

**APLICACIÓN DE DOS TRATAMIENTOS HORMONALES PARA LA  
REGULACIÓN DEL CICLO ESTRAL Y SU EFECTO SOBRE LA FERTILIDAD  
EN BOVINOS DE LA RAZA HOLSTEIN-FRIESIAN BAJO UN PROGRAMA DE  
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL.**

TEMA DE TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

**PEDRO ALÁN LÓPEZ CASTRO**

---

**M.C. PABLO LUNA NEVAREZ**  
ASESOR  
Vo. Bo.

---

**M.V.Z. JOSE M. ACEVES GUTIÉRREZ**  
CO-ASESOR  
Vo. Bo.

---

**M.V.Z. M.A. CARLOS M. AGUILAR TREJO**  
COORDINADOR DE LA CARRERA DE MVZ.

**COMITÉ:**

PRESIDENTE \_\_\_\_\_

SECRETARIO \_\_\_\_\_

VOCAL \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTOS**

**Gracias primeramente a Dios que me ha permitido llegar a realizar esta meta, por que ha llevado alegrías y tristeza a mi vida, Te agradezco señor por permitir llegar ha esta etapa.**

Les doy mis sinceros agradecimientos a mis maestros ,amigos y asesores **M.C. Pablo Luna Nevárez y M.V.Z José Maria Aceves Gutiérrez**, por que siempre nos han motivado a salir adelante y ser mejores, por el apoyo que nos brindaron incondicionalmente, tanto en el trabajo de investigación como personal gracias les doy por este gesto tan especial siempre lo tendré presente¡ GRACIAS! Son las únicas palabras mas sinceras que tengo para agradecerles, ese apoyo prestado y confianza que me han tenido a mi y mis otros compañeros de tesis.

A mis revisores **M.V.Z Guadalupe Méndez Castillo, M.C Carlos Aguilar Trejo y M.V.Z Javier Munguía Xochihua**, gracias por su valiosa cooperación.

A toda la planta docente del **DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**, por habernos aguantado estos 5 años y habernos transmitido los conocimientos.

## DEDICATORIAS

### **A mi familia:**

Que para mi es el mejor regalo que maya echo Dios en la vida.  
Por todos ustedes que me han motivado siempre para seguir adelante, ¡ con todo mi cariño y respeto le dedico este trabajo !.

### **A mis padres:**

#### **Sr. Francisco Javier López Buelna y Sra. Marisela Castro Cárdenas**

Quienes me han inculcado y enseñado el valor de las cosas, apoyándome incondicionalmente para que salga adelante y cumpla todos mis proyecto que me fije en la vida, les doy las gracias por su confianza que la han depositado en mi, que Dios los bendiga y siempre el señor los conserve juntos ¡ GRACIAS! .

### **A mis hermanos:**

#### **José Adair, Nidia Josefina, Francisco Javier(†), Oscar Ariel y Judit Guadalupe.**

Quienes me han apoyado y compartido todo los momentos de alegrías y tristeza, que siempre el señor nos mantenga unidos ¡ Gracias hermanos siempre estarán en mi corazón !

### **A mis tíos y abuelos:**

En general les doy las gracias a todos pero en especial a:

**Sra. Yudith López Buelna , Sr. Hipólito Rivera Alvarado, Sr. José López y Sra. Francisca Buelna,** por el apoyo incondicional que me han dado y han estado en las buenas y en las malas con migo ¡ GRACIAS!

### **A mis amigos:**

Por todos esos años que hemos estado juntos compartiendo buenos y malos ratos que nos han tocado vivir.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	vii
LISTA DE CUADROS .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	1
REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
1. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO ..	4
1.1. Nutrición .....	4
1.2. Estrés .....	7
2. CICLO ESTRAL .....	10
2.1. Endocrinología .....	11
2.2. Etapas del Ciclo Estral .....	12
3. SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO .....	14
3.1. Factores de Manejo que afectan la Sincronización de Estros .....	15
3.2. Método utilizados para la Sincronización de Estros .....	16
3.2.1. Progestágenos .....	17
3.2.2. Progestágenos más Estrógenos .....	19
3.2.3. Progestágenos más Prostaglandinas .....	21
3.2.4. Prostaglandinas .....	23
3.2.5. Prostaglandinas más GnRH .....	25
4. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL.....	29
4.1. Técnica Recto – Cervical .....	29
4.2. Ventajas y Desventajas de la IA .....	32

5. DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN .....	33
5.1. Palpación Rectal .....	33
5.2. Ultrasonografía Transrectal .....	34
MATERIALES Y MÉTODOS .....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
LITERATURA CITADA .....	44

## RESUMEN

**López Castro Pedro Alán. Aplicación de dos tratamientos hormonales para la regulación del ciclo estral y su efecto sobre la fertilidad en bovinos de la raza Holstein-Friesian bajo un programa de inseminación artificial. Asesor: M.C. Pablo Luna Nevárez y Co-Asesor: M.V.Z. José María Aceves Gutiérrez.**

Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de dos tratamientos hormonales sobre el porcentaje de preñez en ganado bovino productor de leche, se utilizaron 28 vacas de la raza Holstein-Friesian, de 4 a 6 años de edad, de 2 a 4 partos y condición corporal de 2.5 a 4, las cuales fueron divididas en dos grupos experimentales: grupo 1 (T1) formado por 14 vacas que recibieron la aplicación intramuscular (IM) de 25 mg de Prostaglandina F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>) el día 0 y una segunda aplicación el día 14; mientras que el grupo 2 (T2), estuvo formado por 14 vacas que recibieron una inyección IM de 100 µg de Hormona Liberadora de Gonadotropinas (GnRH) el día 0 y el día 9, así como la aplicación IM de 25 mg de Prostaglandina F<sub>2α</sub> el día 7. Las vacas de ambos grupo fueron inseminadas artificialmente a tiempo fijo y se les realizó el diagnóstico de gestación por ultrasonografía a los 35 días posteriores. El porcentaje de preñez para el T1 fue de 71.4% y para el T2 de 64.2%, no encontrando diferencia estadística (P>.05).

## LISTA DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	PORCENTAJES DE PREÑEZ EN BASE A LOS DOS TRATAMIENTOS HORMONALES .....	39

## INTRODUCCIÓN

México es una nación donde las actividades pecuarias sustentan parte importante de la economía, dentro de las cuales encontramos las explotaciones tanto extensivas como intensivas de ganado bovino productor de carne y/o de leche. Dichas explotaciones, para obtener una eficiente productividad, dependen de un adecuado balance en el control de los factores de manejo, tales como la nutrición, reproducción, sanidad, etc., así como factores ambientales que se encuentran en esas explotaciones.

Al analizar los parámetros productivos con que actualmente cuentan las explotaciones de ganado bovino productor de leche en el estado de Sonora, encontramos un déficit en la producción de leche por vaca, aunado a un incremento significativo a los días improductivos, situación que afecta en forma directa la rentabilidad de las explotaciones lecheras. Ello se debe principalmente a la falta de eficiencia en los programas reproductivos, ya que aún y cuando se utilizan productos hormonales como la PGF2 $\alpha$  para sincronizar el estro previo a la inseminación artificial, ésta no asegura elevar las tasas de concepción, ya que aproximadamente un 10% de las hembras que entran en estro después del tratamiento con dicha hormona no óvulo, razón por la cual no quedan gestantes después de ser inseminadas.

En base a la problemática planteada anteriormente, es importante la aplicación de técnicas reproductivas que mejoren los índices de concepción. Actualmente, la inseminación artificial es una de las técnicas más importantes para elevar la productividad en las explotaciones lecheras, ya que a través de ella es

posible utilizar semen de toros de alto valor genético, esto permite tener mejores crías, por consiguiente se obtendrá una mejor calidad del hato, se evitarán problemas de infecciones y se economizará la manutención de toros.

Aunado al programa de inseminación artificial, es recomendable aplicar otras técnicas reproductivas como lo es la regulación o control del ciclo estral, mediante las cuales es posible sincronizar no sólo el estro, sino también la ovulación; contribuyendo así, a obtener un mejor aprovechamiento de la inseminación artificial.

En base a lo anteriormente planteado, se considera de suma importancia la realización de proyectos de investigación que permitan evaluar el impacto que tiene la aplicación de productos hormonales para la regulación del ciclo estral. De esta manera es posible analizar estadísticamente la eficiencia de dichos tratamientos hormonales, como reguladores de la eficiencia reproductiva en el ganado bovino productor de leche.

La administración de  $\text{PGF2}\alpha$  sola es comúnmente utilizada para sincronizar un estro ovulatorio en vacas ciclando; sin embargo, este método es inefectivo en hembras en anestro y la variación entre los animales en el estado de la onda folicular al momento de la aplicación de la  $\text{PGF2}\alpha$ , contribuye directamente a la variación en el inicio del estro durante el período de sincronización. Consecuentemente, el método de sincronización utilizando  $\text{GnRH} - \text{PGF2}\alpha - \text{GnRH}$ , fue desarrollado para sincronizar ondas foliculares y tiempo de ovulación; mediante este método, se desarrolla un folículo preovulatorio que óvulo en respuesta al segundo pico de LH inducido por el GnRH a las 48 horas posteriores a la aplicación de la  $\text{PGF2}\alpha$ .

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación, fue comparar el porcentaje de hembras gestantes a los 45 días posteriores a la inseminación artificial; dicho objetivo fue evaluado con respecto a los dos diferentes tratamientos hormonales usados en la presente investigación (PGF2 $\alpha$  sola, o combinada con GnRH).

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 1. Factores que afectan el Comportamiento Reproductivo.

#### 1.1. Nutrición.

En los bovinos, al igual que en otras especies de mamíferos, se ha demostrado que el desarrollo del folículo ovárico se controla principalmente por un sistema integral de retroalimentación que incluye la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) proveniente del hipotálamo, a la hormona folículo estimulante (FSH) y a la hormona luteinizante (LH) secretadas por la hipófisis, y a las hormonas esteroides (estrógenos, andrógenos y progesterona) y a algunas proteínas (inhibían, activína y folistatina) secretadas por el ovario.

El desarrollo folicular se controla principalmente por la acción coordinada de las gonadotropinas (Campbell et al., 1995). Los requerimientos de gonadotropinas para el crecimiento folicular en ganado fueron determinados recientemente por Gong et al. (1996) quienes suprimieron la liberación de LH o de LH y FSH por la pituitaria, por medio de un tratamiento prolongado con un agonista de la GnRH. Ellos demostraron que sin la liberación pulsátil de LH el desarrollo folicular podía llevarse a cabo pero se detenía cuando el folículo dominante alcanzaba los 7 – 9 mm de diámetro. Más tarde al suprimirse los niveles de FSH, el crecimiento de los folículos se detuvo a los 4 mm de diámetro. Por lo tanto, si el desarrollo folicular depende del estímulo constante de las gonadotropinas; por lo tanto, los cambios en la secreción de las mismas, provocados por la nutrición podrían afectar al desarrollo folicular.

Después de la ovulación, ocurre la fertilización, cuando la vaca es inseminada en el momento apropiado. Los niveles óptimos de progesterona provenientes del cuerpo lúteo recién formado son esenciales para proveer de un ambiente adecuado para el desarrollo y crecimiento del embrión en el oviducto y útero. Así, los posibles sitios donde una nutrición inadecuada puede ejercer sus efectos determinantes en la función reproductiva incluyen:

1. En el hipotálamo y glándula pituitaria, alterando la liberación de gonadotropinas con el subsecuente efecto de retardar la ovulación y causar un desarrollo folicular anormal.
2. Directamente en el ovario donde tanto los patrones de crecimiento folicular como la función lútea pueden verse afectados.
3. Alterando el desarrollo folicular, donde indirectamente la calidad del ovocito puede verse reducida con el subsecuente efecto negativo en la supervivencia embrionaria.
4. Provocando un ambiente uterino inadecuado que afecte negativamente el desarrollo y supervivencia del embrión.

Las concentraciones circulantes de FSH en animales enteros no parecen verse afectadas por cambios nutricionales. Rodes et al. (1995) encontraron que no había cambios en las concentraciones de FSH en novillonas desnutridas, ni aún después de que éstas habían perdido el 17% de su peso corporal; tampoco encontraron diferencias en las concentraciones de FSH entre ovejas con condición corporal alta o baja. Sin embargo, la falta de diferencias en las concentraciones de FSH pudo deberse a la regulación ovárica de la secreción de FSH. De hecho, los animales ovariectomizados con buena condición corporal tienen concentraciones circulantes de FSH más altas que aquellos con una condición corporal pobre (Gutiérrez, 1999).

Pese a que en algunos estudios no se establecieron diferencias en el patrón de secreción de LH en novillonas mal nutridas, hay consenso en que los cambios significativos en el peso corporal o en la disponibilidad de alimento alteran el patrón de secreción de LH. Esto se demostró por primera vez por González Padilla et al. (1975), citados por Yelich et al. (1996) en novillonas con restricción alimenticia.

En la mayoría de las ocasiones la glándula pituitaria es capaz de liberar cantidades sustanciales de LH y FSH en respuesta a la estimulación de GnRH. Más aún, la cantidad de LH liberada no cambió cuando novillonas con una condición corporal inicialmente alta estaban perdiendo peso. No obstante, en novillonas con una condición corporal inicialmente baja y que estaban perdiendo peso, la respuesta de la LH a la GnRH se redujo (Roberson et al., 1992). En conjunto estos resultados indican que la respuesta a la GnRH disminuye una vez que el animal ha alcanzado una condición corporal límite. Lo anterior queda claramente ilustrado por el hecho de que el inicio de la primera oleada folicular en vacas amamantando no difiere entre aquellas que se mantienen en un nivel de alimentación bajo y las que se encuentran en un nivel alto. Aunque, la primera ovulación se retrasó 25 días en los animales con nivel nutricional bajo (Stagg et al., 1995). Además, cuando la condición corporal es baja, la síntesis y almacenamiento de gonadotropinas, o la sensibilidad / respuesta de la glándula pituitaria al GnRH se encuentran reducidas.

En conclusión, las concentraciones de FSH en los animales enteros no se ven influenciadas por el estado nutricional. No obstante, la concentración y frecuencia de los pulsos de LH parecen disminuir cuando los animales son sometidos a dietas sub óptimas. En ganado lechero, el grado del déficit energético durante las primeras 2 a 3 semanas posparto está altamente correlacionado con el intervalo al primer estro. Así por ejemplo,

una serie de experimentos recientes llevados a cabo en el instituto Roslin, donde el dicho ganado ha sido seleccionado en dos líneas divergentes, los animales altos productores mostraron un retraso significativo en el reinicio de su actividad cíclica (Gutiérrez, 1999).

## **1.2. Estrés.**

Las vacas lecheras son extremadamente sensibles al estrés calórico del medio ambiente. El problema consiste en éstas son incapaces de mantener una temperatura corporal normal en un medio ambiente calórico debido a una alta producción de calor asociada con la lactación. Las vacas se ajustan a las altas temperaturas reduciendo el consumo de alimento, buscando la sombra, estar parada más que echada (a menos que el suelo este húmedo) y limitando la actividad física incluyendo la conducta estral. La combinación de estos ajustes junto con las altas temperaturas ocasionan una depresión en la producción de leche y en el comportamiento reproductivo durante el clima caluroso.

Durante el verano, se presenta una marcada disminución en la producción de leche por las vacas como un resultado del estrés calórico.

El ganadero lechero, en general tiene una buena apreciación para esta pérdida en la producción debido a que ellos pueden monitorear el volumen del tanque tomando la lectura sobre una base diaria.

Sin embargo, las pérdidas reproductivas debido a estrés calórico no son tan obvias durante estos meses y no llegan a ser aparentes hasta más tarde en el otoño. Una caída significativa en las tasas de preñez durante los meses de verano sin recuperación hasta noviembre, sugieren un efecto acarreador durante el principio del otoño. En contraste, las

dichas tasas de gestación en vaquillas no son afectadas durante los meses de verano. Parece ser que la vaquilla no lactante es más eficiente en adaptarse al medio ambiente calórico que las vacas lactantes. Anteriormente, investigadores de Arizona informaron una reducción del 50% en el comportamiento reproductivo durante los meses de verano (Armstrong, 1992).

El estrés calórico afecta varios componentes del proceso reproductivo. Durante la exposición de las vacas al clima caluroso, se presenta una reducción en la duración del estro menor de 10 horas, también se ha visto una intensidad más baja del estro. Esta reducción en la actividad sexual (actividad física) disminuye el calor metabólico producido y así reduce la carga calórica total producida por la vaca. Si el estro ocurre durante las horas más frescas de los días, tales como en la tarde o temprano en la mañana, el personal del establo puede no darse cuenta de ello. Si el estro ocurre durante el periodo caluroso del día, la vaca difícilmente llega a ser activa debido a la necesidad de buscar un área sombreada.

Si los crayones o las marcas son utilizadas como una ayuda en la detección del estro, esta reducción en la actividad sexual da como resultado vacas que no están siendo “borradas” o teniendo una marca en funcionamiento. Estas alteraciones en la conducta estral de la vaca, compromete la eficiencia en la detección del estro para los programas de inseminación artificial. En suma, las vacas expuestas al calor comerán menos o estarán lejos del alimento. Esto causa que pierdan peso y alcancen un balance energético negativo, lo cual retarda el ciclo estral en el posparto o prolonga el ciclo en aquellas que han comenzado a ciclar.

El estrés calórico también altera el balance hormonal, lo cual interfiere con el proceso reproductivo que da como resultado la gestación. En particular el estrógeno, hormona que normalmente es alta alrededor del momento del estro, es significativamente

más baja en vacas con estrés calórico. Esta menor diferencia afecta la intensidad del estro así como el medio ambiente del útero y el oviducto que controla la capacitación del esperma, la fertilización y viabilidad del embrión. La sangre que fluye al útero es reducida en las vacas con estrés calórico. Tal reducción en el flujo de sangre afecta la disipación de calor del útero y la disponibilidad de nutrientes a este, así como el desarrollo embrionario. Estos cambios alteran el balance y sincronización que existe entre el embrión y el útero culminando en una pérdida de gestación (Risco, 1998).

## **2. CICLO ESTRAL.**

El momento clave del ciclo estral, es aquel en el que la vaca se muestra receptiva al macho y puede ser montada. Este es el período en el que la hembra manifiesta un comportamiento sexual característico en presencia de un macho maduro: inmovilidad, elevación de los cuartos traseros o arqueamiento de la espalda, erección de las orejas, etc.; si la hembra no se aparea durante este período, se vuelve refractaria al semental y experimenta una serie de fenómenos ováricos que no se manifiestan claramente, en términos de comportamiento

sexual, hasta que de nuevo vuelve al estro después de un intervalo que varía en cada especie (Spitzer et al., 1993).

La duración del ciclo estral es en promedio de 20 ó 21 días, con un rango que varía de 18 hasta 24 días; la fase luteal ocupa aproximadamente 17 días, y le sigue una fase folicular de 3 a 4 días . La duración del estro en la vaca es de 12 a 16 horas, con un promedio de 15 a 18 horas. La ovulación tiene lugar de 10 a 12 horas después de terminar el estro, o bien, de 25 a 30 horas después de la secreción preovulatoria de gonadotropinas.

## **2.1. Endocrinología del Ciclo Estral.**

El ciclo estral es controlado por una cascada de hormonas que son secretadas inicialmente por el hipotálamo, es cual es una pequeña porción, pero muy importante del cerebro, y que regula algunas de las funciones corporales (Randel, 1980; citado por Gómez, 1995).

El hipotálamo secreta un factor liberador de las gonadotropinas (GnRH), el cual es transportado por el sistema portal hipofisiario a la glándula pituitaria. El GnRH hace que la hipófisis secrete las hormonas gonadotrópicas, de las cuales las más importantes son la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), y éstas son transportadas por la sangre al ovario, donde ambas modulan su actividad (McDonald, 1993).

El folículo crece por la acción de la FSH y la LH, que son las que regulan el ciclo ovárico y son liberadas periódicamente. Los estrógenos afectan al cerebro, causando que la vaca presente calor y se encuentre receptiva al macho. En altas concentraciones deprimen la secreción pulsátil de la FSH. Una elevación de la LH

es producida al momento de acercarse el estro, esta oleada trabaja sobre los folículos, lo cual permite que el óvulo sea liberado unas 30 horas después de terminar el estro. En el sitio del folículo reventado se desarrolla una estructura llamada cuerpo lúteo (CL); éste desarrollo tarda aproximadamente 7 días, después de los cuales empieza la secreción de progesterona del CL., la cual sensibiliza el útero, produciendo un medio ambiente favorable para el desarrollo del embrión (Bearden y Fuquay, 1992).

La vida del CL es determinada por las prostaglandinas ( $\text{PGF}_{2\alpha}$ ), ya que cuando no se presenta la preñez el útero las libera, produciendo regresión del CL, causando con esto un alto a la producción de progesterona; el descenso brusco en los niveles de progesterona permite la activación del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal (Randel 1980; citado por Gómez, 1995).

## **2.2. Etapas del Ciclo Estral.**

El ciclo estral se divide en cuatro fases que son las siguientes:

### **1. Proestro.**

Este período se caracteriza por crecimiento folicular y producción de estradiol, el cual aumenta el aporte sanguíneo al aparato genital tubular y produce edema del mismo, desde la vulva al oviducto. Los procesos de crecimiento son estimulados a lo largo de todo el aparato, pero especialmente en el útero. La vulva se hincha hasta cierto grado, el vestíbulo se torna hiperémico y las glándulas vestibulares secretan un líquido seroso que asemeja un flujo vaginal claro. El crecimiento del folículo ovárico es suficiente para elevarlo o hacer protrusión por encima de la base de dicho órgano.

### **2. Estro.**

Después de los tres días de Proestro, aparece el estro o período de deseo sexual, resultante de la acción del estradiol sobre el sistema nervioso central, que

da origen a las manifestaciones psíquicas del celo. Durante las 14 a 18 horas que la vaca permanece en este estado, manifiesta inquietud, ansiedad, brama con frecuencia y pierde el apetito. La producción de leche disminuye de manera vertical; el aparato genital se halla bajo el dominio creciente de los estrógenos; aumenta la congestión de los genitales y se aprecia incremento manifiesto de la secreción glandular dando origen a un moco fluido que emana por la vulva y cuyo olor (feromona sexual) atrae y excita al toro. Persiste la inflamación de la vulva y vagina en las que se advierte hiperemia, y por último, al cabo de 14 a 18 horas, el sistema nervioso de la vaca se torna refractario al estradiol y cesan en el animal todas las manifestaciones psíquicas del celo. Durante el estro se inicia un aumento de los valores de la LH procedente de la hipófisis, la cual produce la liberación de estradiol.

### 3. Metaestro.

Es el período inmediatamente sucesivo al término del estro, durante el cual tiene lugar la ovulación, aparece hemorragia en la cavidad folicular que se llena de sangre y comienza el crecimiento rápido de las células luteínicas. Este es el período de la organización celular y del desarrollo del cuerpo amarillo. Después de la ovulación se inicia el aumento en la producción de progesterona, aún cuando el tejido luteínico no se halle plenamente formado. Cesa gradualmente la congestión del aparato genital tubular y las secreciones glandulares de dicho aparato se tornan viscosas y disminuyen en cantidad. El metaestro dura de 2 a 3 días , y es precisamente durante este período que se expulsa por la vulva moco teñido con sangre.

### 4. Diestro.

**Este período es el más largo del ciclo estrual, llamado también período de la función del cuerpo amarillo. Aún cuando la vaca no queda preñada, el cuerpo amarillo se transforma en un órgano funcional que elabora grandes cantidades de progesterona, que ingresa a la circulación general y afecta el desarrollo de la glándula mamaria y el crecimiento del útero. El miómetro se hipertrofia por influencia de la progesterona, y las glándula uterinas secretan un material viscoso y espeso que servirá de nutrición al cigoto. El desarrollo glandular continúa a todo lo largo del aparato genital tubular. En caso de llegar un cigoto al útero, el cuerpo amarillo persistirá durante toda la gestación. Si el huevo no es fecundado, el cuerpo amarillo permanece funcional hasta el día 17 aproximadamente, después del cual empieza a regresar en preparación para un nuevo ciclo estral (Arthur et al., 1991).**

### **3. SINCRONIZACIÓN DE ESTROS**

La sincronización de estros consiste en la agrupación de hembras en estro durante un período corto (3 a 4 días), favoreciendo el uso de la inseminación artificial (IA) en el ganado bovino, al mismo tiempo que sincroniza los partos. La IA en vacas sincronizadas, permite al productor servir a sus vacas con sementales probados genéticamente superiores y que son capaces de mejorar las características de mayor interés (Ramírez y Miller, 1995).

La rentabilidad de una explotación de ganado lechero, se basa actualmente en la eficiencia de sus animales para producir leche, por lo cual se hace indispensable manejar parámetros reproductivos eficientes. Hoy en día, existen técnicas reproductivas que mejoran considerablemente las condiciones productivas del ganado lechero, mediante la aplicación de productos hormonales

para la sincronización de estros (SE), tal como los progestágenos y las prostaglandina, ya sea solos o en combinación con otras hormonas (Luna, 2001).

La SE sin embargo, no resuelve problemas de manejo, se requiere de buena nutrición, buena salud del hato, ciclicidad del ganado en altos porcentajes, adecuados tiempos postparto (mínimo de 45 a 60 días), excelente calidad del semen, buena detección de calores, instalaciones adecuadas y precisión en la técnica de inseminación artificial, ya que cuando algunos de estos manejos falla, los resultados serán insatisfactorios.

### **3.1. Factores de Manejo que afectan la Sincronización de Estros.**

Los criterios usados por los productores de ganado para evaluar los programas de S.E. no están limitados a los resultados. El costo y la facilidad de aplicación son también importantes. Los resultados reproductivos dependerán del programa de sincronización utilizado, del ganado (ciclicidad y fertilidad, estado nutricional, genotipo, docilidad), fertilidad del semen, capacidad del técnico inseminador y habilidad en la detección de estros. Los costos dependen de qué producto y de cuál programa de sincronización sean utilizados. La eficiencia de aplicación depende del programa, de la facilidad en el manejo del ganado y de la docilidad del mismo. La importancia relativa de cada factor varía grandemente para los diferentes productores. Por ejemplo, en algunas situaciones, la S.E. aunada a la I.A. es imposible a menos que la inseminación a tiempo pre-determinado sea utilizada. Por el contrario, para otros productores, la detección de

estros puede ser llevada sin dificultad, por lo que la inseminación a tiempo fijo no es necesaria (Ramírez y Miller, 1995).

Un aspecto frecuentemente expresado por los productores, es que las vacas sincronizadas pueden parir al mismo tiempo y si las condiciones ambientales son desfavorables, las pérdidas de terneros pueden ser altas.

En vacas o vaquillas, el factor más limitante para el éxito del programa de sincronización es el porcentaje de ciclicidad. Este último en vaquillas al inicio de la época de apareamiento, es altamente influenciado por la edad y la nutrición, mientras que en vacas adultas, es influenciado por la fecha de parto, nutrición y amamantamiento. Con un adecuado manejo nutricional, los diferentes programas de sincronización pueden ser usados exitosamente tanto en vacas como vaquillas.

En general, los dos factores de manejo que determinan el éxito o el fracaso de un programa de sincronización de celos, son la nutrición y el intervalo postparto. La iniciación de los ciclos estruales después del parto se demora si la vaca pierde peso durante la preñez. Cuando las vacas son adecuadamente alimentadas durante la preñez, pero no ganan peso en el período postparto, presentarán celos pero tendrán tasas reducidas de preñez. Para ser incorporadas a un programa de sincronización, las vacas deben tener al menos 50 días de paridas o más si se trata de vacas de primer parto (Luna, 2001).

### **3.2. Métodos utilizados para la Sincronización de Estros.**

El desarrollo de los métodos para el control del ciclo estral en el ganado bovino ha ocurrido en 5 fases distintas. La bases fisiológicas para la sincronización de estros siguieron al descubrimiento de que la progesterona inhibía la

maduración folicular preovulatoria y la ovulación. Entonces se pensó que la regulación del ciclo estral estaba asociada con el control del cuerpo lúteo, cuyo período de vida y actividad secretora son regulados por mecanismos tróficos y lútricos.

La fase I incluyó los esfuerzos para prolongar la fase luteal del ciclo estral o para establecer una fase lútea artificial por medio de la administración exógena de progesterona. Más tarde, los agentes progestacionales fueron combinados con estrógenos o gonadotropinas en la fase II; mientras que la fase III involucró la utilización de prostaglandinas o sus análogos como agentes luteolíticos. Los tratamientos que combinaron los progestágenos con prostaglandinas, caracterizaron la fase IV.

El preciso monitoreo del folículo ovárico y del cuerpo lúteo por medio de la ultrasonografía transrectal, permitió un mejor entendimiento del ciclo estral bovino y, particularmente, de los cambios que ocurren durante una onda folicular. El crecimiento de los folículos en el ganado ocurre en distintos patrones similares a oleadas, con una nueva onda folicular presentándose aproximadamente cada 10 días. En la actualidad se conoce que el preciso control del ciclo estral (fase V), requiere la manipulación tanto de la onda folicular como del período de vida del cuerpo lúteo (Patterson et al., 2000),

### **3.2.1. Sincronización con Progestágenos.**

La progesterona (P4) y los compuestos progestacionales son utilizados ampliamente en muchas especies domésticas como método de control del ciclo estral, particularmente para sincronizar el celo en grupos de hembras. En general,

se reconoce que los progestágenos actúan como un cuerpo lúteo artificial, que provoca un efecto de retroalimentación negativa sobre la hipófisis anterior, bloqueando la liberación de gonadotropinas. Cuando la administración de ellos se suspende, su efecto bloqueador cesa y se reanuda la ciclicidad sexual.

El Norgestomet aplicado por vía subcutánea durante 9 días, aparentemente actúa suprimiendo la liberación de gonadotropinas por parte de la glándula pituitaria y alterando la secreción de esteroides ováricos para inhibir el estrógeno y la ovulación hasta que se retira el agente progestágeno.

Uno de los progestágenos más usados actualmente (por su bajo costo) es el acetato de melengestrol (MGA), el cual suprime el estrógeno y la ovulación cuando es administrado oralmente en dosis de 0.5 mg/vaca/día (Luna, 2001).

**Los intentos iniciales para regular el ciclo estral comprendieron la aplicación de progesterona exógena o progestágenos sintéticos, con la finalidad de prolongar la fase lútea del ciclo o para establecer una fase artificial ( Patterson et al., 2000). Los progestágenos suprimen el estrógeno y la ovulación inhibiendo la secreción de LH y la maduración folicular. Los métodos más utilizados para tal fin fue la administración de progesterona por las siguientes vías: formulación oral, intravaginal, y/o implantes subcutáneos ( Peter, 1986; citados por Larson y Ball, 1992).**

**De los progestágenos utilizados originalmente para la sincronización de calores de las vacas, sólo quedan algunos de uso actual basados en su potencial para la aplicación en la actividad del control de estrógenos y la ovulación. El desarrollo del acetato de Melengestrol (MGA), caracterizado biológicamente como un análogo de la medroxiprogesterona (MAP), ocurrió**

durante la búsqueda de las fuentes, sugeridas y potencialidad de los productos orales, estos fueron los primeros compuestos para inhibir la ovulación en la mujer. Mas tarde se determinó que podrían ser utilizados en la reducción de los cambios de la fertilización y de la implantación (Patterson et al., 1989). El primero en demostrar las propiedades de estos productos, fue Zimbelman y mas tarde demostró que el MGA era efectivo en mantener la preñez en vaquillas productoras de leche ovariectomizadas bilateralmente con cantidades mínimas de MGA . Estas sustancia evitan la presencia de calor en el ganado y han sido utilizadas ampliamente para alterar el ciclo estral de las vacas. Tratamientos tempranos fueron designados para sincronizar celos en vacas con ciclos normales con alimentación diaria de MGA por 14 – 18 días en niveles de 0.5 mg, siendo el promedio del intervalo del primer estro a la ovulación después del ultimo alimento con MGA fue de 3 – 7 días.

Un implante de 6 mg de norgestomet (progestágeno sintético) aplicado por vía subcutánea durante 9 días, más la inyección de 5 mg de valerato de estradiol y 3 mg del norgestomet al momento de implantar, sincroniza satisfactoriamente el estro en ganado bovino (Odde, 1990).

### **3.2.2. Sincronización con Progestágenos más Estrógenos.**

Para que los sistemas con progestágenos por períodos cortos sean efectivos en la sincronización de estros, un agente luteolítico debe ser incorporado. Los estrógenos son luteolíticos cuando son administrados durante la parte temprana del ciclo estral.

El Syncro-Mate B (SMB), que consiste en un implante subcutáneo de 6 mg de Norgestomet (NOR) más una inyección intramuscular que contiene 5 mg de valerato de estradiol (VE) + 3 mg de Norgestomet (NOR), suprime la actividad luteal y el pico de liberación de gonadotropinas durante el tratamiento, proporcionando una variable respuesta endocrina y conductual siguiente al tratamiento.

Parece ser que la progesterona puede actuar suprimiendo en la pituitaria la liberación de gonadotropinas en la vaca ciclando, posiblemente suprimiendo la sensibilidad de la pituitaria al GnRH endógeno, mientras que el estrógeno puede incrementar o desencadenar la liberación tanto de FSH como de LH (Luna, 2001).

Una sustancia luteolítica debe ser incorporada en plazos cortos con progestágenos para que sea efectiva. El ganado tratado con estos productos por menos de 14 días se reportó que no reduce las tasas de concepción ( Wiltbank and Kasson , 1968; Roche, 1976; citados por Valencia, 1994). Sin embargo para que este sistema de corta exposición de la hormona sea efectivo debe ser incorporado el agente luteolítico.

Spitzer et al. (1993) reportaron que en vaquillas tratadas con una inyección de valerato de estradiol seguida de un implante de norgestomet por 16 días reduce la fertilidad comparada con 9 días.

Beal et al. (1984) mencionan que al utilizar vacas y vaquillas ciclando y no ciclando de diferentes grupos raciales tratados con Syncro Mate-B (SMB), la respuesta al estro fue aceptable pero mostraron una marcada variabilidad en la respuesta al mismo, y la fertilidad y el intervalo fue similar. La sincronización con SMB resulta en altos porcentajes de hembras en celo ( 70 a

100 % ). Sin embargo, la fertilidad de sincronización es variable. La tasa de concepción al primer servicio tiene un rango de 33 a 68 %. La diferencia en la concepción puede deberse en parte, al nivel de ciclicidad de los animales tratados ( Spitzer et al., 1993).

En una investigación realizada, donde los porcentajes de preñez al primer servicio no se mencionan, las preñeces al día 5 fueron mas bajas en hatos donde menos del 50% de los animales estaban ciclando.

Probablemente esta baja en la concepción del primer servicio en el hato es debida a que la ciclicidad fue reducida, ya que la respuesta de estros de animales tratados con SMB generalmente es alta.

Brink y Kiracofe (1988) reportan concepciones de 30% en vacas post-parto, sabiendo de antemano que estos animales estaban anéstricos previos al tratamiento. Resultados similares fueron reportados por Brown et al. (1988), citados por Valencia (1994) donde mencionan que la tasa de concepción en vaquilla tratadas con SMB en estro fue de 30 % contra el 48% en los animales ciclando. Anderson et al. (1982) citados por Valencia (1994) reportaron en animales Holstein jóvenes tratadas con dosis de SMB, donde un grupo fue seleccionado por el día del ciclo estral y 88.3% mostró celo y la fertilidad no fue diferente comparada con el control.

### **3.2.3. Sincronización con Progestágenos más Prostaglandinas.**

En vez de administrar un estrógeno al inicio del tratamiento con progestágenos para reducir la duración de la exposición a progesterona, una prostaglandina puede ser administrada cerca o al final del tratamiento con progestágenos. Se ha utilizado una combinación de un implante de Norgestomet

con una inyección de PGF2-Alfa, antes o al momento de retirar el implante. Al final del período del implante, el ganado debe tener, ya sea un cuerpo lúteo (CL) que es susceptible a regresión por prostaglandinas, o sufrir regresión normal del CL. Por lo tanto, el ganado debe mostrar estro rápidamente después de retirado el implante e inyección de PGF2-Alfa.

El acetato de melengestrol (MGA) es un progestágeno oral sintético, el cual se utiliza en dosis de 0.5 mg/animal/día. Este producto es comúnmente utilizado para sincronizar las vacas en dos estros consecutivos. Se proporciona en el alimento diariamente durante 14 días, presentando estro los animales de 1 a 5 días después del último día del MGA pero su fertilidad es nula, por lo cual se requiere que los animales se inseminen al segundo estro. Debido a lo anterior se recomienda aplicar una inyección de prostaglandina a los 17 días después del último día del MGA, lo cual nos permite sincronizar al segundo estro.

Ramírez-Godinez et al. ( 1982), utilizaron 3 mg de norgestomet y 5 mg de valerato de estradiol, más 25 mg de dinoprost (PG), aplicada vía intramuscular , en solo un día del ciclo estral en 4 diferentes días( de 0 a 20 días del ciclo estral) después del estro; encontraron un intervalo del tratamiento al estro mayor en vacas tratadas sobre el día 0 (estro) y 4 del ciclo estral, y una tasa de concepción de 60% mayor que en las vacas tratadas en los días 6 al 10, 11 a 15 y 16 a 20, resultando iguales al final del servicio. Otros estudios han reportado que una inyección es luteolítica, justamente antes de retirar el implante, proporcionando un mejor patrón de sincronización temporal del estro que el uso de PGF2-alfa luteolítica sola, siendo que la fertilidad al estro sola, siendo que la fertilidad al estro

sincronizado es similar al siguiente estro espontáneo (Mares et al ., 1977; citado por Valencia, 1994).

Beal et al . (1984) en otros estudios en vacas y vaquillas ciclando y no ciclando que fueron tratadas con SMB y una inyección de 5 mg de alfaprostol 24 horas antes de quitar el implante, obtuvieron una respuesta a la presentación de estros del 78% en vacas y de un 77% en vaquillas, durante los 5 días después del retiro del implante. Al ser inseminadas después de detectar calores, obtuvieron una tasa de concepción de 42 % para las vaquillas que estaban ciclando y 47 % para las no ciclando previo al tratamiento. La preñez o tasa de concepción para fijar un tiempo de concepción, siguiente al tratamiento de progestágenos en periodos cortos o PG, han producido resultados conflictivos ( Spitzer et al ., 1993). Con el propósito de eliminar la detección de estros en base a una buena sincronización, afirmando que la ovulación ocurre  $68.5 \pm 9.7$  horas después del retiro del implante. Wiltbank y Mares (1977) citados por Valencia (1994) estudiaron la factibilidad de inseminar a todos los animales a una hora determinada después de retirar el implante e inseminaron vaquillas 48 a 54 horas post-explantación, obteniendo una tasa de preñez de 65 contra 55 % en vaquillas que se sirvieron 12 horas después de detectado el calor o celo.

#### **3.2.4. Sincronización con Prostaglandinas.**

Muchos administradores lecheros usan programas hormonales para mejorar la tasa de servicio en sus hatos lecheros. El más común de los programas hormonales usan prostaglandina F2 alfa (PGF<sub>2</sub>α). Los productores de

leche pueden obtener a través de sus veterinarios diferentes marcas de PGF2 $\alpha$  alfa.

Estos productos trabajan produciendo la regresión del cuerpo lúteo. Normalmente las vacas ciclando tendrán un cuerpo lúteo que responda a la PGF2 $\alpha$  solamente un 60 % de las veces. En consecuencia una sola inyección de PGF2 $\alpha$  provocará que sólo el 60 % de las vacas tengan un celo sincronizado y esto ocurrirá en los días 2 y 7 después de la inyección de PGF2 alfa.

En vacas en lactancia alrededor del 80 % recibieron IA luego de los primeros dos tratamientos con PGF2 alfa y un 46 % de ellas quedo preñadas. Las otras fueron inseminadas artificialmente, luego de la tercera dosis de PGF2 alfa registrándose una pobre fertilidad ( 4% TP/IA). En cuanto a las novillas el 80 % de ellas recibieron tan bien IA luego de dos tratamientos con PGF2 alfa y se encontró una fertilidad mucho mejor luego de cada tratamiento y luego del tercer tratamiento con PGF2 alfa ( la mitad con IA planeada y la mitad en celo). En consecuencia, se puede decir que la PGF2 alfa sincroniza el celo, pero que la aparición del mismo varia dentro de un periodo de 5 días. Esto no es debido a las diferencias en tiempo desde la inyección de PGF2 alfa hasta la regresión del cuerpo lúteo, sino mas bien a la diferencias del estado de maduración del folículo ovulatorio al momento de la aplicación de la PGF2 alfa (Wiltbank, 2001).

Los programas de manejo reproductivo que emplean PGF2 alfa han sido usados en las lecherías de todo el mundo con mucho éxito. Estos incrementan la tasa de servicio de tres maneras. Primero el productor sabe acerca del momento en que las vaca deben presentar celo y en consecuencia pueden estar vigilando a la aparición de los mismos. En segundo puede haber mas hembras en celo o

cerca del mismo, si muchas de ellas reciben inyecciones de PGF2 alfa esto incrementa la actividad sexual y mejora la detección de celos. Tercero, las vacas entrarán en celo antes de lo normal puesto que la PGF2 alfa 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 PGF2 alfa. Primero las vacas aun deben ser detectadas en celo puesto que la IA planeada luego de el tratamiento con PGF2 alfa ha conducido a una reducción de la tasa de preñez por IA (Stevenson et al., 1987). Esto es particularmente importante en ganado lechero en lactancia en el cual la tasa de preñez por IA esta disminuida en un 50 % aproximadamente y con respecto a las tasas normales (por ejemplo 40% estaría disminuido a un 20 %). Segundo la PGF2 alfa parece no producir ciclicidad en vacas que no están ciclando.

La carencia de ciclos no debe confundirse con la falla de detección de celos, en la mayoría de las lecherías el numero de vacas no-cíclicas es probablemente menos de el 10% del total de las hembras; sin embargo, en algunas situaciones una proporción mucho mayor de vacas puede tener ausencia de ciclos durante los primeros 80 Días de lactancia. Tercero, hembras con quistes foliculares no serán tratadas eficazmente solamente con tratamiento de PGF2 alfa (Pursley et al., 1997).

### **3.2.5. Sincronización con Prostaglandinas más GnRH.**

**Para evitar los problemas debidos a la falta de detección de estros, se han desarrollado programas que permiten la IA planeada de las vacas lecheras sin la necesidad de detectar celos. Estos programas requieren de**

**tres inyecciones, luego de la segunda inyección de GnRH las hembras son servidas sin tener en cuenta las manifestaciones estruales. Se han obtenido tasas de pariciones aceptables con el servicio en cualquier momento entre las 0 y 24 horas posteriores a la segunda inyección de GnRH, pero la optima tasa se encontró cuando se sirve a las 16 horas posteriores a la aplicación de GnRH (Pursley et al ., 1998). La tasa de preñez por IA es similar que con IA planeada luego de seguir este protocolo, que con respecto a 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 servir a las vacas en un tiempo correcto sin la necesidad de detectar el celo en forma continua.**

Las tasa de servicio es notoriamente mejorada luego de la implementación de este programa 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 lactancia. Recientemente, se realizó un ensayo en tres hatos lecheros de Wisconsin para evaluar la eficiencia del programa antes mencionado sobre el manejo reproductivo. Todas las hembras fueron asignadas en forma aleatoria ya sea a un grupo control en donde se sigue un típico plan de manejo reproductivo (detección de celo con el uso ocasional de PGF2  $\alpha$ ) o al grupo Ovsynch, con todas las vacas servidas solamente por medio de 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 hembra esta vacía o que no esta 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 dicho protocolo. Por lo tanto, en este grupo no se usó detección de celo y aun habiendo hembras con signos de celo, no podían ser servidas si estaban en este grupo. No fue una sorpresa que las del grupo Ovsynch fueron inseminadas antes (54 versus 81 días).

Cuales son las desventajas de Ovsynch? La más obvia es el costo de las hormonas. Existe una buena probabilidad de que las mejoras en al eficiencia reproductiva paguen con creces los gastos de las hormonas; sin embargo, esto último debe ser evaluado cuidadosamente en cada establo. Estudios realizados han evaluado el uso de sólo media dosis de GnRH (50 microgramos ) en lugar de la típica dosis empleada para tratamiento de vacas con quistes ováricos ( 100 microgramos). Se han encontrado idénticas tasas de sincronización y de concepción ( 41%) cuando se usa tanto dosis entera como dosis media (Fricke et al., resultados no publicados). Previamente se encontró que las tasas de ovulación fueron las mismas para la dosis entera o media pero disminuyeron notablemente cuando se empleo un cuarto de la dosis.

**La segunda desventaja es que el programa Ovsynch sólo 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 este programa. Obviamente no existe otro método al momento que permita la tasa de preñez mas alta que las normales y por enden requerirá de procedimientos mas efectivos para diagnosticar las vacas vacías. El método más práctico es probablemente un programa intensivo de detección de celos**

**a los 18 – 25 días luego del uso de Ovsynch, potencialmente con una ayuda para detectar el estro. Algunos veterinarios emplean además ultrasonido para detectar preñez temprana. Tercero, la seguridad de que las hembras no muestren celos durante épocas de baja fertilidad es removida cuando se emplean este método. Por ejemplo, durante un verano caluroso muchas vacas no mostrarán signos de celo y en consecuencia no serán servidas durante estas época de baja fertilidad. Con este programa muchas vacas continuarán siendo servidas durante el verano aunque el estrés por calor continúe, provocando pérdidas de preñez tempranas. Este también puede ser el caso durante las deficiencias nutricionales, etc. Por eso, máxima atención debe dirigirse hacia la fertilidad con el protocolo Ovsynch como con cualquier programa de manejo reproductivo (Wiltbank, 2001).**

Una inyección única de GnRH en vacas lecheras en cualquier estadio del ciclo estral, causa una liberación de LH, conduciendo a una ovulación sincronizada o luteinización de los folículos dominantes. Consecuentemente, una nueva onda folicular es iniciada en todas las vacas dentro de 2 a 3 días después de la aplicación del GnRH. El tejido luteal que se forma después de la aplicación del GnRH, es capaz de sufrir luteólisis inducida por la PGF2Alfa de 6 a 7 días mas tarde.

Existen los siguientes cuatro métodos:

1). Ov-Synch: Consiste en la aplicación de GnRH al día 0, seguida de la aplicación de PGF2Alfa al día 7 y una última aplicación de GnRH al día 9; la inseminación se realiza a tiempo fijo de 16 a 24 horas posteriores a la segunda aplicación de GnRH.

- 2). CO-Synch: Consiste en la administración de GnRH al día 0, seguida de la aplicación de PGF2Alfa al día 7 y una última aplicación de GnRH al día 9; la inseminación se realiza a tiempo fijo inmediatamente después de la segunda aplicación de GnRH.
- 3). Select-Synch: Consiste en la aplicación de una sola dosis de GnRH al día 0, seguida de la aplicación de PGF2Alfa al día 7; se detectan calores durante los 72 horas posteriores a la aplicación de PG y se insemina sólo las vacas que entren en estro.
- 4). MSU-Synch: Consiste en la aplicación de una dosis de GnRH al día 0, seguida de la aplicación de PGF2Alfa al día 7; se detectan calores durante los 72 horas posteriores a la aplicación de PG y se insemina sólo las vacas que entren en estro; finalmente, las vacas que no presentaron estro reciben una segunda aplicación de GnRH e inmediatamente son inseminadas (Luna, 2001).

#### **4. Inseminación Artificial (IA).**

**La IA es una de las prácticas de manejo más valiosas para la explotación del ganado y data desde 1870, cuando se realizaron los primeros experimentos por un biólogo italiano llamado Lázaro Spallanzani, para luego difundirse hacia Europa y los Estados Unidos; es este último se desarrollo rápidamente alrededor de 1930. En México, hasta hace pocos años se empezó a implementar en pequeña escala utilizando principalmente semen importado de Estados Unidos (Gómez, 1995).**

Por medio de este procedimiento se hace un uso eficaz de la generosa dotación de espermatozoides disponibles en una macho, de manera que se incrementa considerablemente el progreso genético y se mejora en muchas ocasiones la eficiencia de la reproducción.

La IA puede proveer aparte del control de las enfermedades venéreas, otras ventajas como la conservación de semen por congelamiento, el cual escapa a las limitaciones de tiempo y distancia, puesto que puede estar en cualquier lugar y en cualquier momento.

#### **4.1. Técnica Recto-Cervical.**

a) Para llevar a cabo la técnica, se siguen los siguientes pasos:

1. Colocar la vaca a inseminar en un lugar seguro tanto para el técnico como para la misma vaca (cajón de inseminación o chute), para iniciar el lavado con agua de los labios vulvares, secándolos con papel sanita.

2. Revisar la caja de inseminación, asegurándose de que contenga todo el material a utilizarse (pistola, guantes, fundas, cortapajillas, termómetro, papel sanita, termo descongelador, etc.).

3. Se procede a descongelar el semen, para lo cual se destapa la boca del termo que contiene ya sea las pajillas o ampolletas con semen, evitando la luz solar y las corrientes de aire. Se sujeta la canastilla que contiene el semen y se levanta sin pasar esta más allá de la boca del termo, se identifica al bastón y se toma con los dedos pulgar e índice la pajilla (o ampolleta) la cual se procederá a descongelar.

4. La pajilla se coloca durante 50 a 60 segundos dentro de un termo que contiene agua a temperatura de 35 a 37°C (94 a 98°F), ya que más fría a o más caliente puede afectar la viabilidad de los espermatozoides.

5. Una vez descongelada la pajilla, esta se toma por el extremo superior (manteniéndose en posición vertical) y se seca con papel sanita, cuidando de no volver a tocarla con los dedos.

6. Se corta el extremo superior de la pajilla con el corta-pajillas, e inmediatamente es colocada dentro de la pistola de I.A

7. Se coloca un guante para palpación en la mano izquierda, mientras que con la mano derecha se toma la pistola de I.A., protegiendo el extremo libre con papel sanita, para dirigirse al sitio en el cual se encuentra la vaca en calor, debidamente sujeta.

8. Se introduce la mano izquierda (con guante) por vía rectal hasta localizar el cervix, para determinar su forma y tamaño, tomando inicialmente el extremo posterior del cervix con los dedos pulgar, medio e índice y manteniéndolo fijo.

9. Un ayudante debe abrir los labios vulvares de la vaca, para proceder a introducir la pistola de I.A. evitando el contacto de esta con excremento o suciedad de la vulva.

10. Con los dedos libres de la mano izquierda (que se encuentra dentro del recto) se localiza la punta de la pistola de I.A. y es guiada hasta la abertura posterior del cervix, logrando introducir entonces la pistola de I.A. dentro del cervix hasta topar con el primer anillo.

11. Con la mano izquierda se manipula el cervix con movimientos rotatorios, al tiempo que con la mano derecha se empuja la pistola de I.A. hacia delante hasta atravesar los tres primeros anillos cervicales.

12. Una vez colocada la punta de la pistola de I.A. en el inicio del cuerpo uterino (sitio blanco de la I.A.), con la mano derecha se empuja el émbolo de la pistola lentamente y de esta manera el semen es completamente depositado en el sitio adecuado para alcanzar la fecundación.

13. Finalmente, se retira la pistola de I.A. del tracto reproductor de la vaca, así como también la mano que se encontraba dentro del recto.

14. Se descarga la pistola tomando la funda con la mano izquierda y se jala el guante a manera de que la funda quede forrada por el guante (Luna, 2001).

#### **4.2. Ventajas y Desventajas de la IA:**

- Ventajas.

- a) El uso intensivo de sementales sobresalientes por su alto valor genético y su habilidad demostrada para heredar caracteres genético de importancia,
- b) La amplia disponibilidad de sementales, proporciona al productor la oportunidad de seleccionar entre un número considerable de éstos, a aquel

que mejore en la explotación las características deseables para el productor,

- c) Se elimina el peligro que representan algunos toros para las vacas, debido a peso o a su temperamento,
  - d) Se reducen los riesgos de transmisión de enfermedades venéreas,
  - e) Es posible experimentar nuevas cruzas sin que sea necesario comprar sementales,
  - f) El aspecto económica, al evitar los gastos relacionados con el mantenimiento de un semental: alimentación, manejo, instalaciones, etc.
- (Bearden y Fuquay, 1992).

- Desventajas:

- a) Existe la posibilidad de utilizar sementales de características genéticas pobres,
  - b) La utilización de un número menor de toros, incrementa la posibilidad de efectos de consanguinidad,
  - c) El costo del inicio del programa, representado principalmente por el gasto para instalaciones apropiadas,
  - d) La necesidad de personal entrenado, así como el incremento en la labor debido al tiempo utilizado por los trabajadores en la detección de estros
- (Bearden y Fuquay, 1992).

## **5. Diagnóstico de Gestación.**

### **5.1. Palpación Rectal**

Se han desarrollado varios métodos para saber si la vaca está gestante, uno de ellos es la técnica de la palpación “tacto” y consiste en sentir el tracto reproductor de la vaca a través de las paredes del recto. Esto se hace con la finalidad de determinar si el tracto reproductor está vacío o tiene en desarrollo un embrión o feto.

Para realizar la técnica manual de diagnóstico de preñez, con la mano derecha se agarra la cola de la vaca, la cual sirve de apoyo, se introduce la mano izquierda en el recto, después de lubricar el guante, a manera de cuño uniendo los dedos los más juntos posible. En la mayoría de los casos, no es necesario remover la materia fecal. Sin embargo, esto puede ser conveniente porque el tacto se incrementa al remover la materia fecal.

La penetración del brazo en el recto hasta el codo, es mejor que tratar de meter el brazo poco a poco, ya que es más fácil sentir los órganos genitales de adelante hacia atrás, que de atrás hacia adelante. Es posible detectar la preñez por este método, desde los 45 días de gestación, aunque es más confiable hasta los 45 días (Luna, 2001).

## **5.2. Ultrasonografía Transrectal.**

**Normalmente, la principal demanda para el uso de la ultrasonografía en la investigación en reproducción animal, es en el estudio de la foliculogénesis. Clínicamente, sin embargo, además de amplio uso para la aspiración transvaginal de ovocitos, esta tecnología ha tenido una creciente demanda para el diagnóstico y monitores de varios aspectos de la preñez.**

**Además, la visualización a tiempo real del activo feto bovino, es de sumo interés tanto para el veterinario como para el productor (Adams, 1993).**

Las ventajas de la ultrasonografía transrectal para diagnosticar la preñez, en comparación con la palpación rectal, incluyen las siguientes: 1) si la vaca no está preñada, el escáner proporciona mucha información referente al estatus del ovario y las condiciones del útero, 2) la viabilidad del embrión y el feto puede ser medida, 3) los cuates o gemelos son más fácilmente detectados, 4) el sexo fetal puede ser determinado, 5) la edad fetal puede ser más precisamente determinada, y 6) se puede dar seguimiento a la viabilidad embrionaria, para detectar pérdidas embrionarias (Ginther, 1998).

**Un uso importante de la técnica de ultrasonido es la evaluación temprana del feto. En bovinos hay pocos trabajos de investigación que evalúan la estructura del embrión previo al día 20 de la gestación. En estos trabajos se determinó la presencia de fluido en el día 11.7 del ciclo (rango día 10 al 17), pero la preñez tuvo que ser confirmada posteriormente con la examinación del saco embrionario y el latido cardiaco. La apariencia ultrasonográfica del conceptus bovino después del día 20 fue estudiada utilizando 15 vaquillonas. El largo promedio del embrión aumentó de 3.8 mm (día 21) hasta 66.1 mm (día 60). La curva de crecimiento es cuadrática con un significativo aumento del crecimiento en el día 50. El embrión también va cambiando de forma desde una línea delgada (día 21) hasta una forma de C (día 24), para tener posteriormente una forma de L. La frecuencia cardiaca disminuye de 188 latidos/minuto en el día 20, a aproximadamente 145 en el día 26, y después se mantiene aparentemente constante hasta el día 60. El**

**alantoides se detecta como un pequeño círculo blanco adyacente a la porción media ventral del embrión. El amnios es detectado como una banda ecogénica alrededor del embrión al día 29 (Curran et al., 1986; citados por Pierson et al., 1994).**

Estudios recientes han demostrado la posibilidad de determinar la gestación en la vaca en el día 18 del ciclo con un transductor de 5.0 MHz y en el día 16 con un transductor de 7.5 MHz. El diagnóstico temprano basado solamente en la presencia de fluido intrauterino no es eficiente por dos razones: 1) el pequeño tamaño del conceptus elongado que llega casi al límite de resolución de los scanners comerciales, y 2) la presencia aparentemente normal de fluido intrauterino entre el día 10 al 20 del ciclo se puede confundir con la vesícula embrionaria. De todas maneras, si bien se ha determinado la presencia del conceptus a los 11 días de gestación, y se ha podido determinar la presencia del embrión entre el día 16 y 18, en la práctica de campo lo más conveniente es examinar al animal entre el día 23 y 25 de gestación. Durante esta examinación es importante determinar la presencia de un cuerpo lúteo funcional y la evaluación del embrión, junto con la visualización de los latidos cardiacos (Kastelic et al., 1991).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del sitio experimental**

La presente investigación se llevó a cabo en el establo lechero de la posta del Instituto Tecnológico de Sonora, el cual se encuentra ubicado en el block 204

del valle del Yaqui en el municipio de Cajeme, Sonora. Sus coordenadas son 27° 20' 40" de latitud Norte y 110°13' 04" longitud Oeste; con una altitud de 35 metros sobre el nivel del mar; la temperatura promedio anual máxima es de 33.68°C y la mínima de 17.41°C y su precipitación pluvial es de 520.1 mm (S.A.G.A.R., comunicación personal).

## **Metodología**

Durante el presente estudio, se utilizaron 28 vacas de la raza Holstein Friesian, de 4 a 6 años de edad, de 2 a 4 partos, con buena condición corporal, un mínimo de 45 días posparto y con actividad ovárica demostrada mediante la ultrasonografía de las estructuras presentes en el ovario (folículos y cuerpos lúteos) antes de iniciar el experimento.

Se formaron dos grupos experimentales, cada uno con 14 hembras seleccionadas al azar, donde el tratamiento 1 (T1) recibió la aplicación intramuscular (IM) de 25 mg de prostaglandina F2-alfa (PGF2 $\alpha$ ) al día 0 y una segunda aplicación 14 días después, mientras que las vacas del grupo 2 (T2) recibieron una inyección IM de 100 $\mu$ g de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) el día 0, más la administración IM de 25 mg de PGF2 $\alpha$  el día 7 y finalmente la aplicación IM de 100 $\mu$ g de GnRH al día 9.

En las vacas de ambos grupos se realizó la inseminación artificial a tiempo fijo, utilizando la técnica recto-cervical; para ello, las vacas del T1 fueron inseminadas a las 72 horas posteriores a la segunda aplicación de PGF2 $\alpha$ ,

mientras que las vacas del T2 fueron inseminadas en un rango de 16 a 20 horas posteriores a la segunda aplicación de GnRH.

Finalmente, se realizó el diagnóstico de preñez por ultrasonografía a los 35 días posteriores a la inseminación artificial, utilizando un equipo de ultrasonido Sonovet 600 con transductor transrectal de 7.5 MHz.

### **Variables a analizar**

**La variable analizada fue el porcentaje de hembras que resultaron gestantes en cada uno de los tratamientos utilizados.**

### **Análisis estadístico de la información**

**Se utilizó la prueba de Ji-cuadrada para determinar si existía diferencia estadística ( $P < .05$ ) entre ambos tratamientos para la variable “porcentaje de gestaciones” (Steel y Torrie, 1987).**

El análisis estadístico se realizó utilizando el procedimiento PROC FREQ, en el paquete estadístico S.A.S. (versión 6.03 para windows).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**En la presente investigación, se obtuvo un 71.4% de hembras gestantes para el T1, en comparación con un 64.2% obtenido en las vacas del T2, tal y como se indica en el cuadro 1, no encontrando diferencia**

estadística ( $P > .05$ ) entre ambos tratamientos para la variable “porcentaje de preñez”.

Los resultados obtenidos, aunque sin diferencia estadística, muestran un incremento del 7.2% en la tasa de preñez para las hembras del T1, que fueron las que recibieron la doble aplicación de PGF2 $\alpha$ , en comparación con las vacas del T2, que recibieron la doble aplicación de GnRH más la PGF2 $\alpha$  (Ovsynch).

Lo anterior se atribuye a que un mayor número de hembras del T1, al momento de la segunda aplicación de PGF2 $\alpha$  tenían en sus ovarios un cuerpo lúteo grande y completamente sensible a la luteólisis, ocasionando con ello un brusco descenso en los niveles sanguíneos de progesterona, lo cual a su vez genera un fuerte estímulo que da inicio a la liberación hipotalámica de GnRH, desencadenando la activación de las hormonas encargadas del crecimiento folicular y ovulación; mientras que el en T2, no existe la seguridad de que al momento de aplicar el agente luteolítico (PGF2 $\alpha$ ) se encuentre en los ovarios de la mayoría de las vacas un cuerpo lúteo completamente funcional y sensible, por lo cual es posible suponer que en dicho grupo se logró estimular en un menor número de vacas, los mecanismos hormonales requeridos para el crecimiento folicular y ovulación.

Tenhagen et al. (2001) analizaron las tasas de concepción después de utilizar dos protocolos para inseminación a tiempo fijo. En el grupo 1, 197 vacas

**Cuadro 1. Porcentajes de preñez en base a los dos tratamientos hormonales.**

---

Tratamiento	N	Porcentajes de Gestación	
		n	%
1	14	10	71.4 <sup>a</sup>
2	14	9	64.2 <sup>a</sup>

---

<sup>a</sup> Literales idénticas indican que no existe diferencia estadística ( $P > .05$ ).

Se utilizó la prueba de Ji-Cuadrada.

fueron sincronizadas con la administración de 25 mg de dinoprost entre los días 48 y 54 postparto, más una segunda aplicación 14 días más tarde; las vacas

fueron inseminadas de 66 a 90 horas posteriores a la segunda aplicación hormonal. En el grupo 2, 181 vacas fueron tratadas con el protocolo Ovsynch, el cual consistió en la aplicación de 0.02 mg de buserelín entre los días 62 y 68 postparto, más 75 mg de tiaprost 7 días más tarde, y una segunda aplicación de buserelín 48 horas después, inseminando todas las hembras en un periodo de 16 a 20 horas posteriores a la última aplicación de buserelín. Las tasas de concepción fueron de 32.0 y 30.6%, para los grupos T1 y T2, respectivamente ( $P>.05$ ).

**En otro estudio similar, Jobst et al. (2000) evaluaron tres protocolos de manejo reproductivo utilizando 920 vacas Holstein de 16 hatos lecheros: 1) doble aplicación de PGF2 $\alpha$  a un intervalo de 14 días; 2) GnRH- PGF2 $\alpha$ - GnRH, y 3) GnRH- PGF2 $\alpha$ ; los dos primeros con inseminación artificial a tiempo fijo, mientras que en el último, las vacas fueron inseminadas a estro detectado. No se encontró diferencia significativa ( $P>.05$ ) entre los porcentajes de preñez, los cuales fueron de 45.6, 43.7 y 44.0%, para los grupos 1, 2 y 3, respectivamente.**

**Pursley et al. (1997) evaluaron dos protocolos de sincronización en vacas y vaquillas lecheras, donde el grupo control recibió 25 mg de PGF2 $\alpha$  e inseminación artificial a estro detectado, mientras que las que no lo mostraron, recibieron una segunda aplicación de PGF2 $\alpha$  14 días más tarde y fueron inseminadas a tiempo fijo de 72 a 80 horas después. Por otra parte, en el grupo tratado se utilizó el protocolo Ovsynch, el cual consistió en la aplicación de 100 mg de GnRH, 24 mg de PGF2 $\alpha$  siete días después y una segunda aplicación de GnRH de 30 a 36 horas después, inseminando todas**

las vacas de 16 a 20 horas posteriores a la segunda aplicación de GnRH. La tasa de preñez en vacas no difirió estadísticamente ( $P>.05$ ), resultando ésta en un 38.9% para vacas control y 37.8% para hembras tratadas.

Por otra parte, Mialot et al. (1999), utilizando vacas Holstein con 60 a 90 días posparto, compararon las tasas de preñez obtenidas con los protocolos Ovsynch y doble PGF2 $\alpha$  con intervalo de 13 días, realizando en ambos grupos la inseminación artificial a tiempo fijo, encontrando un porcentaje de preñez de 36.1% para el grupo Ovsynch y de 32.5% para el grupo de PGF2 $\alpha$ , no encontrando diferencia estadística ( $P>.05$ ).

En un experimento similar, Cartmill et al. (2001) utilizaron 705 vacas lecheras las cuales fueron agrupadas en los siguientes tres tratamientos: 1) el protocolo Ovsynch (una inyección de GnRH aplicada 7 días antes y otra 48 horas después, de una inyección de PGF2 $\alpha$ ; 2) PGF2 $\alpha$  más Ovsynch (una inyección de PGF2 $\alpha$  12 días antes de iniciar el Ovsynch, y 3) doble aplicación de PGF2 $\alpha$  con intervalo de 12 días, más una inyección de GnRH 48 horas más tarde; en los tres grupos todas las hembras fueron inseminadas en un lapso de 16 a 20 horas posteriores a la aplicación de GnRH. Las tasas de preñez encontradas fueron de 28%, 42% y 27%, para los grupos 1, 2 y 3, respectivamente, no encontrando diferencia significativa ( $P>.05$ ).

Resultados similares a los encontrados en el presente estudio son reportados por Jemeson (2000), quien utilizó 840 vacas lecheras lactantes para evaluar la tasa de preñez en base a los siguientes dos tratamientos de sincronización de estros: 1) aplicación de GnRH seguido por PGF2 $\alpha$ , más una segunda aplicación de GnRH, inseminando las vacas a tiempo fijo, y 2)

aplicación de doble dosis de PGF2 $\alpha$  a intervalo de 14 días, inseminado las hembras a estro detectado. Las tasas de preñez después de 56 días posteriores a la inseminación para ambos grupos, no fueron estadísticamente significativas ( $P>.05$ ), resultado éstas de 79.8% y 84.1%, para los grupos 1 y 2, respectivamente.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados encontrados en la presente investigación, se concluye que los dos diferentes tratamientos hormonales aplicados lograron estimular de igual manera un eficiente comportamiento reproductivo en las vacas trabajadas, aún y cuando numéricamente el grupo tratado con doble aplicación de PGF2 $\alpha$  tuvo un porcentaje de preñez más elevado.

Lo anterior indica que mediante ambos tratamientos, se logró desencadenar de igual manera, los mecanismos hormonales requeridos para la activación del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, con la consecuente activación ovárica y preparación del aparato reproductor para el mantenimiento de la preñez.

Por lo tanto, se recomienda la utilización de productos hormonales como el GnRH y la PGF2 $\alpha$  para la sincronización del estro o de la ovulación del ganado lechero, lo cual además de que facilita la inseminación artificial, permite la programación de los partos en la época más idónea para aprovechar al máximo su potencial lechero, sin afectar su comportamiento reproductivo.

Sin embargo, también se recomienda la realización de proyectos de investigación con una mayor número de vacas, donde se comparen otros tratamientos hormonales para la sincronización estral, que incluyan un adecuado control de la ovulación y que además aseguren la presencia de un cuerpo lúteo completamente sensible y funcional al momento de la aplicación de un agente luteolítico, lo cual ocasionaría un brusco descenso en los niveles sanguíneos de progesterona, con la consecuente liberación del GnRH y gonadotropinas, que estimulan el reestablecimiento de la actividad ovárica.

## LITERATURA CITADA:

Adams, G.P. 1993. Dinámica folicular ovárica en el bovino adulto y prepúber. Resúmenes del Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba, Argentina.

Armstrong, D.V. 1992. Heat stress interaction with shade and cooling. J. Dairy Sci. 77:2044.

Arthur, G.H. 1991. Reproducción y obstetricia en veterinaria. Ed. Interamericana McGraw-Hill. México, D.F.

Beal, W.E., G.A. Codo and L.A. Peterson. 1984. Estrus synchronization and pregnancy rates in cyclic and no cyclic beef cows and heifers treated with Synchro Mate-B, norgestomet and alfaprostol. Theriogenology. 22:59.

Bearden, J. and T. Fuquay. 1992. Applied animal reproduction. Missisipi State Univ. New Jersey.

Brink, J.T. and G.H. Kiracofe. 1988. Effect of estrous cycle stage at Synchro-Mate B treatment on conception and time to estrus in cattle. Theriogenology. 29:513.

Campbell, B.K., R.J. Scaramuzzi and R. Webb. 1995. Control of antral follicle development and selection in sheep and cattle. J. Reprod. Fertil. Suppl. 49:335.

Cartmill, J.A., S.Z. El-Zarkouny, B.A. Hensley, T.G. Rozell, J.F. Smith and J.S. Stevenson. 2001. An alternative AI breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperatures before or after calving or both. J. Dairy. Sci. 84:799-806.

Ginther, O.J. 1998. Pregnancy: Applied aspects. In: Ultrasonic imaging and animal reproduction in cattle. Equiservices publishing. Univ. of Wisconsin.

Gómez, J.A. 1995. Efecto de la utilización de un producto sincronizador sobre la inducción y sincronización de estros con respecto a la condición corporal en ganado de carne. Tesis de Licenciatura. Depto. de M.V.Z. ITSON.

Gong, G.O. and R. Webb. 1996. Control of ovarian follicle development in domestic ruminants its manipulation to increase ovulation rate and improve reproductive performance. Anim. Breed. Abstr. 64:195.

Gutiérrez, C.G. 1999. Influencia de la nutrición sobre los procesos reproductivos. Memorias del VIII Curso Internacional de Reproducción Bovina. México, D.F.

Jemeson, A. 2000. Synchronising ovulation in dairy cows with either two treatments of gonadotropin-releasing hormone and one of prostaglandin, or two treatments of prostaglandin. Aust. Vet. J. 78:108-111.

Jobst, S.M., R.L. Nebel, M.L. McGillard and K.D. Peizer. 2000. Evaluation of reproductive performance in lactating dairy cows with prostaglandin F2alpha, gonadotropin-releasing hormone, and timed artificial insemination. J. Dairy Sci. 83:2366-2372.

Kastelic, J.P., D.R. Bergfelt and O.J. Ginther. 1991. Ultrasonic detection of the conceptus and characterization of intrauterine fluid on days 10 to 22 in heifers. Theriogenology. 35:569.

Larson, L.L. and P.J.H. Ball. 1992. A review of regulation of estrous cycle in dairy cattle. Theriogenology. 38:225.

Luna, N.P. 2001. Manual de prácticas de Reproducción II. Depto. de M.V.Z. I.T.SON.

Mialot, J.P., G. Laumonnier, C. Ponsart, H. Fauxpoint, E. Barassin, A.A. Ponter and F. Deletang. 1999. Postpartum subestrus in dairy cows: Comparison of treatment with Prostaglandin F<sub>2α</sub> or GnRH + Prostaglandin F<sub>2α</sub> + GnRH. Theriogenology. 52:901-911.

Odde, K.G. 1990. A review of synchronization of estrous in postpartum cattle. J. Anim. Sci. 68:817.

Patterson, D.J., S.L. Wood, F.N. Kojima and M.F. Smith. 2000. Current and emerging systems to synchronize estrus. Memorias del VIII Curso Internacional de Reproducción Bovina. México, D.F.

Pierson, R.A., G.A. Bo y G.P. Adams. 1993. Uso de la ultrasonografía para el estudio de los eventos reproductivos en el bovino. Resúmenes del Simposio Internacional de Reproducción Bovina. Córdoba, Argentina.

Pierson, R.A., J.P. Kastelic and O.J. Ginther. 1994. Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. Theriogenology. 29:21.

Pursley, J.R., M.C. Wiltbank, J.S. Stevenson, J.S. Ottobre, H.A. Garverick and L.L. Anderson. 1997. Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. J. Dairy Sci. 80:295-300.

**Pursley J.R., R.W. Silcox and M.C. Wiltbank. 1998. Effect of time of artificial insemination on pregnancy rates, calving rates, pregnancy loss, and**

**gender ratio after synchronization of ovulation in dairy cows. J. Dairy Sci. 81:2139.**

**Ramírez, J.A. y B. Miller. 1995. Adelantos biotécnicos en reproducción animal aplicada a bovinos de carne. Revista Teseachic. No. 8.**

Ramírez-Godínez, J.A., G.H. Kiracofe and R.M. McKee. 1982. Conception rates and interval to estrus after administering PGF2 alpha, estradiol valerate and norgestomet to cycling beef cows. J. Anim. Sci. 55:379.

Rhodes, F.M., L.A. Fitzpatrick, K.W. Entwistle and G. Delath. 1995. Sequential changes in ovarian follicular dynamics in Bos indicus heifers before and after nutritional anestrus. J. Reprod. Fertil. 104:41.

Roberson, M.S., T.T. Stumpf, M.W. Wolfe, A.S. Cupp, F.N. Kojima, L.A. Werth, R.J. Kittok and J.E. Kinder. 1992. Circulating gonadotrophins during a period of restricted energy intake in relation to body condition in heifers. J. Reprod. Fertil. 96:461.

Risco, C.A. 1998. Manejo reproductivo en Ganado lechero durante periodo de estrés calórico. Memorias de las IV Conferencias Internacionales sobre Nutrición y Manejo. Coahuila, Méx.

Spitzer, J.F., P. Hopkins y O. Chenoweth. 1993. Sistema de evaluación de sementales para lograr una satisfactoria reproducción. Simiente. 2:36.

Stagg, K., M.G. Diskin, J.M. Sreenan and J.F. Roche. 1995. Follicular development in long-term anestrus suckler beef cows fed two levels of energy post-partum. Anim. Reprod. Sci. 38:49.

Stevenson, J.S., Y. Kobayashi and K.E. Thompson. 1999. Reproductive performance of dairy cows in various programmed breeding systems including

OvSynch and combinations of gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin F2 alpha. *J. Dairy Sci.* 82:506-515.

Tenhagen, B.A., M. Drillich and W. Heuwieser. 2001. Analysis of cow factors influencing conception rates after two timed breeding protocols. *Theriogenology*. 56(5):831.

Valencia, L.C. 1994. Comparación de dos productos hormonales para la sincronización del estro en ganado bovino productor de carne bajo condiciones extensivas. Tesis de Licenciatura. Depto. de M.V.Z. del I.T.SON.

Wiltbank, M.C. 2001. Mejorando la Eficiencia Reproductiva en vacas de alta producción. Depto. de Lechería. Universidad de Wisconsin-Madison.

Yelich, J.V., R.P. Wetteman, T.T. Marston and L.J. Spicer. 1996. Luteinizing hormone, growth hormone, insulin-like growth factors, insulin and metabolites before puberty in heifers fed to gain at two rates. *Dom. Anim. Endocrinol.* 13:325.