

# **UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN**

---

---

*Campus Loma Bonita*

## **LICENCIATURA EN ZOOTECNIA**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ECP O GnRH  
SOBRE LA FERTILIDAD DE BOVINOS DE DOBLE  
PROPÓSITO**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

**PRESENTA:**

**RAÚL CARVAJAL HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**D. Ph. JOSÉ ABAD ZAVALA**

**LOMA BONITA, OAXACA, MAYO DEL 2009.**

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	v
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ixx
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. OBJETIVO</b> .....	3
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	4
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
4.1. Ciclo estral y su fisiología .....	5
4.2. Fases del ciclo estral.....	5
4.2.1. Fase folicular.. .....	5
4.2.2. Fase lútea.....	6
4.3. Factores que afectan el desempeño reproductivo en bovinos .....	7
4.3.1. Anestro posparto.....	7
4.3.2. Efecto de la nutrición en la reproducción .....	8
4.3.3. La importancia de la condición corporal.....	9
4.3.4. Efecto del clima en la reproducción .....	10
4.3.5. Efecto del amamantamiento en la reproducción.....	11
4.4. Sincronización del estro .....	12
4.5. Métodos para la sincronización del estro .....	13
4.5.1. Utilización de prostaglandinas .....	13
4.5.2. Utilización de progestágenos (CIDR).....	15
4.5.3. Utilización de estrógenos.....	16
4.5.4. Combinación de progestágenos, prostaglandinas y estrógenos.	18
4.5.5. Utilización de la hormona liberadora de gonadotropinas .....	20
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	22
5.1. Ubicación.....	22
5.2. Animales.....	22
5.2.1. Vacas.....	22
5.2.2. Vaquillas .....	22

5.3. Manejo zootécnico .....	22
5.3.1. Alimentación .....	22
5.3.2. Palpación .....	23
5.4. Protocolos de sincronización de estro .....	23
5.4.1. Protocolo 1 (IA a estro detectado) .....	23
5.4.2. Protocolo 2 (IATF) .....	23
5.5. Detección de estros .....	23
5.6. Inseminación artificial.....	24
5.7. Diagnóstico de gestación .....	24
5.8. Variables biológicas evaluadas.....	25
5.9. Análisis estadístico.....	25
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>26</b>
6.1. Intervalo del retiro del dispositivo al inicio del estro.....	26
6.2. Porcentaje de estro .....	27
6.3. Porcentaje de gestación.....	28
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>8. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>32</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Porcentaje de gestación para el grupo de vacas y vaquillas del protocolo 1 (IA a estro detectado) y protocolo 2 (IATF).....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Porcentaje de vacas y vaquillas en estro, sincronizadas con P <sub>4</sub> (CIDR), cipionato de estradiol (ECP) y Prostaglandina .....	27

## LISTA DE ABREVIATURAS

### ABREVIATURA SIGNIFICADO

CE	Ciclo Estral
CL	Cuerpo Lúteo
CIDR	Dispositivo Intravaginal de Liberación Controlada
E <sub>2</sub>	Estrógenos
ECP	Cipionato de Estradiol
FD	Folículo Dominante
FOP	Folículo Ovárico Persistente
FSH	Hormona Folículo Estimulante
GH	Hormona del Crecimiento
GnRH	Hormona Liberadora de Gonadotropinas
h	Hora
IA	Inseminación Artificial
IATF	Inseminación Artificial a Tiempo Fijo
IGF	Factor de Crecimiento Parecido a la Insulina
IM	Intramuscular
LH	Hormona Luteinizante
mg	Miligramo
ml	Mililitro
PGF <sub>2</sub> $\alpha$	Prostaglandina F <sub>2</sub> $\alpha$
P <sub>4</sub>	Progesterona
RIA	Radioinmunoanálisis
SE	Sincronización de Estros
$\mu$ g	Microgramo

## RESUMEN

### EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ECP O GnRH SOBRE LA FERTILIDAD DE BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO

El objetivo del presente estudio fue comparar la fertilidad de vacas y vaquillas de doble propósito sincronizadas artificialmente con progesterona (CIDR) y cipionato de estradiol o GnRH. Se utilizaron 18 vacas y 18 vaquillas cruzas con *Bos taurus* y *B. Indicus*, las cuales fueron asignadas al azar a uno de dos protocolos: Protocolo 1 (n=9) vacas y (n=9) vaquillas. A todas se les colocó un CIDR® y se aplicó 1.0 mg de ECP® (d=0). Al día 7, se retiro el CIDR®, se aplicó 1.0 mg de ECP® y 25 mg de PGF2 $\alpha$  (Lutalyse®). Se inseminaron 8 a 12 h después que fueron detectadas en estro. Protocolo 2 (n=9) vacas y (n=9) vaquillas. Se les colocó un CIDR® (d=0). Al día 7, se retiro el CIDR® y se aplicaron 25 mg de PGF2 $\alpha$  (lutalyse®). Al día 9 se aplicaron 100  $\mu$ g de GnRH (ovalyse®) y se insemino a tiempo fijo (IATF) a las 8 o 12 h postinyección de GnRH. Se tomo una muestra de sangre 21 d después de la IA para corroborar fertilidad. En el protocolo 1 se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el intervalo comprendido entre el retiro del CIDR y el inicio de estro teniendo así intervalos de 23.6 h para vaquillas y de 28.9 h para vacas, siendo mas corto el intervalo para vaquillas con 5.3 h menos que en vacas. En cuanto a presentación de estros no se encontraron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ), ya que ambos grupos tanto vaquillas y vacas manifestaron un 77 %. El porcentaje de gestación de vaquillas y vacas del protocolo 1 fue de 33.3 y 55.6 %, respectivamente. Mientras que para el protocolo 2, el porcentaje fue de 33.3 y 22.2 %. No se encontró diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en los porcentajes de gestación, en la interacción edad, protocolo y entre protocolos siendo así protocolo de IA a estro

detectado o IATF. Se concluye que ambos protocolos resultaron en porcentajes de fertilidad similares en vacas y vaquillas.

**Palabras clave:** Fertilidad, estro, doble propósito, ECP, GnRH, CIDR.

## ABSTRACT

### EFFECT OF THE APPLICATION OF ECP OR GnRH ON THE FERTILITY OF CATTLE DUAL PURPOSE.

The objective of the present study was to compare the fertility of dual purpose cows and heifers synchronized artificially with progesterone (CIDR) and cypionate of estradiol or GnRH. 18 cows and 18 heifers were used with different crossbreeding between *Bos taurus* y *B. Indicus*. They were randomly assigned to one of two protocols: protocol 1 (n=9) cow and (=9) heifers. All cattle received a CIDR and an intramuscular (im) injection of 1.0 mg ECP (d=0). On day 7, the CIDR was removed, an intramuscular (im) injection of 1.0 mg ECP y 25 mg of PGF<sub>2</sub> $\alpha$  (Lutalyse). The cattle were artificial inseminated (AI) 8 to 12 h after detection of estrous. Protocol 2 (n=9) cow and (=9) heifers. All cattle received a CIDR (d=0). On day 7, the CIDR was removed and an intramuscular (im) injection 25 mg of PGF<sub>2</sub> $\alpha$  (Lutalyse). On day 9 they received 100  $\mu$ g (im) of GnRH (Ovalyse) and fixed-time insemination (IATF) to 8 or 12 h after an injection of GnRH. A blood sample was collected 21 d after AI to determine fertility. In the protocol 1 there was a significant difference ( $P \leq 0.05$ ) in the interval understood between the retirement of the CIDR and the beginning of estrous having intervals of 23.6 h for heifers and of 28.9 h for cow, the interval for heifers with 5.3 h being less than in cows. As for presentation of estrous, there was a significant difference ( $P \geq 0.05$ ), since both groups so much heifers and cows demonstrated 77 %. In the percentage of gestation, of heifers and cows of the protocol 1, they were 33.3 and 55.6 %. Whereas for the protocol 2, the percentage was 33.3 and 22.2 %. There was not a significant difference ( $P \geq 0.05$ ) in the percentages of gestation in the interaction age, protocol and

between protocols being protocol of IA an estrous detected or IATF. One concludes that both protocols resulted in similar percentages of fertility in cows and heifers.

**Keys words:** Fertility, estrous, cattle, ECP, GnRH, CIDR.

## 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en México de zonas tropicales representa aproximadamente el 44 % del total nacional (Trejo, 1987), sin embargo, uno de los factores con mayor impacto productivo en esta zona, es la baja eficiencia reproductiva del hato, factor crítico e importante que influye la rentabilidad de la ganadería productora de carne y leche, resultando en pérdidas de crías, debido a que las hembras no quedan preñadas al final de la época reproductiva (Taylor, 1984). Por lo que es necesario implementar estrategias encaminadas a resolver esta problemática.

En este sentido, la sincronización del estro (SE) junto con la Inseminación artificial (IA) son técnicas que mejoran la eficiencia reproductiva y productiva del hato. Su rentabilidad está condicionada por diversos factores como: la técnica de IA, inseminador, edad, raza, factores climáticos, estado fisiológico, calidad del semen y el momento de la IA (Wanttiaux, 1999).

En la actualidad existen diferentes métodos de SE que han sido utilizados como una herramienta de manejo, procurando concentrar animales en estro durante un período de tiempo corto lo que permite planear el empadre manteniendo así una adecuada tasa de fertilidad. De esta forma, la sincronización ha permitido tener control sobre decisiones que afectan en forma directa la eficiencia productiva. Permitiendo el uso de la IA a tiempo fijo o a estro detectado (Larocca *et al.*, 2005).

En los últimos años se han logrado avances importantes en el conocimiento de la dinámica del ciclo estral (CE), lo cual ha permitido una mejor comprensión de los eventos que suceden durante el mismo (Geary,

2000). La regulación farmacológica del CE permite mejorar la eficiencia de la detección de estros, aumentar la eficiencia reproductiva del hato, controlar las ondas foliculares del ovario aumentando la precisión en la sincronización de estros, incrementar la fertilidad, e inducir la actividad cíclica en animales en anestro o vaquillas prepúberes, en el caso del uso de progestágenos (Evans *et al.*, 1994). La sincronización del estro y la ovulación se basa en la destrucción de CL por prostaglandina (PGF2 $\alpha$ ), o que se simule su función mediante la administración de progestágenos o progesterona natural (Richardson *et al.*, 2002).

Por otra parte, el desarrollo de las ondas foliculares también puede ser controlado mediante tratamientos con GnRH, estradiol y análogos sintéticos, progesterona o progestágenos, PGF2 $\alpha$  y combinados entre sí (Bo *et al.*, 2002). Durante las últimas décadas los tratamientos hormonales de sincronización han evolucionado al uso combinado de un importante número de hormonas o sus análogos sintéticos, con la finalidad de poder controlar y manipular el estro (Evans *et al.*, 1994). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es comparar la fertilidad de vacas y vaquillas de doble propósito sincronizadas artificialmente con progesterona (CIDR) y cipionato de estradiol o GnRH.

## **2. OBJETIVO**

Comparar la fertilidad de vacas y vaquillas de doble propósito sincronizadas artificialmente con progesterona (CIDR) y cipionato de estradiol o GnRH.

### **3. HIPÓTESIS**

La fertilidad de las vacas y vaquillas sincronizadas con progesterona (CIDR) en combinación con GnRH o ECP es similar.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Ciclo estral y su fisiología

El CE es el tiempo que transcurre entre un estro y el siguiente, el cual puede durar  $21 \pm 3$  d en la vaca (Wanttiaux, 1999), e involucra la secreción y liberación interrelacionada de un gran número de hormonas, tales como la GnRH por el Hipotálamo, la Hormona Folículo Estimulante (FSH) y la Luteinizante (LH) por la Adenohipófisis, Estrógenos ( $E_2$ ), Progesterona ( $P_4$ ) y Oxitocina (OT) por el ovario y Prostaglandina ( $PGF2\alpha$ ) por el útero. El mecanismo primario de regulación del CE esta dado por la regresión del cuerpo lúteo (CL), alrededor del día 17-18 del CE (Wettman *et al.*, 1992).

Durante el CE de la vaca, ocurren cambios morfológicos, endocrinos y secretorios en ovarios y aparato reproductor; el conocimiento de estos cambios es útil con fines de detección del estro y su sincronización, superovulación e IA (Hafez y Hafez, 2000).

### 4.2. Fases del ciclo estral

Los cambios endocrinos ocurridos durante el CE involucran la interacción entre las hormonas relacionadas con el hipotálamo, adenohipófisis, ovario y útero. El ciclo esta claramente dividido en una fase lútea y una folicular, la fase folicular comienza con el proestro la cual precede al estro, y la fase lútea abarca el metaestro seguido por el diestro (McDonald, 1991).

**4.2.1. Fase folicular.** En esta fase, se da el desarrollo folicular resultando un incremento de los niveles séricos de  $E_2$ , el cual cambia la conducta de la vaca durante el estro, así mismo el óvulo y el folículo alcanzan los estadios finales de maduración, ovulando aproximadamente 12

h después de terminado el estro, el óvulo es expulsado hacia el interior de oviducto y las células que permanecen en el ovario comienzan a formar el CL (Hafez y Hafez, 2000).

El proestro se caracteriza por el desarrollo y maduración del folículo ovulatorio. Un evento hormonal característico de esta etapa es el incremento de la frecuencia de los pulsos secretorios de FSH y LH que conducen a la maduración final de folículo ovulatorio, el cual se refleja en la concentración de  $E_2$  ocasionando un incremento en el aporte sanguíneo provocando el estro y desencadenando el pico preovulatorio de LH, iniciando así el CE (Mazzuchelli *et al.*, 2002).

El estro es el periodo de receptividad sexual, provocada por el incremento significativo de las concentraciones de  $E_2$  producido por un folículo preovulatorio. El  $E_2$  provoca turgencia del útero, edema en los genitales externos y producción de moco cervical. El estro culmina cuando la hembra deja de aceptar la monta del macho (Hafez y Hafez, 2000).

**4.2.2. Fase lútea.** Formación y maduración del CL, el cual secreta altas concentraciones de  $P_4$  que previene el crecimiento completo de los folículos provocando atrofia y es necesaria para mantener la gestación en la vaca, de lo contrario una regresión del CL conducirá a un nuevo CE (Hafez y Hafez, 2000).

Durante el metaestro ocurre la ovulación de la vaca, y comienza la organización celular y desarrollo del CL. En esta etapa el aparato reproductor cambia, del dominio de  $E_2$  al de  $P_4$ , se descongestiona gradualmente y sus secreciones se tornan viscosas y empiezan a disminuir, es el periodo en que ocurre la fecundación (Hafez y Hafez, 2000).

El diestro es la etapa de mayor duración del CE, durante el cual, el CL se mantiene en su plena funcionalidad, lo que se refleja en los niveles de P<sub>4</sub> mayores de 1ng/ml de sangre (Hafez y Hafez, 2000). También, se observan 2 o 3 ondas foliculares con folículos de diferente tamaño (McDonald, 1991).

### **4.3. Factores que afectan el desempeño reproductivo en bovinos**

**4.3.1. Anestro posparto.** El anestro posparto es el periodo durante el cual la vaca no presenta signos conductuales de estro después del parto. La condición de anestro esta asociada con la presencia de ovarios estáticos, de forma que, aunque hay desarrollo folicular, ninguno de los folículos que inicia su crecimiento alcanza la madurez necesaria para llegar a ovular. Como resultado, el animal no entra en calor ni ocurre la ovulación (Moro *et al.*, 1994).

En ganado de doble propósito, después del parto se presenta un periodo normal de anestro, cuya duración es afectada por la involución uterina, nutrición, condición corporal, raza, época del año, pariciones, distocia y amamantamiento, entre otros factores (Wettemann, 1994; Yavas y Walton, 2000), Y se considera anormal cuando se prolonga más allá del tiempo promedio aceptado de 120 días (Fallas *et al.*, 1987).

Los largos periodos de anestro posparto (> 120 días) son característicos en vacas en regiones tropicales, siendo uno de los mayores problemas reproductivos debido a su alta incidencia y a las pérdidas económicas que se derivan, ya que constituyen la mayor limitante para lograr el intervalo entre partos ideal de 12 meses (Vaccaro, 2000).

**4.3.2. Efecto de la nutrición en la reproducción.** La alimentación del ganado en el trópico se basa principalmente en la utilización de pastos naturales e introducidos, así como de la vegetación natural disponible. La cantidad y calidad nutricional de los pastos tropicales a través del año varía de acuerdo a las fluctuaciones de la precipitación pluvial, lo cual afecta el consumo de forraje y la cantidad de nutrientes (energía, proteína y minerales) disponibles para la absorción por las vacas (Kú, 1999). Debido a estas variaciones alimenticias, los animales en pastoreo manifiestan cambios cíclicos notorios de pérdidas y ganancias de peso y por lo tanto de condición corporal. Durante la temporada de lluvias las vacas acumulan reservas corporales las cuales son movilizadas durante la época de sequía que es cuando se presenta la escasez de forraje (Topps, 1977).

Se ha demostrado que el consumo de energía de la dieta y en consecuencia el metabolismo energético ejercen profundos efectos sobre el sistema de comunicación neurohormonal que regula la función sexual, tanto antes como después de la madurez sexual (Dunn y Moss, 1992).

El efecto del estado nutricional sobre la fisiología reproductiva esta mediado por una serie de indicadores metabólicos que actúan simultáneamente a varios niveles del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios. Entre los factores que utiliza el animal como señales clave para informarse de su estado nutricional se encuentran por ejemplo, la hormona del crecimiento (GH), el factor de crecimiento parecido a la insulina (IGF-1), los ácidos grasos no esterificados (NEFA's) y una hormona de naturaleza peptídica que es producida en los adipocitos que se conoce como leptina (Barash *et al.*, 1996). Se ha encontrado también que las concentraciones circulantes de

leptina se relacionan directamente con la cantidad de reservas grasas en el cuerpo (Boden *et al.*, 1996), de manera que la leptina puede representar una señal metabólica que le informa al sistema nervioso central del estado que guardan las reservas corporales energéticas del animal, iniciándose o manteniéndose la función reproductiva cuando el animal tiene las reservas energéticas suficientes (Williams 1998).

**4.3.3. La importancia de la condición corporal.** La condición corporal en los hatos bovinos es una evaluación que tiende a reflejar el nivel nutricional del hato y específicamente el estado energético. La condición corporal, principalmente modificada por la deposición de tejido graso en la región lumbar y la pelvis, ha sido tomada como un parámetro reproductivo dentro de las explotaciones, ya que diversas investigaciones han demostrado una alta correlación entre la puntuación de la condición corporal y el estado reproductivo del animal en diversas etapas, tal es el caso del posparto (Burke *et al.*, 1998).

Se ha encontrado que un balance energético positivo, una mayor ganancia de peso y una mejor condición corporal se correlaciona positivamente con las concentraciones de  $P_4$  en plasma en lactación temprana (Macmillan y Burke, 1996), teniendo en cuenta que valores iguales o mayores a 1 ng/ml de sangre son indicadores de ciclicidad (Beal *et al.*, 1984). El CE se pueden mantener si la calificación de tal condición corporal es de 4 puntos o mayor en escala 1 a 9 (Short y Adams, 1988), y que una condición corporal con mayor calificación al parto incrementa el índice de estro y preñez para los 40 y 60 días dentro de una época reproductiva (Spitzer *et al.*, 1995).

Por otra parte, la pérdida de peso y el retraso en la presentación de CE están asociados con cambios en el balance de energía durante la lactación. Así, durante las 8 primeras semanas posparto el 55 % de la producción de leche se obtiene de la movilización de las reservas de grasa, a razón hasta de 1.82 kg por día, después de que se recupera un balance positivo de energía (semana 13 aproximadamente) se reinicia la actividad ovárica y se observan CE normales de 21 días (McDowell, 1994). Por lo tanto, el balance energético negativo es la más importante limitante para desarrollar el patrón pulsátil de LH requerido para la primera ovulación (Buttler y Elrod, 1991).

**4.3.4. Efecto del clima en la reproducción.** Las condiciones del medio ambiente en climas tropicales se caracterizan por una temperatura y humedad elevada, que provocan que los índices de reproducción y la eficiencia productiva sean menores que en las regiones con clima templado (Carmona, 1980). El estrés por calor en los animales se refleja en la disminución de la libido y la expresión del estro (Thatcher y Collier, 1983). En climas tropicales se espera que el ganado cebuino tenga un mejor comportamiento reproductivo-productivo al existir una mayor capacidad para resistir al calor (De Alba, 1985). Chemineau, (1993) menciona que el comportamiento sexual y la tasa de fertilidad son afectadas negativamente por las altas temperaturas ambientales, teniendo así bajos porcentajes de fertilidad en épocas de calor comparados a la época de frío.

Las altas temperaturas tienen un efecto negativo sobre el útero durante los estadios preparatorios de la preñez, así como durante el desarrollo inicial del embrión (Román-Ponce *et al.*, 1978). En verano se ha

encontrado que el 80 % de los estros pueden ser indetectables (Ambrose *et al.*, 1999). Además, Ryan *et al.*, (1992) mencionan que cuando las temperaturas rectales de los animales aumentan de 38.5 a 40°C, 72 h después del servicio o la inseminación, las tasas de fertilidad disminuye en un 50 %.

**4.3.5. Efecto del amamantamiento en la reproducción.** El prolongado anestro es la mayor limitante para lograr una alta eficiencia reproductiva en vacas, teniendo al amamantamiento y a la nutrición como los factores principales que influyen en su duración (Stagg *et al.*, 1998). Si el amamantamiento se práctica continuamente durante la lactancia, bloquea la ovulación y como consecuencia se dá un largo período de anestro posparto, contribuyendo a una baja eficiencia reproductiva (Wettemann, 1994). El prolongado anestro posparto es uno de los principales factores que afectan la reproducción en la ganadería tropical, y el disminuirlo es crucial para obtener la meta ideal de un intervalo entre partos de 12 meses (Ramírez-Iglesia *et al.*, 1992).

El amamantamiento y el balance energético negativo pueden afectar la actividad del hipotálamo, hipófisis y ovarios, inhibiendo el desarrollo folicular y aumentando el período de anestro. El balance energético negativo en el posparto puede afectar el intervalo entre el parto y la ovulación. El amamantamiento interfiere con la liberación hipotalámica de GnRH, cuya cantidad resulta insuficiente para estimular a la hipófisis, provocando una marcada supresión en la liberación pulsátil de LH, condición asociada con el anestro posparto (Williams, 1990). Tal inhibición de la liberación episódica de LH es provocada por la secreción de un péptido opioide hipotalámico B-

endorfina, en respuesta al estímulo del amamantamiento a pesar de haber desarrollado folicular temprano, ocasionando que los folículos no lleguen a ovular (Bolan *et al.*, 1990). Por otro lado, las vacas que pierden su cría al nacimiento por lo general entran en celo más pronto que las que amamantan de forma normal (Wettemann, 1994).

#### **4.4. Sincronización del estro**

La sincronización del estro consiste en la agrupación de hembras en estro en un periodo corto de (1 a 5 d) favoreciendo el uso de la IA y la transferencia de embriones; así mismo también contribuye a la optimización del tiempo, mano de obra y recursos económicos de la empresa bovina, incrementa los porcentajes de fertilidad al tener grupos homogéneos de vacas y vaquillas gestantes y por ende la continuidad en la producción (Dahlen *et al.*, 2003). La sincronización del estro se puede lograr a través de métodos naturales y artificiales. Dentro de los artificiales existen dos métodos generales para sincronizar el estro en los bovinos, ya sea acortando la fase lútea por medio de la utilización de agentes luteolíticos como la PGF2 $\alpha$ , o bien simulando un CL por medio de progestágenos (Richardson *et al.*, 2002).

Se han realizado trabajos de sincronización por medio de la suplementación de Acetato de Melengestrol (MGA) por vía oral (Martínez *et al.*, 2003), implantes intravaginales de progesterona e implantes auriculares de progesterona sintética Norgestomet (Crestar®, Synchronate B®) más la adición de ECP, PGF2 $\alpha$  y GnRH presentándose resultados muy variables (McGowan *et al.*, 1999).

Se han planeado protocolos de sincronización en los cuales se realiza la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), para tal fin, recientes investigaciones sugieren que es posible manipular el crecimiento folicular y lograr la sincronización de las oleadas (García *et al.*, 2004). Asimismo para la manipulación del desarrollo folicular se ha utilizado GnRH con el fin de sincronizar el momento de la ovulación aunado a programas de IATF (48 h postinyección). En el mismo sentido, Colazo *et al.*, (2004) realizaron un estudio en vaquillas entre 12 y 15 meses de edad, donde evaluaron el uso del CIDR más la administración de GnRH y ECP con IATF, encontrando que, con la administración de ECP 24 h post-retiro del CIDR la tasa de preñez fue del 64 y el 66 %.

#### **4.5. Métodos para la sincronización del estro**

**4.5.1. Utilización de prostaglandinas.** La administración de  $PGF2\alpha$  entre los días 5 -16 del CE a vacas causa regresión del CL por la unión específica a sus receptores en las células lúteas (Skarzynski *et al.*, 1997), por lo que su administración exógena es usada en la SE. La aplicación de la  $PGF2\alpha$  y sus análogos sintéticos induce a la disminución en la concentración sérica de  $P_4$  a menos de 1 ng/mL de sangre durante las primeras 24 h posteriores a la aplicación (Moreno *et al.*, 1986).

La  $PGF2\alpha$  no sincroniza el estro cuando se aplica durante los primeros 5 d del CE debido a que el CL aún no es funcional, así mismo, no hay efecto en un CL de más de 16 días (Vega, 1994). Del mismo modo, Odde (1990) menciona que la aplicación de  $PGF2\alpha$  durante la fase lútea del CE afecta la proporción de animales que manifiestan estro y el intervalo

entre la aplicación del agente luteolítico y el inicio del estro, dependiendo del estado de desarrollo de la oleada folicular.

Una inyección de PGF2 $\alpha$  en el día 6 o más del CE causa una regresión inmediata del CL (Roche y Mihm, 1997) y agrupa los animales en estro en un periodo de 1 a 5 d y se obtiene un 70 % de éxito en vacas que se encuentran ciclando (Ramírez y Miller, 1995).

La etapa del CE y la dosis de PGF2 $\alpha$  pueden afectar el éxito de la sincronización (Skarzynski *et al.*, 1997). En hembras que se encuentran en la fase temprana del CE (5 a 9 d) responden menos a la PGF2 $\alpha$  que animales en la fase lútea tardía del CE (13 a 17 d), mientras que animales a la mitad de la fase estral (10 a 12 d) tienen una respuesta intermedia (Salverson *et al.*, 2002).

La aplicación de PGF2 $\alpha$  estimula rápidamente la liberación de OT del CL en el ganado. Este efecto, en las vaquillas, depende de la dosis de PGF2 $\alpha$  en la etapa media y tardía de la fase lútea, regulada por los cambios en el número de receptores y a su afinidad entre ellos. La concentración de OT en plasma después del tratamiento con PGF2 $\alpha$  es un buen indicador de que el CL es sensible a la PGF2 $\alpha$  y por lo tanto ocurre una lúteolisis (Skarzynski *et al.*, 1997).

Xu *et al.*, (1997) sincronizaron vacas con dos aplicaciones de PGF2 $\alpha$  con un intervalo de 13 d entre una y otra inyección, se inseminaron 48 h después de la última aplicación y obtuvieron un 82 % de respuesta al estro y 61 % de preñez al primer servicio.

Fernández *et al.*, (1993) reportaron que el porcentaje de vaquillas que manifestaron estro en las 96 h siguientes de la aplicación de PGF2 $\alpha$  fue

menor (60 %) en las hembras tratadas entre los días 6 al 10 del CE que en las tratadas entre los días 11 al 16 (100 %), así mismo, el tiempo al inicio del estro fue de 14 h más corto en vaquillas inyectadas el día 6 que en las tratadas el día 11. Del mismo modo, King y Robertson, (1984) trabajaron con vaquillas ciclando para inducir las al estro con PGF2 $\alpha$  utilizando dos inyecciones con 10 d de intervalo entre la primera y la segunda aplicación y encontraron que el 83 % de las vaquillas manifestaron estro entre las 48 y 96 h posteriores a la segunda aplicación.

**4.5.2. Utilización de progestágenos (CIDR).** El dispositivo intravaginal tiene forma de T y está cubierto con un elastómero de silicón, el cual contiene 1.9 g de P<sub>4</sub> natural. Los niveles séricos adecuados de P<sub>4</sub> se obtienen a las 6 h después de colocado el dispositivo y permanecen constantes por el tiempo que dura el tratamiento (Macmillan y Peterson, 1993). El CIDR actúa como un CL exógeno que inhibe la secreción de gonadotropinas y por lo tanto el desarrollo folicular, al disminuir el bloqueo de progestágenos se produce la liberación de gonadotropinas e inicia un ciclo fértil (Mazzuchelli *et al.*, 2002).

Se ha observado que la P<sub>4</sub> natural aplicada por 7 d incrementa la proporción de estros en vacas sincronizadas, así como la formación de un CL con periodo de vida normal, mientras que los E<sub>2</sub> exógenos al momento del retiro, incrementan la manifestación del estro (Fike *et al.*, 1997). Del mismo modo, Rasby *et al.* (1998) en un estudio realizado con vaquillas de carne, utilizando un dispositivo CIDR en combinación con E<sub>2</sub>, encontraron que el progestágeno a corto plazo aumentó la proporción de vaquillas en estro y la adición de E<sub>2</sub> después del CIDR reforzó estos resultados.

Por otro lado, mediante la adición de E<sub>2</sub> exógenos al inicio del tratamiento, los folículos presentes sufren regresión evitando el desarrollo de folículos ováricos persistentes (FOP), comunes después de utilizar sistemas de SE con progestágenos, de tal forma que el folículo dominante (FD) de la siguiente onda folicular, al retirar el progestágeno ovula, sin embargo la fertilidad disminuye en comparación con una ovulación natural (Yelich *et al.*, 1997).

La duración máxima de este tratamiento no debe exceder los 12 d para mantener una fertilidad normal en el ganado sincronizado de lo contrario se presentan problemas de FOP, ocasionados por la P<sub>4</sub> proveniente del dispositivo (Roche y Mihm, 1997). Actualmente los sistemas de sincronización con el CIDR, han reducido el tiempo en tratamiento a 7 d, para evitar la formación de un FOP (Hafez y Hafez, 2000). Por eso, en este caso es necesaria la aplicación de PGF2 $\alpha$  al retirar la fuente de progestágeno para asegurar que ocurra la luteólisis e inducir una nueva onda folicular.

Lamb *et al.*, (2001) realizaron un estudio en vacas de carne lactando utilizando el protocolo Co-Synch más CIDR e IATF al momento de la aplicación de la GnRH encontrando porcentajes de fertilidad del 58 %.

**4.5.3. Utilización de estrógenos.** Los E<sub>2</sub> actúan en el sistema nervioso central (SNC) para inducir la manifestación de estro en la hembra, sin embargo, en la vaca se pueden utilizar junto con la P<sub>4</sub> para sincronizar el estro, al incrementar el número de glándulas secretoras endometriales e inhibir la motilidad del endométrio (McDonald, 1991). El estradiol es producido por el ovario a partir de precursores androgénicos y posee

retroalimentación positiva sobre el hipotálamo, provocando la liberación de la LH y FSH. (Hafez y Hafez, 2000).

La administración de  $E_2$  mediante un efecto de retroalimentación positiva incrementa de manera directa la frecuencia de los pulsos de GnRH en el hipotálamo y este a su vez, los pulsos de la LH aumentando la intensidad del pico preovulatorio. Este vínculo de retroalimentación positiva entre  $E_2$ , hipotálamo y LH es esencial en la maduración y ovulación del FD y promueve la coincidencia entre la expresión del estro y la ovulación (Roche y Mihm, 1997).

Por otra parte, los FOP desarrollados por sincronizadores a base de progestágenos, sufren regresión con  $E_2$  exógenos y el FD de la siguiente onda folicular, al retirar el progestágeno, puede ovular con una fertilidad adecuada como si fuese una ovulación natural (Yelich *et al.*, 1997).

El desarrollo folicular en el ganado bovino ocurre en forma de ondas, con dos o tres ondas foliculares durante el ciclo estral normal (Bao y Garverick, 1998). Por ello la retroalimentación negativa de la  $P_4$  lútea disminuye la frecuencia de los pulsos de LH, resultando en la regresión del FD de la primera ola. Al momento de administrar progestágenos a animales sin CL, el FD sigue creciendo o se mantiene, este comportamiento persistente se asocia a incrementos en la frecuencia de los pulsos de LH debido a la falta de retroalimentación negativa por parte de la  $P_4$  lútea natural (Ramírez y Miller, 1995). Luego, del cese de la administración del progestágeno sintético, el FD ovula, aunque con una fertilidad disminuida en comparación con la ovulación espontánea de animales no sincronizados (Yelich *et al.*, 1997).

El E<sub>2</sub> tiene el potencial para disminuir la variación al inicio del estro. Muchos estudios han demostrado un incremento en las tasas de rendimiento reproductivo después de la administración de E<sub>2</sub> en la fase folicular (Lane *et al.*, 2001). La administración de E<sub>2</sub> durante la fase folicular (emergencia o dominancia de un folículo), mejora la SE después de haber retirado el CIDR (Lane *et al.*, 2001).

**4.5.4. Combinación de progestágenos, prostaglandinas y estrógenos.** Cuando se suspende el uso del progestágeno en un tratamiento de SE, se da un crecimiento folicular, manifestación de estro y ovulación, entre 1 y 5 días posteriores al retiró del dispositivo CIDR, mientras que el E<sub>2</sub> induce la regresión del CL y potencializa la respuesta al progestágeno, de tal forma que la manifestación de estro de los animales es casi predecible de 12 a 24 h después de utilizar el benzoato de estradiol (BE), en un protocolo de SE e IA (Hafez y Hafez, 2000). Del mismo modo, Bridges *et al.*, (1999) en un estudio realizado para comparar los efectos a corto plazo de la P<sub>4</sub> y E<sub>2</sub> sobre el crecimiento folicular, la SE y el porcentaje de preñez, demostró que el dispositivo CIDR, retirado a los 5 y 7 d con la aplicación de PGF<sub>2</sub> $\alpha$  y E<sub>2</sub> indujo el grado más alto de SE y ovulación necesaria para la IA 30 h después, comparado con otros tratamientos sin la aplicación de E<sub>2</sub>.

Lemaster *et al.*, (1999) mencionan que aplicando 0.5 mg de BE 24 h después de retirado el dispositivo CIDR se reduce el tiempo a la manifestación de estro en vaquillas cruzadas con Brahmán a 74.5 h vs. 93.5 h en vaquillas no tratadas con BE y 78.9 en vaquillas inyectadas con BE a las 48 h de retirado el dispositivo CIDR.

Por otro lado Araujo *et al.* (2005) compararon dos métodos de sincronización de estro en vacas cruza de *Bos taurus* y *Bos indicus*, donde aplicó 1mg de ECP 24 h después de retirar el CIDR, resultando en 94 % de hembras en estro.

Cesaroni *et al.* (2007) evaluaron el uso de ECP vs BE encontrando porcentajes de fertilidad de 69 y 57 % para IATF a las 48 h después de retirado el dispositivo en vacas secas con 7 meses postparto.

Xu *et al.* (1997) en un estudio donde utilizaron vacas lactando, observaron que la tasa de concepción en la primera IA posterior a la SE (CIDR por 8 días y un tratamiento de PGF2 $\alpha$  2 días antes de removerlo) fue significativamente reducida comparado con un hato que no recibió PGF2 $\alpha$ . Los resultados fueron de 52.9 % vs. 64.3 %, respectivamente.

Por otro lado, la combinación de progestágenos y E<sub>2</sub> en vacas en anestro resulta exitoso (Hafez y Hafez, 2000). McDonald (1991) señala que la SE con P<sub>4</sub> y E<sub>2</sub> se basa en que la P<sub>4</sub> suprime la actividad folicular al evitar la liberación de gonadotropinas. Si el tratamiento se mantiene por un periodo igual o superior a la vida media del CL y todos los animales presentan CL en regresión al final del tratamiento y con ello viene una nueva onda folicular. Así, el crecimiento folicular se reinicia de una manera relativamente sincrónica en el momento que se retira la P<sub>4</sub> y se aplican los E<sub>2</sub>.

La combinación de P<sub>4</sub> y E<sub>2</sub> en los animales anéstricos provoca inducción del estro, mientras que en los animales que se encuentran ciclando, causa la regresión folicular inducida (Morales *et al.*, 2001). Los trabajos realizados con la aplicación de P<sub>4</sub> y E<sub>2</sub> en animales cíclicos refieren el surgimiento de la nueva onda como promedio a los 3 o 4 d posteriores a la

aplicación del estradiol, independientemente del momento del ciclo en que se administre (Morales *et al.*, 2001).

**4.5.5. Utilización de la hormona liberadora de gonadotropinas.** La GnRH es un decapeptido sintetizado y almacenado en el hipotálamo, y transportado a la hipófisis mediante el sistema porta hipotálamo-hipofisiario (Hafez y Hafez, 2000). Provoca liberación de una oleada de FSH y LH que induce el crecimiento de folículos inmaduros y la ovulación de folículos maduros (Wright y Malmo, 1992).

La GnRH ha sido utilizada como agente terapéutico en el manejo reproductivo, siendo efectiva en el tratamiento de quistes foliculares ováricos, aumentan la oleada de LH para estimular la ovulación de folículos maduros, y por su acción lúteoprotectora reduce las pérdidas embrionarias durante la gestación (Stevens *et al.*, 1993).

En la actualidad existen protocolos de sincronización de estro conocidos como Ovsynch y Co-synch que disminuyen la variación entre los animales al momento de la ovulación luego del tratamiento de la PGF2 $\alpha$  (Pursley *et al.*, 1995).

Ovsynch es un protocolo de SE que utiliza análogos de GnRH, seguida de la aplicación de PGF2 $\alpha$  luego de 7 d, una segunda aplicación de GnRH a las 48 h después de aplicar la PGF2 $\alpha$  y se realiza la IATF a las 15 o 24 h después de la aplicación de GnRH. La primera aplicación de GnRH causa un pico de LH (2 h después) y esta a su vez provoca la ovulación de folículo dominante, causando una nueva oleada folicular 2 o 3 d después (Pursley *et al.*, 1995; Martínez *et al.*, 1999). La PGF2 $\alpha$  al día 7, causa regresión del CL y la segunda dosis de GnRH sincroniza la ovulación

(Pursley *et al.*, 1995). La tasa de concepción varía entre 26 y 55 % en ganado *Bos taurus* (Zeitoun *et al.*, 1996).

Existen estudios realizados en vacas cebuinas lactando y no lactando con Ovsynch que alcanzan tasas de preñez después de la IATF similares a las de ganado *Bos taurus*, que oscilan entre 42 y 48 % (Barros, 2000).

Por otra parte Stevenson *et al.*, (2004) evaluaron un protocolo modificado llamado (Ovsynch más CIDR) que consiste en la inserción de un dispositivo impregnado con progesterona por 7 d mas 100 µg de GnRH, al remover el CIDR se aplica 25 mg de PGF2α y una segunda dosis de GnRH 48 h después de retirado CIDR e IATF a las 16 h después de la ultima dosis GnRH encontrando así porcentajes de preñez de 30 %.

Así mismo Quezada *et al.*, (2006) menciona que los porcentajes de fertilidad con el uso de Co-Synch más CIDR, que consiste en la IATF 48 h después de retirado CIDR más GnRH, en vacas de carne posparto se ubicó en 35 % de fertilidad. Del mismo modo Walker *et al.*, (2005) con el mismo protocolo de sincronización en diferentes Estados de EUA (Colorado, Wyoming y Dakota del Sur) encontraron porcentajes de fertilidad del 55, 57 y 54 % respectivamente.

Balla *et al.*, (2006) en un estudio en vacas en lactación utilizando el protocolo Ovsynch más CIDR con dosis de 50 µg de GnRH en la primera y segunda aplicación e IATF 60 h después de retirado el dispositivo, obtuvieron un porcentaje de preñez del 38 %.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Ubicación

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca sobre las coordenadas geográficas 18° 07' Latitud Norte y 95° 53' Longitud Oeste a una altura de 30 msnm. El clima es cálido húmedo, con precipitación y temperatura promedio anual de 1,845 mm y 25° C (FAM, 2007).

### 5.2. Animales

**5.2.1. Vacas.** Se utilizaron 18 vacas multíparas de doble propósito cruzas de *Bos taurus* y *B. indicus*. La condición corporal (CC) fué evaluada del 1 a 5 (Edmondson *et al.*, 1989) al inicio del trabajo de campo; los animales presentaban una CC de  $2.5 \pm 0.3$ .

**5.2.2. Vaquillas.** Se utilizarón 18 vaquillas de doble propósito con un peso mínimo de 325 kg y una edad mínima de 15 meses. La CC fue evaluada del 1 a 5 (Edmondson *et al.*, 1989), los animales contaban al inicio del experimento con una CC de  $2.5 \pm 0.3$ .

### 5.3 Manejo zootécnico

**5.3.1 Alimentación.** Se mantuvieron bajo condiciones de pastoreo en praderas sembradas con pasto de estrella de Africa (*Cynodon plectostachyus*), estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) y pastos nativos como el *Paspalum sp.*

Las vaquillas se encontraban pastoreando estrella de Africa (*Cynodon plectostachyus*) y Privilegio (*Panicum maximum*) y fueron suplementadas con cáscara de piña.

**5.3.2 Palpación.** Todas las vacas venían saliendo de un anestro lactacional. Sin embargo se les realizó una palpación rectal con la finalidad de detectar a los animales que presentaban actividad ovárica al momento de iniciar el experimento. En las vaquillas el protocolo de SE, se utilizó para inducir las al estro.

#### **5.4. Protocolos de sincronización de estro.**

**5.4.1. Protocolo 1 (IA a estro detectado).** En el día cero, a 9 vacas y 9 vaquillas, se le colocó el dispositivo intravaginal CIDR (Eazi-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health) así como también 1 mg (0.5 ml) de cipionato de estradiol (ECP®, Pfizer Animal Health) por vía intramuscular (IM).

Se retiró el dispositivo CIDR en el día 7 y se aplicaron 25 mg (5 ml) de PGF2 $\alpha$  (Lutalyse®, Pfizer Animal Health) y 1 mg (0.5 ml) de cipionato de estradiol al momento de retirado el CIDR, según las recomendaciones del proveedor (Pfizer, 2007).

**5.4.2. Protocolo 2 (IATF).** En el día cero, a 9 vacas y 9 vaquillas, se le colocó el dispositivo intravaginal CIDR (Eazi-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health).

Se retiró el dispositivo CIDR en el día 7 y se aplicaron 25 mg (5 ml) de PGF2 $\alpha$  (Lutalyse®, Pfizer Animal Health) por vía IM.

En el día 9, se aplicó 100  $\mu$ g (1 ml) de GnRH (Ovalyse®, Pfizer Animal Health) por vía IM.

#### **5.5. Detección de estros**

Durante los días 8, 9 y 10, se realizó la detección de estros por medio de observación visual, considerando la manifestación del estro cuando los animales permiten por primera vez la monta por parte de otros miembros del

grupo por más de tres segundos. Se tomó el tiempo transcurrido entre el retiró del dispositivo CIDR y la manifestación de estro.

### **5.6. Inseminación artificial**

Las hembras del protocolo 1 que manifestaron signos de estro fueron inseminadas de 8 a 12 h posteriores a la manifestación de estro. Mientras que las hembras del protocolo 2 fueron inseminadas a tiempo fijo de 8 a 12 h después de la última inyección de GnRH.

Dentro de los protocolos, las actividades relacionadas con el manejo de los animales se realizaron a tiempos fijos, es decir, los animales se trabajarón por las mañanas a una misma hora.

### **5.7. Diagnóstico de gestación**

Se tomó una muestra de sangre por punción de la vena coccígea, para evaluar los niveles séricos de  $P_4$  (Schneider y Hallford, 1996), 21 d posteriores a la IA para corroborar fertilidad, donde el criterio fue que el nivel de  $P_4 >$  de 1ng/ml de sangre corresponde a la presencia de un cuerpo lúteo funcional indicando que la hembra está preñada.

Las muestras de sangre se colectaron con tubos vacutainer con anticoagulante, el plasma fué separado por centrifugación a 3500 RPM por 15 min y después se congelo a  $- 10^{\circ} C$  hasta la realización del radioinmunoanálisis (RIA). Los análisis de  $P_4$  se realizaron en el laboratorio de Endocrinología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

### **5.8. Variables biológicas evaluadas**

Las variables biológicas evaluadas fueron: porcentaje de animales en estro, intervalo transcurrido entre el retiro del dispositivo CIDR y el inicio del estro y porcentaje de fertilidad.

### **5.9. Análisis estadístico**

Para el tiempo del retiro del CIDR al estro se realizó un análisis de varianza, utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico (SAS, 1999). Se realizaron contrastes ortogonales para la comparación de las medias entre tratamientos para el intervalo (h) del retiro del CIDR al inicio del estro. Se realizó una comparación de proporciones binomiales para evaluar el efecto de cada protocolo y la edad del animal (vacas o vaquillas).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Intervalo del retiro del dispositivo al inicio del estro

En el intervalo del retiro del dispositivo CIDR al inicio de estro si hubo diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para el protocolo 1 entre vaquillas y vacas teniendo intervalos de 23.6 h para vaquillas y de 28.9 h para vacas, siendo mas corto el intervalo para vaquillas con 5.3 h menos que en vacas. Esto pudo deberse a diversos factores entre ellos, el mecanismo de supresión del amamantamiento sobre la LH pulsátil (Gazal *et al.*, 1999), retardando el efecto del estradiol sobre el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal, en comparación a las vaquillas.

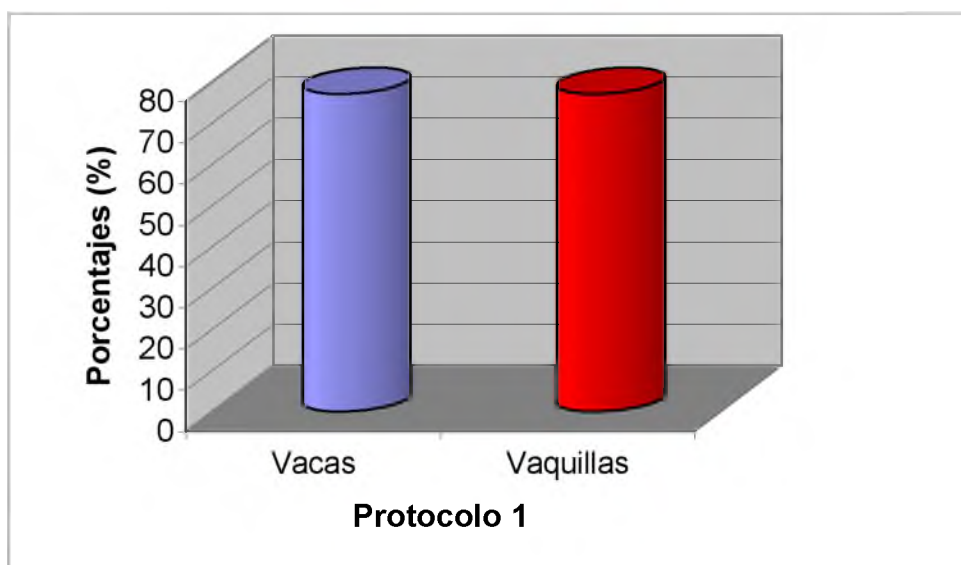
Los resultados hallados en este estudio demuestran una disminución en el intervalo del retiro del CIDR al inicio del estro, debido al efecto del estradiol aplicado al retirar el CIDR, comparado con lo encontrado por otros autores, como Lemaster *et al.*, (1999) de 74.5 h en vaquillas cruzadas con Brahmán y la aplicación de 0.5 mg estradiol. Mientras que Abad *et al.*, (2006) encontró en vaquillas productoras de carne intervalos del retiro del CIDR al inicio de estro de 44 h y 45.1 h con 0.5 mg y 1.0 mg de BE, respectivamente, así mismo, Carbajal *et al.*, 2005 en un estudio realizado en vacas ciclando y anestricas, encontraron intervalos del retiro del CIDR al Inicio de estro de 36, 48, 60 y 84 h, sin embargo dichos autores aplicaron estradiol 24 h después de retirado el CIDR, incrementándose de esta forma el intervalo del retiro del CIDR al inicio del estro en dichos trabajos comparado con el nuestro.

Por otro lado Araujo *et al.* (2005) en vacas cruzadas de *Bos taurus* y *Bos indicus* encontraron intervalos de la aplicación del ECP al inicio de estro de 24, 36, 48 h encontrando una mayor concentración de animales en estro

a las 24 h de aplicado el ECP, donde se aplico ECP 24 h después retirado el CIDR, estos resultados son similares a los encontrado en este estudio.

## 6.2. Porcentaje de estro

Por los resultados obtenidos se puede apreciar que la sincronización fue igual para ambos grupos de vacas y vaquillas del protocolo 1, mostrando un porcentaje de estro del 77 % (Figura 1).



**FIGURA 1. Porcentaje de vacas y vaquillas en estro, sincronizadas con P<sub>4</sub> (CIDR), cipionato de estradiol (ECP) y Prostaglandina.**

Estos resultados coinciden a los obtenidos por Carbajal *et al.*, 2005, los cuales reportan un 77 % de estro en vacas que se encuentran ciclando y 50 % en vacas anestricas. Por otra parte nuestros resultados son inferiores a los encontrados por Macmillan y Peterson (1993), quienes reportaron un 90 % de vacas productoras de carne en estro, de igual forma, Hanlon *et al.* (1995) encontraron, en vaquillas lecheras un 94 % en estro, así mismo, Abad *et al.* (2006), reportan un 100 % de vaquillas productoras de carne en estro, posiblemente debido a una mejor sincronía producto de la aplicación de estradiol 24 h después de retirado el CIDR.

Por otro lado, Araujo *et al.*, (2005) en vacas cruzadas de *Bos taurus* y *Bos indicus*, aplicaron 1 mg de estradiol 24 horas después de retirar el CIDR, obteniendo un 94 % de hembras en estro. Dicho resultado fue superior al nuestro, a pesar de que las condiciones de clima, animales utilizados y dosis (1.0 mg), fueron similares, sin embargo, las condiciones nutricionales, el estado reproductivo que se encontraban tanto las vacas, como las vaquillas pudieron afectar nuestros resultados, ya que las vacas venían saliendo de un anestro lactacional y las vaquillas se encontraban iniciando actividad ovárica.

Por otro lado, en el protocolo 2 los animales se inseminaron a tiempo fijo, por lo cual no se obtuvieron datos tanto del intervalo del retiro del CIDR al inicio del estro, como del porcentaje de animales en estro, sin embargo si se obtuvieron porcentajes de gestación.

### 6.3. Porcentaje de gestación

Los porcentajes de gestación del protocolo 1 IA a estro detectado fueron en vacas y vaquillas del 55.6 y 33.3 %, respectivamente (Cuadro 1). Mientras que para el protocolo 2 IATF, el porcentaje de gestación fue de 22.2 y 33.3 % (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Porcentaje de gestación para el grupo de vacas y vaquillas del protocolo 1 (IA a estro detectado) y protocolo 2 (IATF).**

Tipo	N	Protocolo 1	N	Protocolo 2
		Porcentaje de gestación		Porcentaje de gestación
Vacas	9	55,6 % a	9	22,2 % a
Vaquillas	9	33,3 % a	9	33,3 % a

a, b literales diferentes dentro de la misma columna, indican diferencia estadística (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

Aunque no existe diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) en la interacción edad, protocolo y entre protocolos siendo así protocolo de IA a estro detectado e IATF, los resultados demuestran un mayor número de animales preñados en el protocolo 1 que en el protocolo 2, específicamente en vacas. Mientras que en las vaquillas del protocolo 1, la dosis de estradiol posiblemente no fue suficiente para activar la secreción hipofisaria de FSH y LH, y por lo tanto no hubo ovulación.

Los resultados obtenidos del protocolo 1 son similares a los encontrados por diversos autores, Hanlon *et al.* (1995) reportan tasas de preñez del 57 % en vaquillas lecheras, de igual forma Valencia (1997) cuyos resultados fueron del 55.5, 21.4 y 21.4 en tres diferentes ranchos utilizando vacas productoras de carne, así mismo Abad *et al.* (2006) encontraron resultados de 50 y 33 % con diferentes dosis de estradiol (BE), respectivamente en vaquillas productoras de carne. Aun cuando un porcentaje favorable de vaquillas presentaron estro, se observó una baja tasa de preñez, debido a estros infértiles, producto del estradiol utilizado.

Aunque Barros, (2000) menciona que existen estudios realizados en vacas cebuinas lactando y no lactando con ovsynch que alcanzan tasas de preñez después de la IATF similares para ganado *Bos taurus* que oscilan entre 42 y 48 %, nuestros resultados obtenidos del protocolo 2 son similares a lo encontrado por Stevenson *et al.*, (2004) cuyos porcentajes de preñez fueron del 30 %. Así mismo Quezada *et al.*, (2006) menciona que los porcentajes de fertilidad en vacas posparto de carne se ubicó en 35 % de fertilidad. Mientras que Balla *et al.*, (2006) obtuvieron un porcentaje de fertilidad del 38 %.

Lamb *et al.*, (2001) en vacas de carne encontraron porcentajes de fertilidad del 58 %. Así mismo, Walker *et al.*, (2005) en diferentes estados (Colorado, Wyoming y Dakota del Sur) encontraron porcentajes de fertilidad del 55, 57 y 54 % respectivamente. Por su parte, Larson *et al.* (2006) encontró un 54 % de fertilidad en vacas de carne. Esta diferencia en los porcentajes de fertilidad en comparación a los encontrados en este estudio, se puede deber a que los autores de estos trabajos utilizaron una dosis adicional de GnRH al inicio del experimento encontrando así una mejor sincronía en el crecimiento del folículo y por ende en la ovulación.

Por otro lado, la condición corporal y nutrición de los animales pudo haber influido en nuestros resultados, se ha encontrado que un balance energético negativo, disminuye la condición corporal y a su vez esto se correlaciona negativamente con las concentraciones de P<sub>4</sub> en plasma (Macmillan *et al.*, 1996), provocando pérdidas embrionarias en los primeros días de la preñez.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En ambos tratamientos en el porcentaje de gestación no se observaron diferencias significativas en la interacción edad, protocolo y entre protocolos, siendo así protocolos de IA a estro detectado o IATF.

El bajo porcentaje de fertilidad observado en el protocolo 2, se debió a la falta de una dosis de GnRH al momento de iniciar el experimento. Por otro lado, el bajo porcentaje de fertilidad en el protocolo 1, en vaquillas, se le atribuye a la dosis de estradiol (1mg) junto con la nutrición de los animales, la cual no fue suficiente para inducir y sincronizar la ovulación.

Se recomienda para próximas investigaciones aumentar la dosis inicial de estradiol para ver si tuvo un efecto sobre el porcentaje de fertilidad.

También se recomienda incluir una dosis inicial de GnRH para el protocolo 2 para sincronizar las ondas foliculares y tener así un mejor comportamiento de la fertilidad.

Por efecto de los costos, se recomienda utilizar protocolos a base de estradiol (ECP), para minimizar los gastos del productor.

## 8. LITERATURA CITADA

- Abad, Z. J., J. R. Godínez., A. F. Mariñelarena., A. G. Ahuir., A. G. Macías. 2006. Benzoato de estradiol en vaquillas sincronizadas con progesterona y prostaglandina-f $2\alpha$ . Arch. Zootec. 55 (209): 15-20.
- Ambrose, J. D., M. Drost., R. L. Monson., J. J. Rutledge., M. L. Leibfried-Rutledge., M. J. Thatcher., T. Kassa., M. Binelli., P. J. Hansen., P. J. Chenoweth., W. W. Thatcher. 1999. Efficacy of timed embryo transfer with fresh and frozen in vitro produced embryos to increase pregnancy rates in heat-stressed dairy cattle. J. Dairy. Sci. 82 (11): 2369-2376.
- Araujo, J. W., M. Austin., B. Austin, and J. V. Yelich. 2005. Comparison of two CIDR synchronization and AI treatments in postpartum lactating *Bos indicus* x *Bos taurus* cows. Beef Cattle Report, Dept. of Anim. Sci., Univ. of Florida, Gainesville. pp. 91-93.
- Balla, E., L. Filippi., D. Maraña Peña., D. Pincinato., L. C. Peres., L. Cutaia., G. Veneranda., M. F. Martinez., G. A. Bo. 2006. Efecto de diferentes protocolos de sincronización de la ovulación con dispositivos intravaginales con progesterona sobre el desarrollo folicular y las tasas de preñez en vacas lecheras en lactancia. Jornadas de Actualización en Biotecnologías de la Reproducción en Bovinos. IRAC. Cordoba . Argentina.
- Bao, B., and H. A. Garverick. 1998. Expression of steriogenic enzyme and gonadotropin receptor genes in bovine follicles during ovarian follicular waves. J. Anim. Sci. 76: 1903-1921.
- Barash, I. A., C. C. Cheung., D. S. Weigle., H. Ren., E. B. Kabigting., J. L. Kuijper., D. K. Clifton., R. A. Steiner. 1996. Leptin is a metabolic signal to the reproductive system. Endocrinology, 137, (7), 3144-3147.
- Barros, C.M. 2000. Sincronización del estro y ovulación en cebuínos. Quinto Congreso Argentino de Reproducción Animal, CABIA, Rosario, Argentina.
- Beal, W. E., G. A. Good., L. A. Petersen. 1984. Estrus synchronisation and pregnancy rates in cyclic and noncyclic beef cows and heifers treated with Synchromate B or norgestome and Alfaprostenol. Theriogenology. 22: 59-66.

- Bridges, P. J., P. E. Lewis., W. R. Wagner., E. K. Inskeep. 1999. Follicular growth, estrus and pregnancy after fixed-time insemination in beef cows treated with intravaginal progesterone inserts and estradiol benzoate. *Theriogenology*. 52: 573-583.
- Bo, G. A., P. S. Baruselli., D. Moreno., L. Cutaia., M. Caccia., R. Tribulo., H. Tribulo., R. J. Mapletoft. 2002. The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology*. 57: 53-72.
- Boden, G., X. Chen., M. Mozzoli., I. Ryan. 1996. Effect of fasting on serum leptin in normal human subjects. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 81: 3419-3423.
- Boland, M. P., M. G. Murphy., F. S. Roche. 1990. The use of ultrasound to monitor ovarian function in farm animals. *Ag. Biotech. News and Information*. 2(6):841-844.
- Buttler, W. R. and C. C. Elrod. 1991. Reproduction in high-yielding dairy cows as related to energy balance and protein intake. 6 Curso Internacional de Reproduccion Bovina. AIBIR. A.C. Mexico, D.F. 20-27.
- Burke, J. M., J. H. Hampton., C. R. Staples., W. W. Thatcher. 1998. Body condition influences maintenance of a persistent first wave dominant follicle in dairy cattle. *Theriogenology*. 49: 751-760.
- Caccia, M. and G. A. BO. 1998. Follicle wave emergence following treatment of CIDR-B implanted beef cows with estradiol benzoate and progesterone. *Theriogenology*. 49: 341.
- Carbajal, B., T. de Castro., E. Rubianes. 2005. Uso de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona y benzoato de estradiol en animales en anestro y ciclando en rodeos lecheros de parición estacionada. *Taurus*, 7(27):20-34.
- Carmona, M. A. 1980. Adaptación genético ambiental al trópico húmedo en *Bos taurus*, *Bos indicus* y sus cruas. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Centro de Ganadería. Chapingo. México. p - 190.
- Chemineau, P. 1993. Medio ambiente y reproducción animal. Disponible en: [www.acontece.com.ar/0113.htm](http://www.acontece.com.ar/0113.htm). Accesado en Octubre de 2008.
- Cesaroni, G., H. M. Butler., M. J. Durand. 2007. Evaluación del uso de dos ésteres de estradiol sobre la Tasa de fertilidad a la IATF en vacas secas, tratadas con un dispositivo intravaginal con progesterona. Disponible en:

- [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/110-estradiol.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/110-estradiol.pdf). Accesado en Noviembre de 2007.
- Colazo, M. G., J. P. Kastelic., M. F. Martínez., P. R. Whittaker., R. Wilde., J. D. Ambrose. R., Corbett. R. J. Mapletoft. 2004. Fertility following fixed-time AI in CIDR-treated beef heifers given GnRH or estradiol cypionate and fed diets supplemented with flax seed or sunflower seed. *Theriogenology*. 61: 1115–1124.
- Dahlen, C. R., G. C. Lamb., C. M. Zehnder., L. R. Miller., A. Dicostanzo. 2003. Fixed-time insemination in peripuberal, lightweight replacement beef heifers after estrus synchronization with PGF2 alpha and GnRH. *Theriogenology*. 59: 1827–1837.
- De Alba, J. 1985. *Reproducción Animal*. Ediciones Científicas. La Prensa Médica Mex. S.A., pp. 538.
- Dunn, T. and G. Moos. 1992. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J. Anim. Sci.* 70: 1580-1593.
- Edmondson, A. J., I. J. Lean., L. D. Weaver., T. Farver and G. Webster. 1989. A body condition scoring chart for holstein cows. *J. Dairy. Sci.* 72: 68-78.
- Evans, A. C. O., G. P. Adams., N. C. Rawlings. 1994. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to the first ovulation in prepubertal heifers. *J. Reprod. Fertil.* 100:187-194.
- Fallas, M. R., Q. L. Zarco., C. S. Galina. y H. Basurto. 1987. Efecto del amamantamiento sobre la actividad ovárica posparto en vacas F1 (Holstein x Indobrasil) en dos tipo de pasto. *Memorias. Reunión de Investigación Pecuaria en México*. Pp. 348-349.
- Fam, (Fuerza Aérea Mexicana). 2007. *Estadística meteorológica mensual*. Dirección de Servicio Meteorológico. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México.
- Fernandez, D. L., J. G. Berardinelli., R. Randel and R. Adair. 1993. Effect of PGF2  $\alpha$  induced luteal regression during the early, mid or late luteal phase of estrus cycle upon subsequent estrus cycle length and luteal function in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 71 (suppl. 1) : 303.
- Fike, K. E., M. L. Day., E. K. Inskeep., J. E. Kinder., P. E. Lewis., R. E. Short and H. D. Hafs. 1997. Estrus and luteal function in suckled beef cows that

- were anoestrous when treated with an intravaginal device containing progesterone with or without a subsequent injection of estradiol benzoate. *J. Anim. Sci.* 75: 2009-2018.
- García, F. E. O., M. J. L. Cordero., E. A. Hizarza., O. J. G. Peralta., C. M. E. Ortega., M. Cárdenas., C. G. Gutierrez., T. E. M. T. Sánchez. 2004. Induction of a new follicular wave in Holstein heifers synchronized with norgestomet. *Anim. Reprod. Sci.* 80: 47–57.
- Gazal, O. S., G. A. Guzman-Vega., G. L. Williams. 1999. Effects of time of suckling during the solar day on duration of the postpartum anovulatory interval in Brahman x Hereford (F1) cows. *J. Anim. Sci.* 77: 1044-1047.
- Geary, T. W., E. R. Downing., J. C. Bruemmer., J. C. Whittier. 2000. Ovarian and estrous response of suckled beef cows to the Select Synch estrous synchronization protocol. *Anim. Sci.* 16:1-5.
- Hafez, E. S. E. and B. Hafez. 2000. *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. Séptima Edición.* Editorial Interamericana McGraw – Hill. México. pp. 70-96; 163-175; 415-420.
- Hanlon, D. W., N. B. Williamson., J. J. Wichtel., I. J. Steffert., A. L. Craigie., D. U. Pfeiffer. 1995. The effect of estradiol benzoate administration on estrous response and synchronized pregnancy rate in dairy heifers after treatment with exogenous progesterone. *Theriogenology.* 45: 775-784.
- King, G. J. and H. A. Robertson. 1984. A two-injection schedule with prostaglandin F2 alpha for the regulation of the ovulatory cycle of the cattle. *Theriogenology.* 1: 123-129.
- Kú, J. C. 1999. Suplementación energética a bovinos en medios tropicales. En: *Memoria del II Seminario Internacional sobre Estrategias de suplementación a Bovinos en Pastoreo.* Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. pp. 31-48.
- Lamb, G. C., J. S. Stevenson., D. J. Kesler., H. A. Garverick., D. R. Brown. and B. E. Salfen. 2001. Inclusion of an intravaginal progesterone insert plus GnRH and prostaglandin F2 $\alpha$  for ovulation control in postpartum suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 79: 2253-2259.
- Lane, E. A., E. J. Austin., J. F. Roche. and M. A. Crowe. 2001. The effect of estradiol benzoate on synchrony of estrus and fertility in cattle after removal

- of a progesterone-releasing intravaginal device. *Theriogenology*. 55: 1807-1818.
- Lemaster, J. W., J. V. Yelich., J. R. Kempfer. and F. N. Schrick. 1999. Ovulation and estrus characteristics in crossbred Brahman heifers treated with and intravaginal progesterone, releasing insert in combination with prostaglandin F2-alfa and estradiol benzoate. *J. Anim. Sci.* 77: 1860-1868.
- Lopez, H. 2007. Consideraciones fundamentales para la implementación de programas de inseminación artificial a tiempo fijo. Disponible en: <http://www.absmexico.com.mx/articulos/consider.pdf>. Accesado en octubre del 2007.
- Larson, J. E., G. C. Lamb., J. S. Stevenson., S. K. Johnson., M. L. Day., T. W. Geary., D. J. Kesler., J. M. DeJarnette., F. N. Schrick., A. DiCostanzo. and J. D. Arseneau. 2006. Synchronization of estrus in suckled beef cows for detected estrus and artificial insemination and timed artificial insemination using gonadotropin-releasing hormone, prostaglandin F2 $\alpha$ , and progesterone. *J. Anim. Sci.* 84: 332–342.
- Larocca, C., L. Lago., A. Fernández., G. Rosés., R. Lanza., P. U. Armand., J. C. D. Boggio. 2005. Alternativas para la sincronización del estro en vaquillonas holstein uruguayo. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XV, Nº 6*, 512 – 516.
- Macmillan, K. L. and A. J. Peterson. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR) for oestrus synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. *J. Anim. Reprod. Sci.* 33: 1-12.
- Macmillan, K. L. and C. R. Burke. 1996. Effects of oestrus cycle control on reproductive efficiency. *J. Anim. Reprod. Sci.* 33: 1-25.
- Martínez, M. F., G. A. Bo., M. Caccia., R. J. Mapletoft. 2003. Ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* and *Bos taurus* beef cattle. *Theriogenology*. submitted for publication.
- Martínez, M. F., G. P. Adams., D. R. Bergfelt., J. P. Kastelic., R. J. Mapletoft. 1999. Effect of LH or GnRH on the dominant follicle of the first follicular wave in beef heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 57: 24-33.
- Mazzuchelli, F., A. Mayenco. and J. Raga. 2002. Terapia hormonal en el manejo de la reproducción y en la resolución de problemas reproductivos

- en ganado vacuno. Disponible en: <http://A:\Redvva-mundo veterinario-Especialidades-bovino-especialista-hormonas.html>. Accesado, Agosto del 2007.
- McDonald, L. E. 1991. Endocrinología Veterinaria y Reproducción. Cuarta edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México.
- McDowell, R. E. 1994. Dairying with improved breeds in warm climates. Published by Kinnickinnic Agri-Sultants, Inc. Pp. 23-54.
- McGowan, M. R. 1999. Sincronización de celos y programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado *Bos indicus* y cruce *Bos indicus*. Bó, G.A., Caccia, M. (Eds.), Resúmenes Tercer Simposio Internacional de Reproducción Animal. Carlos Paz, Córdoba, Argentina, pp. 71–82.
- Morales, C., O. L. Moreira., A. Bernal. and R. Faure. 2001. Respuesta superovulatoria en vacas anéstricas pretratadas con implantes de Syncro-Mate-B y benzoato de estradiol. *Rev. Salud Anim.* 23: 187-199.
- Moreno, I. Y. D., C. S. Galina., F. J. Escobar., B. Ramírez. and R. Navarro. 1986. Evaluation of the lytic response to  $PGF_{2\alpha}$  in Cebu cattle based on serum progesterone. *Theriogenology.* 25: 413-421.
- Moro, J., O. G. Castañeda., F. Ruiz. and H. Román. 1994. Aplicación de un sistema de registro de la producción en ganaderías de doble propósito. VII Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del estado de Veracruz.
- Odde, K. G. 1990. Synchronization of estrus in postpartum cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 817-830.
- Pursley, J. R., M. O. Mee., M. C. Wiltbank. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using  $PGF_2 \alpha$  and GnRH. *Theriogenology.* 44: 915-923.
- Quezada, A. C., P. V. Beltrán., E. Pérez-Eguía. 2006. Inseminación Intracornual a Tiempo Fijo en Vacas de Carne Posparto Sincronizada con GnRH,  $PGF_2 \alpha$  y Progesterona. XXX. Memorias Congreso de Buiatría.
- Ramírez, G. J. A., and B. Miller 1995. Adelantos biotecnológicos en reproducción animal aplicada bovinos de carne. *Revista Teseachi* No. 8. Facultad de Zootecnia. UACH.

- Ramirez-Iglesia, L., B. E. Soto., S. C. Gonzalez., C. G. Soto., and U. E. Rincón. 1992. Factores affecting postpartum ovarian activity in crossbred primiparous tropical heifers. *Theriogenology*. 38: 449-460.
- Rasby, R. J., M. L. Day., S. K. Johnson., J. E. Kinder., J. M. Lynch., R. E. Short., R. P. Wettemann and H. D. Hafs. 1998. Luteal function and estrus in peripurbertal beef heifers treated with an intravaginal progesterone releasing device with or without a subsequent injection of estradiol. *Theriogenology*. 50: 55-63.
- Richardson, A. M., B. A. Hensley., T. J. Marple., S. K. Johnson., J. S. Stevenson. 2002. Characteristics of estrus before and after first insemination and fertility of heifers after synchronized estrus using GnRH, PGF2 $\alpha$ , and progesterone. *J. Anim Sci.* (2) (80):2792–2800.
- Roche, J. F. and M. Mihm. 1997. Physiology and practice of induction and control of Oestrus in cattle. Available at: [http://me//D.\publications\1997\Prac\\_May\\_97\2-Roche\2-Roche-Oestrus.html](http://me//D.\publications\1997\Prac_May_97\2-Roche\2-Roche-Oestrus.html). Accesado, septiembre de 2007.
- Román - Ponce, H., W. W., Thatcher., D. Caton., D. H. Barrón. and C. J. Wilcox. 1978. Therman stress effects on uterine blood flow in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 46: 175- 180.
- Ryan, D. P., E. G. Blakewood., J. W. lynn., I. Munyakazi., R. A. Godke. 1992. Effect of heat-stress on bovine embryo development in vitro. *J. Anim. Sci.* 70 (11): 3490-7.
- SAS. 1999. SAS/STAT User'r guide. Version 8.2.SAS Institute, Inc., Cary, NC.USA.
- Salverson, R. R., J. M. DeJarnette., C. E. Marshall. and R. A. Wallace. 2002. Synchronization of estrus in virgin beef heifers using melengestrol acetate and PGF2 $\alpha$ : an efficacy comparison of cloprostenol and dinoprost tromethamine. *Theriogenology*. 57: 853-858.
- Schneider, F. A. and D. M. Hallford. 1996. Use of a rapid progesterone radioimmunoassay to predict pregnancy and fetal numbers in ewes. *Sheep and Goat J.* 12: 33-38.
- Short, R. E. and D. C. Adams. 1988. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Can. J. Anim. Sci.* 68: 29.

- Skarzynski, D. J., M. Bogacki. and J. Kotwica. 1997. Changes in ovarian oxytocin secretions as an indicator of corpus luteum response to Prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  treatment in cattle. *Theriogenology*. 48: 733-742.
- Spitzer, J. C., D. G. Morrison., R. P. Wettemann., L. C. Faulkner. 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 73: 1251-1257.
- Stevens, R. D., B. E. Seguin. and H. W. Momont. 1993. Simultaneous injection of PGF<sub>2a</sub>, and GnRH into diestrous dairy cows delays return to estrus. *Theriogenology*. 39: 373-380.
- Stagg, K., L. J. Spicer., J. M. Sreenan., J. F. Roche. and M. G. Diskin. 1998. Effect of calf isolation on follicular wave dynamics gonadotropin and metabolic hormone changes, and interval to first ovulation in beef cows fed either of two energy levels postpartum. *Biol. Reprod.* 59: 777-783.
- Stevenson, J. S., S. M. Tiffany. and M. C. Lucy. 2004. Use of Estradiol Cypionate as a Substitute for GnRH in Protocols for Synchronizing Ovulation in Dairy Cattle. *J. Dairy. Sci.* 87: 3298-3305.
- Taylor, R. E. 1984. *Beef Production and Beef Industry*. Burgess Publishing Company, Minneapolis, MN. pp. 604.
- Thatcher, W. W. and R. J. Collier. 1983. Efecto del calor sobre la productividad animal. SARH. INIP. Méx. p.67.
- Trejo, 1987. La ganadería lechera tropical, su comercialización y costos de producción. VI simposium sobre ganadería tropical. 3 ciclo de conferencias sobre bovinos de doble proposito. SARH. INIFAP. Mex.
- Topps, J.H. 1977. The relationship between reproduction and undernutrition in beef cattle. *World Review of Animal Production*. 13: 43 – 49.
- Valencia, M. L. 1997. Comparación del syncromate b vs un dispositivo intravaginal (CIDRB) en la sincronización de celos y fertilidad en vacas productoras de carne. Tesis de maestría. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. México.
- Vaccaro, L. 2000. Importancia de los bovinos de doble propósito en América Latina y perspectivas para su mejoramiento. En: Ed: J. Santos. Alternativas para la intensificación de sistemas ganaderos de doble propósito en el trópico. Memoria de conferencia internacional. Universidad Autónoma de

- Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Mérida, México. pp: 1-12.
- Vega, H. F. 1994. Sincronización de estro con Syncro-Mate B prostaglandina F<sub>2α</sub> bovinos productores de carne. Programa especial de investigación. División de Posgrado e Investigación. Facultad de Zootecnia. UACH.
- Walker, R. S., R. M. Enns., T. W. Geary., R. G. Mortimer., B. A. Lashell. and D. D. Zalesky. 2005. Evaluation of Gonadotropin Releasing Hormone at Fixed Time Artificial Insemination in Beef Heifers Synchronized using a Modified CO-Synch Plus Controlled Internal Device Release Protocol. *Prof. Anim. Sci.* 22: 449-454.
- Wanttiaux, M. A. 1999. Essences milkmaids. The Babcock institute. University of Wisconsin-Madison. Madison, Wisconsin, E. E. U. U. Available at: <http://babcock.cals.wisc.edu>. Accesado, septiembre del 2007.
- Wettman, R. P., H. P. Hafs., L. A. Edgerton., and L. V. Swanson. 1992. Estradiol and progesterone in blood serum during the bovine estrous cycle. *J. Anim. Sci.* 48: 1020-1028.
- Wettemann, R. P. 1994. Precalving nutrition/ Birth weight interaction and rebreeding efficiency. En *Proc. The Range Beef Cow Symposium XIII*. Cheyenne, WY, EEUU.
- Williams, G. L. 1990. Suckling as a Regulator of Postpartum Rebreeding in Cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 831-852.
- Williams, G. L. 1998. Nutritional Factors and Reproduction. In: *Encyclopedia of Reproduction*. Vol. 3: 92-102.
- Wright, P. J. and J. Malmo. 1992. Pharmacologic manipulation of fertility. *Vet Clin. North. Am.: Food Anim. Pract* 8(1):57-89.
- Xu, Z. Z., I. J. Burton and K. L. Macmillan. 1997. Reproductive performance of lactating dairy cows following estrus synchronization regimens with PGF<sub>2α</sub> and progesterone. *Theriogenology*. 47: 687-701.
- Yavas, Y. and J. S. Walton. 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology*. 54:25 (Abstr.)
- Yelich, J. V., R. D. Geisert., R. A. M. Schmitt., G. L. Morgan. and J. P. McCann. 1997. Persistence of the dominant follicle during megestrol acetate administration and its regression by exogenous estrogen treatment in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 75: 745-757.

Zeitoun, M. M., H. F. Rodriguez., R. D. Randel. 1996. Effect of season on ovarian follicular dynamics in Brahman cows. *Theriogenology*. 45: 1577-1581.