bloqueando la liberación de las hormonas LH y FSH, inhibiendo la maduración folicular con la consecuente atresia de los mismos (en animales ciclando), esto permite sincronizar el surgimiento de una nueva onda folicular 4.5 días después.

Al retirar el CIDR, se produce una baja súbita de la P4, lo que causa un incremento del pulso de la LH, permitiendo que el folículo dominante ovule en el celo, posteriormente, una segunda inyección de EB aumenta el incremento en la secreción de LH (pico pre-ovulatorio), lo que produce la detección y precisión del celo y ovulación (ABS México, 2008).

Fig. 22. Protocolo CIDR+EB.

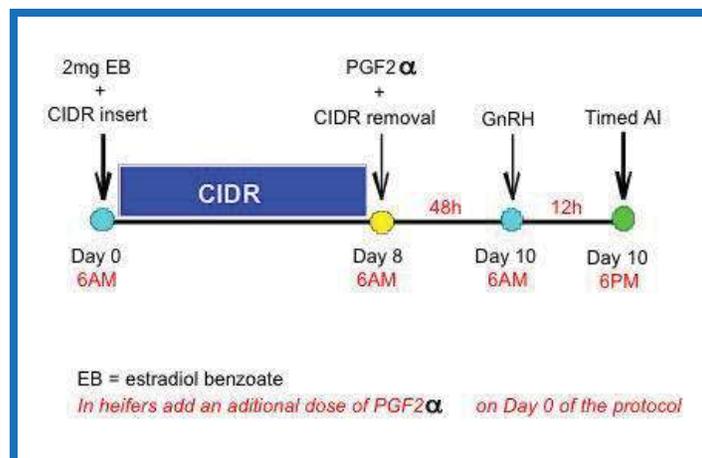
Vacas Ciclando (Con cuerpo lúteo)										
Día:	0	1	2	3	5	6	7	8	9	10
	Colocar CIDR + 2 mg B. Estradiol							Retirar CIDR + 5 ml Lutalyse®	Aplicar 1 mg B. Estradiol	I.A.T.F. 30 hrs después de aplicar B. Estradiol

En caso de que al día siguiente de la inseminación (día 11), alguna vaca entre en estro, se recomienda inseminarla a celo detectado 8 a 12 horas después. Se recomienda anexar medias dosis de EB y Lutalyze cuando sea implementado en vaquillas. Se puede administrar 1 cc de GnRH en el momento de la IA para estimular el desarrollo final del folículo dominante. Para las vacas en anestro, no administrar Lutalyze el día 8.

**II.6.2.3 EB + CIDR + GnRH (protocolo no autorizado en los EE.UU.)**

A excepción del programa EB + CIDR, la GnRH se utiliza al final del protocolo para inducir la ovulación en lugar del EB. Las tasas de concepción son muy similares, sin embargo la GnRH producirá una ovulación más sincronizada (Accelerated Genetics, 2008).

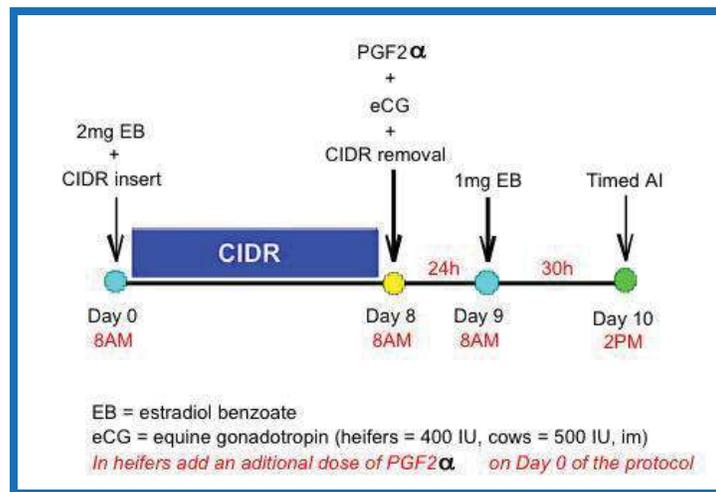
Fig. 23. Protocolo EB+CIDR+GnRH.



### II.6.2.4 EB + eCG + CIDR (protocolo no autorizado en EE.UU.)

Al adicionar la gonadotropina corionica equina (eCG) al protocolo EB + CIDR se logra la sincronización de una onda folicular con gran eficiencia, los resultados de la concepción en particular en las novillas y vacas que no estaban ciclando al momento de iniciar el protocolo resultan ser aceptables.

Fig. 24. Protocolo EB + eCG + CIDR.

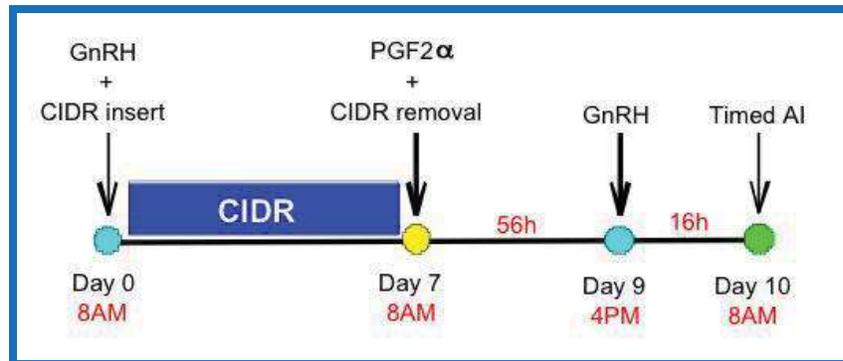


La PGF2 $\alpha$  provoca la regresión del CL, la maduración folicular y por tanto el comportamiento de estro y la ovulación. Con la administración del último estrógeno se sincroniza la ovulación lo que permite la inseminación sistemática (Accelerated Genetics, 2008).

### II.6.2.5 Ovsynch + CIDR.

Al protocolo OvSynch se le adiciona un CIDR durante 7 días (añadido en el momento de la primera inyección de GnRH y es retirado en el momento de la administración de PGF2 $\alpha$ ). Cuando se usa este programa en el establo o en novillas de carne, la primera dosis de GnRH no se administra para poder obtener resultados similares, a las 56 horas después de retirar el CIDR y PGF2 $\alpha$ , administrar GnRH y realizar la inseminación a las 16 horas posteriores (Accelerated Genetics, 2008).

Fig. 25. Ovsynch + CIDR.



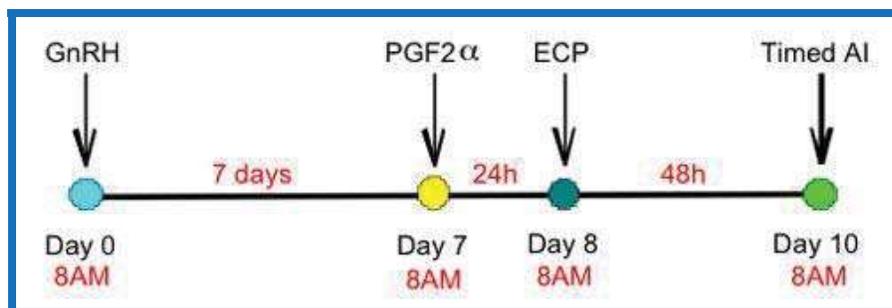
### II.6.2.6 Heat – Synch (no autorizado en los EE.UU.)

Desde que el ciproionato de estradiol (ECP) fue retirado del mercado por la Federal Drugs Administration (FDA) en los Estados Unidos, no hay estrógenos comerciales para uso en ganado lechero.

Este representa una alternativa en la cual 1 mg de ECP se administra 24 horas después de la inyección de PGF2 $\alpha$  del OvSynch para inducir la ovulación en lugar de la administración de GnRH 48 horas después de PGF2a.

Con tal modificación se logran resultados similares al OvSynch, siendo su desventaja principal que no es eficaz para la sincronización de las vacas en anestro (Accelerated Genetics, 2008).

Fig. 26. Protocolo Heat-Synch.



### III. MATERIAL Y MÉTODOS.

#### III.1 LOCALIZACIÓN.

La Unidad de producción se encuentra ubicada en el municipio de Abasolo, Guanajuato, en el kilometro 8 de la carretera Abasolo – Estación Joaquín, se extiende sobre una superficie de 175 hectáreas. Se localiza al sureste del estado, en la región geográfica y cultural conocida como El Bajío, se encuentra a una altura de 1760 msnm, predomina un clima semicálido-subhúmedo, con lluvias en verano, con una temperatura máxima de 38 °C en el mes de Mayo y mínima de 5 °C durante Enero, en la región existe una precipitación media anual de 500 mm (Enciclopedia de los municipios de México, 2000).

#### III.2 ANIMALES.

El establo cuenta con 630 vacas sometidas a un sistema de 3 ordeñas al día, con una producción promedio por lactancia de 8183 Kg/305 días. Para la investigación se utilizaron 202 hembras bovinas multíparas de raza Holstein Friesian en anestro posparto de 35 a 41 días, con una condición corporal (CC) mínima de 2.5 en escala de 1 – 5, involución y estado uterino normal, se agruparon con base en el número de lactancia en 5 grupos (1L n=84, 2L n=59, 3L n=32, 4L n=13 y +4L n=14) y en su nivel de producción de leche (kg/día), tomando como referencia los indicadores del hato en tres grupos; altas productoras (AP n=180), medias productoras (MP n=17) y bajas productoras (BP n=5). Todas las hembras fueron sometidas al tratamiento doble-ovsynch.

### III.3 TRATAMIENTO DOBLE OVSYCH E IATF.

Durante el trabajo se utilizaron hormonas sintéticas análogas a la GnRH y PGF<sub>2α</sub> naturales de diferentes laboratorios. El protocolo de tratamiento para la totalidad de las vacas fue el siguiente; los grupos iniciaban el tratamiento (día 0) por las mañanas previo a las 12:00 pm sin contar con una hora fija para tal actividad, administrando 100 mcg de equivalente sintético de GnRH para iniciar la presincronización, el día 7 se administraron 530 mcg de PGF<sub>2α</sub>, día 10 se administro 100 mcg de GnRH, día 17 se administro 100 mcg de GnRH, el día 24 se administro 530 mcg de PGF<sub>2α</sub>, las anteriores actividades fueron realizadas por la mañana a diferentes horas pero sin sobrepasar las 12:00 pm, el día 26 por la noche era administrada la ultima dosis de 100 mcg de GnRH entre las 8:00 y 11:00 pm, para el tratamiento la vía de administración de los productos hormonales fue intramuscular (IM) con jeringa de 3 ml y aguja calibre 22G y 32 mm, realizando la IA programada el día 27 aproximadamente a las 9:00 am, para lo cual, se utilizo semen de toros seleccionados y fertilidad probada de diversas casas comerciales reconocidas.

### III.4 DIAGNOSTICO DE GESTACION

El diagnostico de gestación se realizo entre los 40 – 45 días pos-servicio por el método de palpación rectal detectando el escurrimiento de la membrana corioalantoidea y el deslizamiento de la vesícula amniótica dentro del lumen uterino.

### III.5 ANALISIS ESTADISTICO

Los datos obtenidos de la tasa de gestación con base en el número de lactancias y en el nivel de producción fueron analizados mediante la prueba de Chi-Cuadrada (x<sup>2</sup>), utilizando el paquete estadístico SAS (SAS, 1999).

## IV. RESULTADOS.

El porcentaje de gestación general del grupo de 202 vacas fue de 19.80%

Con respecto al porcentaje de gestación con base al número de lactancia, fue similar para las vacas de 1L, 2L y 3L, pero diferente de las vacas de 4L y más de 4L (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de gestación por lactancia.

NL	Núm. animales	Gestantes	% Fertilidad
1	84	18	21.43 <sup>a</sup>
2	59	12	20.34 <sup>a</sup>
3	32	8	25.00 <sup>a</sup>
4	13	1	7.69 <sup>b</sup>
+ 4	14	1	7.14 <sup>b</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>202</b>	<b>40</b>	<b>19.80</b>

<sup>ab</sup> Diferente literal en la misma columna indica efecto estadístico significativo (P<0.05).

El porcentaje de gestación con base en el nivel de producción fue el siguiente:

Cuadro 5. Porcentaje de gestación por nivel de producción.

Nivel de producción	Kg	Núm. animales	Gestantes	% de fertilidad
<b>Altas</b>	31.4	180	35	19.44 <sup>a</sup>
<b>Medias</b>	22.7	17	4	23.53 <sup>a</sup>
<b>Bajas</b>	14.0	5	1	20.00 <sup>a</sup>
<b>TOTAL</b>		<b>202</b>	<b>40</b>	<b>19.80</b>

No se observaron diferencias significativas (P= 0.936600577).

## V. DISCUSIÓN.

El porcentaje de **gestación general** obtenido en el estudio con el protocolo de sincronización doble-ovsynch fue de 19.80% al término periodo de trabajo, estos datos no concuerdan con lo observado por Souza *et al.*, 2008, que encontraron una tasa de gestación de 49.7% con un protocolo doble-ovsynch similar al utilizado en el presente estudio y de 41.7% en vacas tratadas con el protocolo presynch-ovsynch. Otros estudios (Bo *et al.*, 2006) reportaron una tasa de gestación de 36.36% en vacas lecheras anovulatorias de 52 días de lactancia sometidas al tratamiento doble-ovsynch. Estudios recientes (Dogruer *et al.*, 2010) observaron una tasa de gestación de 35.7% en vacas lactantes sometidas a un protocolo de sincronización de ovulación ovsynch.

El bajo porcentaje de gestación puede ser atribuido a diversos factores como: manejo ineficiente “hacinamiento”, sistema de 3 ordeños al día, longevidad actual de la vaca lechera y nivel de producción “fertilidad”, empleo de productos de diferentes laboratorios.

La tasa de concepción después del tratamiento de sincronización de la ovulación varía de manera considerable entre diferentes estudios realizados y un gran número de factores riesgo han sido identificados entre ellos la condición corporal (Moreira *et al.*, 2000), estación del año (De la Sota *et al.*, 1998), estrés calórico (Cartmill *et al.*, 2001), número de parto (Stevenson *et al.*, 1996; Peters y Pursley, 2002) y el estado del ciclo estral al inicio del protocolo de sincronización de ovulación (Vasconcelos *et al.*, 1999, Cartmill *et al.*, 2001).

**Hacinamiento:** El aumento del número de vacas en los hatos, es otro de los factores asociados con la baja fertilidad, no solamente por conllevar problemas asociados con el manejo como la detección de estros si no que además se asocia con la incidencia de diferentes condiciones que afectan la reproducción (retención de placenta, infecciones uterinas, abortos etc.), (Hernández, 2006).

**Longevidad:** Las investigaciones en el campo de la genética moderna y otras prácticas zootécnicas han permitido un incremento notable en la productividad del ganado, en especial, en los sistemas intensivos de producción láctea, no obstante, este beneficio ha traído consecuencias negativas de índole fisiológico-económicas, es decir, acortamiento de sus ciclos productivos. Estudios realizados en la región de Norte América, refieren en la raza Holstein una disminución en la edad al desecho de 7.2 meses de 1980 al 2004 saliendo a rastro a los 44.6 meses, lo que tiene su fundamento en el incremento en su precocidad al primer parto de 2.3 meses, logrando el mismo a los 25.6, repercutiendo además en el incremento de 58 días en el intervalo entre partos, siendo de 415.2 días en promedio en el 2004 (Gasque, 2006).

En cuanto al **nivel de producción**, algunos estudios previos indican que las vacas altas productoras de leche disminuyen su eficiencia reproductiva, evidenciando una correlación genética negativa entre el nivel de producción y la eficiencia reproductiva (Hansen *et al.*, 1983; Campos *et al.*, 1994). Algunos autores han propuesto que las vacas altas productoras de leche pueden retrasar su actividad reproductiva, dado que pueden presentar un balance energético negativo severo durante el posparto temprano (Platen *et al.*, 1995) y el cual si se mantiene hasta el día 80 posparto, puede afectar la calidad de los ovocitos afectando las tasas de concepción (Britt, 1992).

En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de fertilidad entre las vacas altas (19.4 %) medias (23.5 %) y bajas productoras (20.0 %). Estos resultados coinciden con lo reportado con Bernd *et al.* (2003) quienes no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de fertilidad de vacas con baja, mediana y alta producción de leche sometidas a un protocolo Ovsynch, registrando una fertilidad de 30.0%, 35.3 % y 37.2 %, respectivamente.

Es posible que la utilización del protocolo doble-ovsynch en nuestro estudio haya favorecido a reducir las diferencias en el porcentaje de fertilidad encontrado; sin

embargo, el porcentaje observado en cada uno de los niveles de producción se encuentra por debajo de lo reportado por Bernd *et al.* (2003).

Al respecto, algunos autores (Wiltbank, 2009) señala que el efecto negativo de la producción de leche sobre la fertilidad puede ser mayor durante los meses más calurosos del año, que provoca un incremento en la temperatura corporal del animal que puede comprometer principalmente el desarrollo embrionario.

El estado energético es generalmente considerado como el factor nutricional que mayor influencia ejerce sobre los procesos reproductivos ya que un deficiente consumo de energía por tiempos prolongados afecta la fertilidad. En las vacas, se ha demostrado una fuerte correlación entre el balance energético negativo durante la lactancia temprana y el restablecimiento de la actividad ovárica posparto (Canfield y Butler, 1990).

La falla en la concepción o infertilidad es el problema reproductivo más importante en los hatos lecheros, en función de lo cual se sabe que en México hace 30 años más del 50% de las vacas servidas resultaban gestantes y actualmente es menor al 40%, mismo que ha coincidido con un incremento en la producción de leche, lo que nos indica que la alta producción tiene un efecto negativo en la fertilidad; sin embargo, esto no es muy preciso ya que en un análisis que se realizó en México el cual incluyó la información de 72 hatos (26 676 vacas) con un rango de producción de leche de 7503-12225 Kg (365 días), se concluyó que la producción no afecta el intervalo entre partos, servicios por concepción ni días abiertos; sin embargo, si puede ser un factor influyente cuando se asocia con un manejo deficiente de la alimentación, pues se ha demostrado que la subnutrición determina no solo una reducción en el diámetro del folículo dominante sino además una disminución del periodo de persistencia del mismo (Quintela, 2006), se concluyó también la existencia de otros factores como los problemas del puerperio (hipocalcemia, metritis, cetosis, desplazamiento de abomaso, retención de membranas fetales, etc) los cuales pudieran repercutir más directamente en la fertilidad (Hernández, 2006).

Quintela, 2006 reporta que a medida que se incrementa el intervalo de tiempo entre la emergencia de la oleada o entre la dominancia y ovulación se correlaciona de manera negativa con el porcentaje de gestación. Por lo cual las vacas que presentan dos oleadas de crecimiento folicular producen entre 8-9% más leche que las que tienen tres oleadas, lo que contribuye a explicar la reducción en la fertilidad que se aprecia a medida que se incrementa la producción láctea. Además, se ha puesto de manifiesto la existencia de una correlación positiva entre la producción láctea y el intervalo entre la emergencia de la oleada y la ovulación. Sin embargo, no se sabe si la menor tasa de gestación es consecuencia de una mayor producción láctea o la mayor producción láctea está motivada porque en estos animales se prolonga el intervalo parto-concepción.

El **sistema de 3 ordeños** implementado con la finalidad de obtener un máximo rendimiento de la glándula mamaria de la vaca, exige a su vez un máximo consumo de nutrientes lo que trae en consecuencia un desgaste excesivo pues aunado al balance energético negativo conlleva a un desbalance hormonal lo que repercute en una presentación prolongada del primer estro posparto.

En cuanto al **número de lactancia**, en el presente estudio se encontró un efecto significativo sobre el porcentaje de fertilidad observando que a partir de la lactancia número 4, la fertilidad disminuye de manera considerable respecto a la primera, segunda y tercera lactancia. Estudios previos (Ray et al., 1992) demostraron un efecto significativo del número de lactancia sobre la eficiencia reproductiva en vacas lecheras y reportaron que las vacas de 1 y 2 lactancias al igual que aquellas con 5 y 6 lactancias requieren de 2.8 servicios por concepción, respecto a las vacas de 3 y 4 lactancias que concibieron con 1.9 servicios. En el mismo sentido, Quintela et al. (2004) demostraron que las vacas con más de 5 lactancias tienen una menor probabilidad (1.38) de quedar gestantes que aquellas con menos de <4 lactancias.

Los problemas relacionados a este, frecuentemente son atribuidos a la edad de los gametos y a la disminución de los niveles hormonales. Una ternera nace con todos los óvulos que va a necesitar a lo largo de su vida, por lo que aquellos liberados

durante la vida temprana del animal tendrán mayor oportunidad de ser fertilizados, por ser más jóvenes y saludables (Ávila, 2001).

## VI. CONCLUSIONES.

La necesidad de reducir las deficiencias en la detección de celo ha llevado a diseñar protocolos de IATF y aún cuando puede existir variabilidad en los resultados, es claro que se puede contar con una alternativa para contribuir a disminuir las deficiencias reproductivas.

Bajo las condiciones generales en las que se encuentra la ganadería nacional, si bien los costos de implementación de protocolos de IATF pueden parecer elevados, las deficiencias en la detección de celos son un problema importante y que puede afectar la productividad de un establecimiento.

Sin embargo, es importante mencionar que una de las grandes deficiencias de los programas de sincronización es la inadecuada atención al manejo de los animales.

Los protocolos de sincronización son complementarios a un buen manejo pero no lo reemplazan por lo que debe considerarse el estado nutricional de los animales al momento del servicio y un periodo de descanso postparto mayor a los 50 días.

## VII. BIBLIOGRAFÍA.

ABS México. “Programas de sincronización” [en línea]. 2008. Disponible en la Web: <http://esp.absglobal.com/solutions/beef/synchronization-programs/>. [Consulta: 15 de julio de 2010].

Accelerated Genetics. “Programas de sincronización” [en línea]. 2008. Disponible en la Web: [http://www.accelgen.com/spanish/Synchronization\\_Programs.aspx](http://www.accelgen.com/spanish/Synchronization_Programs.aspx). [Consulta: 10 de julio de 2010].

Aréchiga, et al. 1999. Mejoramiento animal reproducción bovinos. (1ra ed). Ed. División sistema universidad abierta y educación a distancia. México, DF. p. 23, 101 - 110.

Avila, J. Factores que influyen en la fertilidad. Sitio argentino de producción animal. 2001. p. 2.

Bernd A, Corinna V, Marc D. Influence of stage of lactation and milk production on conception rates after timed artificial insemination following ovsynch. *Theriogenology* 2003;60: 1527-1537.

Bó, G. Cutaia, L. Chesta, P. Balla, E. Picinato, D. Péres, L. Maraña, D. Avilés, M. Menchaca, A. Veneranda, G. Baruselli, P. 2006. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría. Jornada de Actualización en Reproducción Bovina. Instituto de Reproducción Animal Córdoba, Irac. p. 3 – 16.

Britt JH. Impacts of early postpartum metabolism on follicular development and fertility. *The Bovine Proceedings* 1992;24:39–43.

Cajero, M. Guzmán, M. Castro, P. 2008. Manual de inseminación artificial en bovinos. Curso de inseminación artificial en bovinos. Ciudad Hidalgo, Michoacán, México. p. 11 – 15.

Campos MS, Wilcox CJ, Becerril CM, Diz A. Genetic parameters for yield and reproductive traits of Holstein and Jersey cattle in Florida. *J Dairy Sci* 1994;77:867–73.

Canfield RW., Butler WR. 1990. Energy balance and pulsatile LH secretion in early postpartum dairy cattle. *Domestic Animal Endocrinology* 7:323-330.

Cano, P. Diagnostico y tratamiento de los principales problemas reproductivos en los bovinos. *Bovinotecnia*. 2005. p. 1 – 7.

Cartmill JA, El-Zarkouny SZ, Hensley BA, Rozell TG, Smith JF, Stevenson JS. An alternative AI breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperatures before or after calving or both. *J Dairy Sci* 2001;84:799–806.

Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Jalisco, A. C. “La vida reproductiva de la vaca” [en línea]. Unión Ganadera Regional de Jalisco. 1978. Disponible en la Web: [http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=474&Itemid=377](http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=474&Itemid=377). [Consulta: 15 de julio de 2010].

Chavez, R. 2006. Sincronización de celo en ganado bovino. Universidad Nacional de Loja, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Consultado el 29 de julio de 2010. Disponible en: [http://grupos.emagister.com.mx/documento/diferentes\\_programas\\_de\\_sincronizacion\\_de\\_celos\\_en\\_vacas/1699-166596](http://grupos.emagister.com.mx/documento/diferentes_programas_de_sincronizacion_de_celos_en_vacas/1699-166596).

De la Sota RL, Burke JM, Risco CA, Moreira F, DeLorenzo MA, Thatcher WW. Evaluation of timed insemination during summer heat stress in lactating dairy cattle. *Theriogenology* 1998;49:761–70.

Dogrueer G, Kemal M, Karaca F, Ergun Y. The comparison of the pregnancy rates obtained after the ovsynch and double dose PGF<sub>2α</sub> + GnRH applications in lactating dairy cows. *Journal of animal and veterinary advances* 2010;4:809-813.

Enciclopedia de los municipios de México. “Abasolo” [en línea]. 2000. Disponible en la [web:](http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/guanajuato/municipios/11001a.htm)  
<http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/guanajuato/municipios/11001a.htm>.  
[Consulta: 20 de Mayo de 2010].

Fernández, L. 2000. Reproducción aplicada en el ganado bovino lechero. Ed. Trillas. México, DF. p. 15, 25 – 26, 53 – 57.

Fernández, M. 2001. El ciclo estral de la vaca (diagnostico fotográfico). Ed. Servet. Zaragoza, España. p. 4 – 11.

Frandsen, R. 1984. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. (3ra ed). Ed. Interamericana S.A de C.V. México, DF. p. 368 – 392.

Galina, et al. 2006. Reproducción de animales domésticos. (2a ed). Ed. Limusa. México, DF. p. 66 – 87.

Gasque, R. La longevidad de las vacas lecheras se reduce. Bovinotecnia. 2006. p. 1.

González, A. 2009. Nuevo protocolo de presincronización en las vacas lecheras: doble – ovsynch. Mundo Holstein. (3): 10 y 11.

Hafez, B. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. (7a ed). Ed. McGraw – Hill Interamericana. México, DF. p. 164 – 167.

Hansen LB, Freeman AE, Berger PJ. Yield and fertility relationships in dairy cattle. J Dairy Sci 1983;66:293–305.

Hernández, J. Causas y tratamientos de la infertilidad en la vaca lechera. Bovinotecnia. 2006. p. 1 – 8.

Huanca, W. 2001. Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas lecheras. Inv ven Perú. 12 (2): 161 – 163.

Moreira F, Risco C, Pires MFA, Ambrose JD, Drost M, DeLorenzo M, et al. Effect of body condition on reproductive efficiency of lactating dairy cows receiving a timed insemination. *Theriogenology* 2000;53:1305–19.

Peters MW, Pursley JR. Fertility of lactating dairy cows treated with Ovsynch after pre-synchronization injections of PGF2a and GnRH. *J Dairy Sci* 2002;85:2403–6.

Platen M, Lindemann E, Muennich A. Environmental interactions between reproductive performance and milk yield in high-yielding cows in the USA. *Tieraärztl Umsch* 1995;50:41–6.

Prosegan. “Ovsynch y sus variaciones” [en línea]. 2010. Disponible en la Web: <http://jairoserano.com/2010/06/ovsynch-y-sus-variaciones/>. [Consulta: 15 de julio de 2010].

Quintela, L.A., A.I. Peña, M.J. Taboada, G. Alonso, B. Varela-Portas, C. Díaz, M. Barrio, M.E. García, J.J. Becerra and P.G. Herradón (2004). Risk factors for low pregnancy rate in dairy cattle: A retrospective study in the North West of Spain. *Arch. Zootec.* 53: 69-76. 2004.

Quintela, et al. 2006. *Ecografía y reproducción en la vaca*. Ed. Servicio de publicaciones e intercambio científico campus universitario sur. Santiago de Compostela. p. 35 – 50.

Ray D, Halbach T, Armstrong D. Season and lactation number effects on milk production and reproduction of dairy cattle in Arizona. *J Dairy Sci* 1992;75:2976-2983.

Salverson, R. y Perry, G. 2007. Cómo funcionan los protocolos de sincronización del celo en vacas. *Albéitar*. (111): 12 – 14.

Soria, G. V. 2006. Efecto de progestágenos y luteolíticos sobre la actividad ovárica en vacas y vaquillas. (Tesis de licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México.

Souza AH, Ayres H, Ferreira RM, Wiltbank MC. A new presynchronization system (double-ovsynch) increases fertility at first postpartum timed AI in lactating dairy cows. *Theriogenology* 2008;70: 208-215.

Squires, E. 2006. *Endocrinología animal aplicada*. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. p. 169, 174 – 188, 190 – 193.

Stevenson JS, Kobayashi Y, Shipka M, Rauchholz KC. Altering conception of dairy cattle by Gonadotropin releasing hormone preceding luteolysis induced by prostaglandin F2a. *J Dairy Sci* 1996;79:402–10.

Vasconcelos JLM, Sicox RW, Rosa GJM, Pursley JR, Wiltbank MC. Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology* 1999;52:1067–78.

Wiltbank CM. 2009. Interaction of hormones and nutrition on reproductive efficiency of dairy cows. Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop. November 11-12; Grantville, PA Penn State University USA. 23-34 pp.