

01674



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN DISPOSITIVO INTRAVAGINAL
LIBERADOR DE PROGESTERONA (CIDR), NUEVO Y REUTILIZADO,
PARA LA SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN UN PROGRAMA
REPRODUCTIVO EN GANADO BRANGUS.**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A :

CÉSAR WILFREDO SOLÓRZANO HERNÁNDEZ

TUTOR:

DR. SALVADOR ROMO GARCÍA

COMITÉ TUTORAL:

**DR. CARLOS S GALINA HIDALGO
DR. ALEJANDRO VILLA GODOY**

MÉXICO D.F.

2005

m. 341217



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DECLARACIÓN

El autor da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, para que esta tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

César Wilfredo Solórzano Hernández

AGRADECIMIENTOS

A ti que nunca te olvido.

Al CONACYT por otorgarme la beca con número de registro 169655 que fue necesaria para emprender mis estudios de maestría.

Para la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UNAM-FMVZ), sin duda un orgullo pertenecer a la máxima casa de estudios.

Al departamento de Reproducción de la UNAM-FMVZ y todos sus maestros siempre dispuestos a instruir a sus alumnos. Mi respeto.

A mi tutor el Dr. Salvador Romo García por toda la paciencia y educación que recibí en el tiempo que duro esta travesía. Mi Reconocimiento.

A los H. Miembros del jurado: Dr. Salvador Romo García, Dr. Alejandro Villa Godoy, Dr. Carlos Galina Hidalgo, Dra. Teresa Sánchez Torres y Dr. Héctor Vera Ávila por asesorar y contribuir en la realización de la presente tesis.

Al Lic. Alberto Barnetche por todas las facilidades otorgadas para realizar el trabajo de investigación en la finca ganadera Tenacitas. Mil agradecimientos.

A la MC. Susana Rojas Maya por su general respaldo en la realización de los análisis hormonales. Mi gratitud.

A mis compañeros de maestría con todo aprecio: MC. Esperanza Arrieta Ballesteros, MC. María Jahel Trujillo Quiroga, MC. Gabriela Carrillo Pérez, MC. Adriana Rebeca Verduzco Gómez, MC. Ma. Del Consuelo López Bayghen, MC. Agustín Manuel Rosiles Vázquez, MC. Nicolás Valenzuela Jiménez, MC. José Henry Velásquez Penagos, MC. Noé Eduardo Gómez Nepomuceno, MC. Jehcet Espinosa Utrera, MC. José Antonio Mondragón Herrera.

A todos aquellos que de alguna u otra forma lograron plasmar parte de sus conocimientos en el desarrollo de este trabajo.

Gracias totales.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Sincronización del estro en bovinos aplicando progesterona o progestágenos	5
2.2. Factores que afectan la respuesta a la sincronización con progesterona o progestágenos	7
2.2.1. Ausencia de un cuerpo lúteo al momento del tratamiento	7
2.2.2. Desarrollo folicular inadecuado durante el período de sincronización	8
2.2.3. Función del cuerpo lúteo después del tratamiento de sincronización	9
2.3. Utilización del CIDR para la sincronización del estro en bovinos ...	11
2.3.1. Características del CIDR	11
2.3.2. Retención del CIDR en el animal	12
2.3.3. Concentraciones plasmáticas de progesterona (CPP) alcanzadas después de insertar el CIDR	13
2.3.4. Cantidad residual de progesterona en el CIDR después de ser utilizado	14
2.3.5. Respuesta del CIDR cuando es aplicado en diferentes etapas del ciclo estral	15
2.3.6. Factibilidad de la reutilización del CIDR	15
2.3.7. Experimento preliminar	17
III. HIPÓTESIS Y OBJETIVO	19
Hipótesis	
Objetivo	
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	20
4.1. Localización y descripción del área de estudio	20
4.2. Animales experimentales	20

4.3. Manejo de las vacas	21
4.4. Tratamientos	21
4.5. Detección de la conducta estral	22
4.6. Procedimiento de transferencia de embriones	22
4.7. Manejo del retorno al estro en vacas receptoras	23
4.8. Diagnóstico de gestación	23
4.9. Muestras sanguíneas	24
4.9.1. Vacas receptoras de embriones	24
4.9.2. Vacas modelo	24
4.10. Análisis hormonal	24
4.11. Análisis estadístico	25
V. RESULTADOS	26
VI. DISCUSIÓN	28
VII. CONCLUSIONES	35
Repercusiones	
VIII. LITERATURA CITADA	36
IX. ANEXOS	45
Cuadros y figuras	

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros

	Página
Cuadro 1. PEA, CLd y PG logrado por transferencia de embriones en vacas sincronizadas con CIDR nuevo o reutilizado	45
Cuadro 2. Distribución y PG obtenido en cada tratamiento por grado de embrión del total de receptoras que recibieron transferencia de embriones	46
Cuadro 3. Número de receptoras que retornaron al estro después de realizar la TE y porcentaje de gestación logrado por IA en cada tratamiento	47

Figuras

Figura 1. Promedios de temperatura (°C = máxima y mínima) y precipitación pluvial (mm) que se presentaron en cada período de sincronización	48
Figura 2. Porcentaje de vacas que iniciaron el estro a diferentes horas después de retirado el CIDR	49
Figura 3. Promedio (\pm error estándar) de la concentración sérica de progesterona (ng/ml) al inicio y final del período de sincronización en cada tratamiento	50
Figura 4. Promedio (\pm error estándar) de las concentraciones séricas de progesterona (ng/ml) en las vacas modelo después de insertar el CIDR correspondiente a cada tratamiento	51

RESUMEN

César Wilfredo Solórzano Hernández: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN DISPOSITIVO INTRAVAGINAL LIBERADOR DE PROGESTERONA (CIDR), NUEVO Y REUTILIZADO, PARA LA SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN UN PROGRAMA REPRODUCTIVO EN GANADO BRANGUS** (Bajo la dirección del Dr. Salvador Romo García).

El presente trabajo se llevó a cabo en el rancho ganadero Tenacitas, ubicado en Soto la Marina, municipio de Tamaulipas, México. Se evaluó el efecto de reutilizar un dispositivo intravaginal liberador de progesterona natural (CIDR-B[®] 1.9 g) en un programa reproductivo en ganado bovino de raza Brangus negro, sobre el porcentaje de estros por período de detección (EPD), porcentaje de estros acumulados (PEA), porcentaje de cuerpos lúteos detectados el día de la transferencia de embriones (CLd), porcentaje de gestación (PG) con transferencia embrionaria (TE) o con inseminación artificial, porcentaje de gestación con embriones de Grados 1 (EG₁) y 2 (EG₂) y la concentración sérica de progesterona (CSP). Se utilizaron 129 vacas, asignadas al azar a tres diferentes tratamientos de sincronización de estros realizados en 3 períodos sucesivos. El tratamiento testigo (CIDR_n) empleó CIDR nuevo (n = 44), el tratamiento 1 (n = 43) recibió CIDR de primera reutilización (CIDR₁) y el CIDR de segunda reutilización (CIDR₂) fue aplicado para el tratamiento 2 (n = 42). Siete días después de presentar el estro, las vacas se emplearon como receptoras de embriones congelados. Además se utilizaron 5 vacas por tratamiento como modelo para medir las CSP promediadas y obtenidas por efecto del CIDR_n, CIDR₁ y CIDR₂. Para analizar el porcentaje de EPD, PEA, CLd y PG se empleó el procedimiento estadístico CATMOD, mientras que las CSP fueron analizadas con el procedimiento REPEATED para medidas repetidas. No hubo diferencias (P > 0.05) al evaluar el porcentaje de EPD en cada tratamiento. El PEA fue de 90.9% para receptoras sincronizadas con CIDR_n y en receptoras sincronizadas con CIDR₁ y CIDR₂ fue de 88.4% y 88.1% respectivamente, no existiendo diferencias entre grupos (P > 0.05). El porcentaje de CLd el día de la TE fue de 95.0% al sincronizar con CIDR_n, 92.1% con CIDR₁ y 97.3% para el CIDR₂, no encontrándose efecto (P > 0.05). El PG después de la TE en vacas sincronizadas con CIDR_n, CIDR₁ y CIDR₂ fue de 42.1%, 37.1% y 36.1% respectivamente, no existiendo diferencias entre tratamientos (P > 0.05). Con respecto al PG en vacas tratadas con CIDR_n (76.5%), CIDR₁ (81.0%) y CIDR₂ (76.5%), que retornaron al estro y fueron inseminadas, tampoco se encontraron diferencias (P > 0.05). El PG de receptoras transferidas con EG₁ y EG₂, no mostró diferencias (P > 0.05) entre grupos. La CSP para CIDR_n, CIDR₁ y CIDR₂ no presentó diferencia (P > 0.05) en cada día que permaneció insertado el CIDR, ni entre tratamientos. Los resultados obtenidos en este trabajo indican que es posible reutilizar un CIDR de 1.9 g hasta en dos ocasiones sucesivas, como una

herramienta para sincronizar el estro en ganado bovino, ya que conserva la misma eficacia que cuando se sincroniza el estro con un CIDR nuevo.

Palabras clave: Progesterona, CIDR, Sincronización, Bovinos, Transferencia de embriones.

ABSTRACT

César Wilfredo Solórzano Hernández: **EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF INTRAVAGINAL DEVICES FOR PROGESTERONE RELEASE (CIDR), NEW AND REUSED, FOR ESTRUS SYNCHRONIZATION IN A REPRODUCTIVE PROGRAM IN BRANGUS CATTLE** (Directed by Dr. Salvador Romo García).

This study was performed in the cattle ranch Tenacitas, located in Soto la Marina, Tamaulipas, Mexico. The effect of the reuse of intravaginal devices for natural progesterone release (CIDR-B[®] 1.9 g) was evaluated, in a reproductive program in black Brangus cattle, to study the percentage of estrus by detection period (EPD), percentage of accumulated estrus (PEA), percentage of corpora lutea detected on the day of embryo transfer (CLd), pregnancy rates (PG) with embryo transfer (ET) or with artificial insemination, pregnancy rates with Grade 1 and 2 embryos (EG₁, EG₂) and progesterone concentrations in blood serum (CSP). A total of 129 cows were used, randomly assigned into 3 different treatments for estrus synchronization, performed in 3 consecutive periods. As control treatment (CIDR_n), a new CIDR was used (n = 44), treatment 1 (n = 43) received a CIDR of first reuse (CIDR₁) and the second reuse CIDR (CIDR₂) was used for treatment 2 (n = 42). Seven days after showing heat, all cows were used as recipients for frozen-thawed embryos. Another 5 cows per treatment were used as a model to measure the average CSP obtained by the effect of CIDR_n, CIDR₁ and CIDR₂. To analyze the percentages of EPD, PEA, CLd and PG, the statistical model CATMOD was used, while CSP were analyzed with the procedure REPEATED for repeated measurements. There were no differences (P > 0.05) when evaluating percent EPD in each treatment. PEA was 90.9% for recipients synchronized with CIDR_n and for those synchronized with CIDR₁ and CIDR₂ were of 88.4% y 88.1% respectively, with no differences shown among groups (P > 0.05). The percentages of CLd on ET day were 95.0% when synchronizing with CIDR_n, 92.1% for CIDR₁ and 97.3% for CIDR₂, with no statistical effect (P > 0.05). PG after ET in cows synchronized with CIDR_n, CIDR₁ and CIDR₂ were 42.1%, 37.1% and 36.1% respectively, showing no differences among treatments (P > 0.05). Regarding PG in cows treated with CIDR_n (76.5%), CIDR₁ (81.0%) and CIDR₂ (76.5%), that returned to estrus and were inseminated, no differences were found (P > 0.05). PG for recipients transferred with EG₁ and EG₂, did not show differences (P > 0.05) among groups. CSP for CIDR_n, CIDR₁ and CIDR₂ did not show differences (P > 0.05) in any of the days when the CIDR remained inserted, and no differences were shown among treatments. The results from this study indicate that it is possible to reuse a 1.9 g CIDR two consecutive times, as a tool for estrus synchronization in Brangus cattle, since it maintains the same efficacy as when estrus is synchronized with a new CIDR.

Key words: Progesterone, CIDR, Synchronization, Cattle, Embryo transfer.

I. INTRODUCCIÓN

Existe una gran variedad de productos empleados como tratamientos con la finalidad de hacer más eficiente el proceso reproductivo del ganado, a partir de ellos se han diseñado numerosos programas para sincronizar el estro en bovinos (Odde, 1990; Larson y Ball, 1992).

Los métodos de sincronización juegan un papel importante al emplearse en programas de inseminación artificial (IA) (Odde, 1990; Lucy *et al.*, 2001) y en la transferencia de embriones (TE) ya sea en vacas o vaquillas utilizadas como receptoras de embriones frescos o embriones congelados (Tribulo *et al.*, 1996; Spell *et al.*, 2001), facilitando así el manejo reproductivo e incrementando el mejoramiento genético.

La sincronización del estro implica la manipulación del ciclo estral para lo cual es importante considerar que al utilizar un método de sincronización, se debe tomar en cuenta la etapa del ciclo estral en que se proporciona el tratamiento, la dosis activa del mismo, la condición corporal (CC) y fisiológica de las vacas. Las estrategias utilizadas para sincronizar el estro se basan en acortar la vida media del cuerpo lúteo (CL), provocando su lisis mediante la aplicación de prostaglandina F₂alfa (PGF_{2α}) o sus análogos sintéticos y en simular la funcionalidad de un CL al administrar progesterona o progestágenos (Rathbone *et al.*, 1998).

Se han realizado múltiples trabajos utilizando progesterona o progestágenos en distintas presentaciones y métodos de aplicación, combinados con otras hormonas, tipos de manejos y empleados en diferentes genotipos y climas, que en general han demostrado ser una herramienta satisfactoria para incrementar el porcentaje de estros en bovinos (Broadbent *et al.*, 1993; Tregaskes *et al.*, 1994; Rathbone *et al.*, 1998; Lane *et al.*, 2001; Penny *et al.*, 2000.).

La eficiencia del tratamiento de sincronización en bovinos con progesterona o progestágenos debe considerar la proporción de vacas tratadas que presentan respuesta al estro dentro de un período determinado después de finalizar el

tratamiento hormonal. Un producto comercial empleado en programas de sincronización del estro es el dispositivo intravaginal controlador de la liberación interna de droga (CIDR-B[®], por sus siglas en inglés). El CIDR contiene 1.9 g de progesterona natural, ésta hormona esteroide se libera de manera constante y relativamente uniforme mientras el dispositivo se encuentra insertado en la vagina de la hembra (Macmillan *et al.*, 1991; Van Cleeff *et al.*, 1992; Macmillan y Peterson, 1993; Rathbone *et al.*, 1997; Rathbone *et al.*, 1998; Rathbone *et al.*, 2002).

Los protocolos de sincronización donde se administra un CIDR comprenden períodos de inserción de 7 ó 10 días (Macmillan *et al.*, 1993). La aplicación de compuestos hormonales como: estradiol-17 β (E-17 β) (Bo *et al.*, 1995), benzoato de estradiol (BE) (Burke *et al.*, 1999), y cipionato de estradiol (ECP) (Thundathil *et al.*, 1997; Colazo *et al.*, 2003) al iniciar el período de inserción provoca que emerja una nueva oleada de crecimiento folicular 3 ó 4 días después (Bo *et al.*, 1995; Utt *et al.*, 2003) y la administración de PGF_{2 α} al finalizar el período provocará la lisis del CL que pudiera estar presente en ese momento (Broadbent *et al.*, 1993). La sincronización del estro con protocolos de corta duración aumenta la eficiencia en la sincronía y la proporción de animales en estro, durante un período de 48 h se pueden detectar hasta 90% de los animales en estro (Macmillan *et al.*, 1993).

Cuando el CIDR es retirado de la vagina, aún contiene progesterona y la cantidad residual depende del tiempo que duró insertado (Van Cleeff *et al.*, 1992), si el período de permanencia es de 9 días, el dispositivo retiene alrededor de 1.1 g de progesterona y retiene aproximadamente 0.9 g si el período que permanece en la vagina es de 15 días (Macmillan *et al.*, 1990; Peterson y Henderson, 1990).

La progesterona que es liberada por el CIDR pasa a la circulación sistémica por absorción a través vez de la mucosa vaginal, alcanzando niveles de 6.7 ng/ml después de la primera hora de aplicación en vacas ovariectomizadas (Macmillan *et al.*, 1991). La concentración máxima se sostiene por aproximadamente 48 h antes de que comience a decrecer y es constante o disminuye muy ligeramente

los siguientes cuatro días en un período de inserción de siete días (Rathbone *et al.*, 1998).

Con períodos de sincronización de siete días un CIDR puede ser potencialmente reutilizado una vez en programas de IA, esta práctica ha sido reportada en diferentes trabajos de investigación, donde el efecto de reutilización no perjudicó los resultados obtenidos (Rhodes *et al.*, 2002; Richardson *et al.*, 2002; Stevenson *et al.*, 2003).

Por el contrario, los resultados reportados por Rathbone *et al.* (2002), indican que si un CIDR es empleado por un período de siete días libera 0.61 ± 0.01 g de progesterona, esta información permite plantear la reutilización del CIDR hasta en dos ocasiones. Sin embargo, cuando vacas productoras de carne fueron sincronizadas con CIDR de segunda reutilización en programas de IA a tiempo fijo, el porcentaje de gestación obtenido fue bajo, atribuyéndolo a que durante el período de siete días de sincronización la concentración de progesterona no se mantuvo en los mismos niveles que un CIDR nuevo (Colazo *et al.*, 2004).

En bovinos tratados con dosis reducidas de progesterona en ausencia de un CL se desarrollan folículos persistentes que provocan la presencia del estro más rápido que en las vacas donde el tratamiento coincide con la presencia de un CL (Kojima *et al.*, 1992; Sánchez *et al.*, 1993), lo cual estimula un desarrollo más avanzado del ovocito al momento de la ovulación (Revah y Butler, 1996); asimismo la función del CL del ciclo siguiente se ha asociado con el ambiente hormonal en el cual se desarrolló el folículo ovulatorio (Garverick *et al.*, 1992).

En vacas destinadas a ser receptoras de embriones, la observación del estro y el comprobar la presencia de un CL son factores determinantes que influyen en los resultados de la TE (Spell *et al.*, 2001). La reutilización del CIDR como una herramienta en los protocolos de sincronización del estro se realiza aprovechando las características de liberación y retención de progesterona lograda por el mismo. Beal *et al.* (2003) evaluaron el CIDR reutilizado dos veces sucesivas midiendo las concentraciones promedio de progesterona y demostraron que el CIDR libera suficiente progesterona en un período de 7 días. Sin embargo,

no se han reportado estudios sobre el efecto de una segunda reutilización del CIDR para sincronizar el estro en vacas receptoras de embriones.

Por lo tanto, el propósito del presente estudio es evaluar el CIDR reutilizado hasta en dos ocasiones, sobre el comportamiento estral, la proporción de CL's detectados, la proporción de vacas gestantes y la concentración sérica de progesterona en vacas receptoras de embriones.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN BOVINOS APLICANDO PROGESTERONA O PROGESTÁGENOS

Actualmente los conocimientos sobre la dinámica folicular en el ovario bovino (Lucy *et al.*, 1992; Ginther *et al.*, 1996; Driancourt, 2001) han permitido que los métodos de sincronización aplicando progesterona o progestágenos que anteriormente se hacían con periodos de 18-21 días fueran replanteados, proponiendo nuevos protocolos de sincronización con 7-9 días de duración (Broadbent *et al.*, 1993; Macmillan *et al.*, 1993). Así, la dinámica folicular nos permite explicar el cuándo administrar, como responderán y porque de los resultados al utilizar los métodos de sincronización de estros.

Un tratamiento de sincronización con progesterona o progestágenos aplicado en vacas cíclicas destinadas a programas de IA (Macmillan *et al.*, 1993) o de TE (Broadbent *et al.*, 1993; Tregaskes *et al.*, 1994) puede ser administrado vía oral, en implantes subcutáneos o por medio de dispositivos intravaginales (Rathbone *et al.*, 1997; Rathbone *et al.*, 1998). Este método tiene como propósito ejercer un efecto de retroalimentación negativa en la secreción de la hormona luteinizante (LH) por la hipófisis, logrando una baja frecuencia de pulsos de la LH característicos de una fase lútea, de manera que impedirá que se produzcan ovulaciones mientras los animales tratados conserven la progesterona o progestágenos (Rathbone *et al.*, 1998).

La incorporación de estradiol al iniciar el tratamiento con progesterona (primero o segundo día) tiene como función producir la regresión de un posible CL en formación y al mismo tiempo, provoca la atresia del folículo dominante de la onda de crecimiento folicular en curso (independientemente de que éste se encuentre en fase de crecimiento o dominancia) e induce una nueva onda folicular entre 3 o 4 días después, asegurando la presencia de un folículo dominante en crecimiento en el momento de concluir el tratamiento. Esta es la principal razón

que explica la sincronización tan óptima que se obtiene mediante estos tratamientos, ya que se consiguen manipular las ondas de crecimiento folicular, de manera que en todos los animales tratados se inicia una nueva oleada folicular (Bo *et al.*, 1995; Garcia y Salaheddine, 2001; Utt *et al.*, 2003).

Al finalizar el tratamiento se inyecta una dosis de PGF_{2α} al mismo tiempo que se retira la fuente de progesterona, para asegurar que no exista un CL que retrase la presentación de celo de los animales tratados, ya que puede suceder que al iniciar el tratamiento en vacas que están entre los días 7 y 9 del ciclo, el estradiol no tenga la capacidad de provocar la regresión total del CL. Una vez producida la luteólisis, el celo no aparecerá hasta que exista un folículo preparado para ovular en alguno de los ovarios y el tiempo necesario para que esto ocurra es variable según la fase del desarrollo de la onda folicular en que se encuentren los ovarios de cada animal inyectado con PGF_{2α} (Kastelic *et al.*, 1990).

Existen tratamientos que indican la aplicación de BE 24 h después de haber retirado el tratamiento con progesterona, esto con el propósito de inducir la sincronización de la ovulación del folículo dominante, a través de la liberación y por efecto de la LH (Hanlon *et al.*, 1996; Lane *et al.*, 2001).

El control del estro en ganado bovino está diseñado para apoyar programas reproductivos, haciendo a la IA y TE más fáciles de aplicar. En programas de IA se requiere que al final del tratamiento el folículo ovulatorio aporte un ovocito viable para ser fertilizado, además que el CL que se forme posovulación tenga una vida media normal, que en el programa de TE es la estructura glandular necesaria para efectuar el programa, demostrando que estos dos procesos operan en una forma secuenciada.

En condiciones normales, en programas reproductivos de IA o TE se requiere que el proceso de sincronización tenga éxito o sea correcto ya que si ocurren fallas en el mismo los resultados no serían los adecuados, independientemente del programa al cual se destinen las vacas sometidas al tratamiento.

2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA A LA SINCRONIZACIÓN CON PROGESTERONA O PROGESTÁGENOS

La respuesta a la sincronización del estro no únicamente depende de hacer una manipulación con productos hormonales aplicados durante un ciclo estral normal, también es necesario considerar factores ambientales, fisiológicos o inherentes del animal y el tipo de hormona empleada para realizar la sincronización. Dentro de los protocolos de sincronización con progesterona o progestágenos se pueden presentar fallas que comprometen los resultados obtenidos en un programa de IA o TE.

2.2.1. Ausencia de un cuerpo lúteo al momento del tratamiento

Durante la fase lútea se puede encontrar un CL funcional y es aquí el momento óptimo del ciclo estral en que puede comenzar un tratamiento de sincronización con progesterona; no obstante bajo condiciones de campo hacer una selección de las vacas por detección de un CL al momento de iniciar el tratamiento sería impráctico y además surgiría la posibilidad de emplear PGF_{2α} en lugar de progesterona.

Cuando se emplea progesterona exógena, ya sea natural o sintética para sincronizar el estro en bovinos, especialmente si no hay un CL presente en ese momento se producen folículos dominantes persistentes (FDP) (Kinder *et al.*, 1996), esta falla en la sincronización se genera debido a que una baja dosis de progesterona induce un incremento en la pulsatilidad de la LH (Kojima *et al.*, 1992). La presencia de FDP se asocia con una reducida fertilidad (Sánchez *et al.*, 1993) ya que el incremento en la pulsatilidad de la LH provoca un desarrollo avanzado del ovocito al momento de la ovulación (Revah y Butler, 1996).

Los porcentajes de fertilización son similares cuando los ovocitos se originan de FDP al compararlos con aquellos ovocitos producidos por folículos desarrollados en forma normal, pero ocurre una mayor proporción de muerte embrionaria temprana en vacas que ovulan FDP (Ahmad *et al.*, 1995). Para

prevenir el desarrollo de FDP durante el período de sincronización es necesario aplicar grandes dosis de progesterona, para homologar la frecuencia de pulsos de LH a la misma magnitud que ocurre durante una fase lútea del ciclo estral (Sánchez *et al.*, 1995).

El CL derivado de las células de la teca y granulosa a partir de la ovulación de FDP, tiene la misma capacidad de producir progesterona que un CL generado por la ovulación de un folículo no persistente (Stock y Fortune, 1993). Lugo *et al.* (1999) evaluaron la función del CL desarrollado a partir de la ovulación de FDP en vaquillas Holstein, sincronizadas con CIDR en ausencia de un CL, no encontrando un efecto sobre la función del CL para producir progesterona cuando fue comparada con la concentración de progesterona originada por la ovulación de un folículo nuevo.

En programas de TE, las vacas sincronizadas que generan FDP pueden ser utilizadas como receptoras de embriones, sin que el porcentaje de gestación sea afectado. Wehrman *et al.* (1996) obtuvieron porcentajes de gestación similares en vacas receptoras que ovularon FDP y en aquellas que ovularon un folículo dominante normal, cuando se les transfirieron embriones congelados 7 días después de haber mostrado conducta estral.

2.2.2. Desarrollo folicular inadecuado durante el período de sincronización

Están claramente demostradas las consecuencias que se presentan por iniciar un protocolo de sincronización en ausencia de un CL (Kojima *et al.*, 1992; Kinder *et al.*, 1996). El tratamiento de sincronización con progesterona y estradiol durante la fase lútea puede emplearse con eficiencia para controlar y sincronizar el desarrollo de ondas foliculares (Bo *et al.*, 1995), además se reduce la formación de FDP (Rhodes *et al.*, 2002). Como resultado de la administración de este compuesto hormonal, la concentración de progesterona se incrementa dentro de las primeras 2 h y las de E-17 β de 2 a 24 h después (Burke *et al.*, 1999). Sin embargo las concentraciones de progesterona ocasionadas por efecto de los

productos comerciales no son suficientes para lograr una retroalimentación negativa sobre la pulsatilidad de la LH (Savio *et al.*, 1993), como ocurre durante la fase lútea del ciclo estral (Cupp *et al.*, 1995).

Al emerger el nuevo folículo, 2 días después las células de la granulosa adquieren receptores para la LH (Ginther *et al.*, 1996) y debido a que la frecuencia de pulsos de dicha hormona se encuentra incrementada, el tamaño del folículo aumenta hasta 20 mm (Savio *et al.*, 1993), superando los 10 ó 15 mm que mide el folículo preovulatorio durante un ciclo estral normal (Lucy *et al.*, 1992); de tal forma que al incrementar el tamaño del folículo dominante se elevan las concentraciones de E-17_β (Sánchez *et al.*, 1995), poniendo en riesgo la viabilidad del ovocito y alterando en forma adversa el medio ambiente uterino (Ahmad *et al.*, 1995).

Finalmente al retirar el tratamiento, el folículo que ejerce dominancia tiene la capacidad de ovular y aunque se puede evitar el desarrollo de FDP por realizar protocolos de sincronización en períodos cortos, el folículo se desarrolla bajo las mismas condiciones que se presentan cuando las concentraciones de progesterona no son las adecuadas (Rhodes *et al.*, 2002).

2.2.3. Función del cuerpo lúteo después del tratamiento de sincronización

La fase lútea es una continuación de la maduración y ovulación folicular, ocasionando que las características funcionales del CL sean una consecuencia de las condiciones en que se desarrolló el folículo ovulatorio. El CL que se genera después de la ovulación debe de tener la capacidad de secretar niveles adecuados de progesterona para que se realice el desarrollo folicular, una buena fertilización del ovocito, el reconocimiento materno de la gestación y finalmente mantener la gestación ya sea en vacas que recibieron IA o TE (Niswender *et al.*, 2000).

Secreciones inadecuadas de progesterona provocarán un ambiente uterino desfavorable y por ende pérdida embrionaria temprana (Wilmot *et al.*, 1986), ya que durante el período temprano de la gestación, la progesterona estimula la

producción de secreciones endometriales necesarias para el desarrollo del embrión (Geisert *et al.*, 1992). Además la progesterona tiene un efecto negativo sobre los receptores para estradiol y oxitocina, evitando con esto la secreción uterina de $\text{PGF}_{2\alpha}$ y su acción sobre las células lúteas (Lamming y Mann, 1995).

Aunado a un adecuado patrón de secreción de la progesterona materna, el embrión debe secretar una proteína denominada interferón tau ($\text{IFN-}\tau$), que actúa localmente dentro del útero para impedir la secreción de la $\text{PGF}_{2\alpha}$, evitando la regresión del CL mediante la inhibición de receptores para estradiol y oxitocina (Spencer y Bazer, 1996; Robinson *et al.*, 1999).

2.3. UTILIZACIÓN DEL CIDR PARA LA SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN BOVINOS

Se han utilizado una gran variedad de progestágenos en el ganado bovino para sincronizar el estro, administrados por diferentes vías. Inicialmente los tratamientos consistían en la aplicación de progesterona por medio de inyecciones diarias, haciendo poco práctico el sistema de sincronización (Woody *et al.*, 1967). Posteriormente se usó el acetato de melengestrol (MGA) mezclado en el alimento; éste ocasionó respuestas variables al no tenerse un control preciso del consumo de la dosis diaria para cada animal tratado (Britt *et al.*, 1972; Henricks *et al.*, 1973).

El desarrollo de implantes subcutáneos conteniendo norgestomet, originó un período de auge en el control del estro (Spitzer *et al.*, 1978). Entre los métodos para administrar progesterona por vía intravaginal, el dispositivo intravaginal liberador de progesterona (PRID) fue el primer sistema disponible comercialmente y desarrollado para usarse en ganado bovino (Roche, 1978). Posteriormente se diseñó un dispositivo capaz de liberar progesterona natural de forma paulatina (CIDR). El CIDR es elaborado con características especiales para utilizarse en bovinos (Macmillan y Peterson, 1993), también se elaboran versiones más pequeñas para ovinos y caprinos (Wheaton *et al.*, 1993). El CIDR es empleado ampliamente en protocolos de sincronización del estro bovino y puede ser combinado fácilmente con otras hormonas (Macmillan y Peterson, 1993).

El CIDR produce resultados similares a los del PRID (Munro, 1987), aunque en un periodo de sincronización de 7 días el CIDR tiene una proporción de pérdida del 0.76% en comparación al 10.8% del PRID (Broadbent *et al.*, 1993). El CIDR también causa un menor trauma durante la aplicación, provoca menos molestia y produce menos vaginitis que el PRID (Broadbent *et al.*, 1991).

2.3.1 Características del CIDR

El CIDR es versátil ya que este dispositivo diseñado para bovinos, puede ser empleado en equinos (Arbeiter *et al.*, 1994; Lübbecke *et al.*, 1994), búfalos (Hill

et al., 1992; Techakumphu *et al.*, 2001), bisontes (Matsuda *et al.*, 1996) y llamas (Aller *et al.*, 2002). El dispositivo tiene forma de "T", una columna central de nylon revestida por un elastómero de silicón que varía de 0.9 a 5.0 mm de espesor (Rathbone *et al.*, 2002).

La columna de nylon está adaptada para retener el dispositivo dentro de la vagina ya que el diseño de sus dos alas aplanadas permite que se doblen al interior durante el proceso de inserción, manteniendo su posición por el aplicador. Cuando éste se retira, las alas se extienden dentro de la vagina, ejercen presión sobre las paredes de la misma y de esta forma se retiene. El CIDR tiene como objetivo simular la funcionalidad del CL mediante liberación de progesterona por difusión. La progesterona se absorbe a través de la mucosa vaginal, teniendo efecto en los niveles plasmáticos alcanzados con suficiente magnitud para suprimir la liberación de gonadotropinas durante el período que dura insertado el CIDR y por lo tanto, la ovulación es inhibida hasta que se remueve el dispositivo. Esto permite aumentar la frecuencia de la LH hasta lograr un incremento que dará como resultado el estro y ovulación del folículo que ejerce dominancia.

Comercialmente el CIDR se encuentra en presentaciones que contienen 1.3 ó 1.9 g de progesterona natural impregnada y dispersada homogéneamente por todo el dispositivo. La facilidad de las alas para plegarse permiten hacer fácilmente el retiro al final del período requerido, gracias al filamento de nylon sujeto al dispositivo que sobresale de la vulva (Rathbone *et al.*, 1998).

2.3.2. Retención del CIDR en el animal

El dispositivo está especialmente diseñado para asegurar su retención dentro de la vagina de la vaca. Los porcentajes de retención, normalmente exceden el 90%. Macmillan *et al.* (1991) reportaron un 99% de retención en vaquillas cuando el CIDR permaneció dentro de la vagina por períodos de 4 a 15 días y en un período de sincronización de 7 días, Lucy *et al.* (2001) lograron un 95% de retención.

En vacas y vaquillas productoras de carne se han alcanzado retenciones del 99 y 96% respectivamente, cuando el período de sincronización fue de 7 días (Lucy *et al.*, 2001). En vacas lecheras con tratamientos de 7 días se han obtenido 91% (Jubb *et al.*, 1989) y 97.3% de retención (Chenault *et al.*, 2003a). Además, el moco vaginal (rojo o marrón) originado después de remover el CIDR, es un signo de irritación, pero sólo se presenta en 2% de las vacas tratadas (Chenault *et al.*, 2003a). Los porcentajes por pérdida, frecuentemente se asocian con la colocación incorrecta dentro de la vagina, ya que no se colocan a la mayor profundidad posible, o porque en ocasiones el extremo de nylon es jalado por otros animales y de esta forma suelen caerse.

2.3.3. Concentraciones plasmáticas de progesterona (CPP) alcanzadas después de insertar el CIDR

Con el objetivo de verificar si el dispositivo es capaz de mantener CPP promedio en un animal expuesto al tratamiento, se han realizado diversas investigaciones. El efecto del CIDR se puede evaluar cuantificando la progesterona en la circulación sanguínea midiendo sus niveles plasmáticos (Munro, 1987), séricos (Burke *et al.*, 1994) o en leche (Burke *et al.*, 1997; Chenault *et al.*, 2003b).

El uso de animales ovariectomizados como modelo para medir CPP originadas por un dispositivo intravaginal ha sido favorable, ya que los cambios que ocurren con la inserción y el retiro del dispositivo son rápidamente detectados y evaluados en estos animales (Burke *et al.*, 1996). Las CPP post-inserción del CIDR alcanzan niveles promedio de 8.7 ± 0.3 ng/ml en las primeras 6 h y después de 24 h las CPP declinan hasta 6.8 ng/ml (Macmillan *et al.*, 1991).

La variación individual también se da en animales ovariectomizados; vaquillas productoras de carne tratadas con un dispositivo intravaginal por 12 días mostraron variaciones de 4.2 a 7.2 ng/ml en las CPP promediadas durante el tratamiento (Macmillan y Peterson, 1993). Esta variación en los niveles plasmáticos de progesterona entre animales fue también observada en nueve

vaquillas productoras de leche ovariectomizadas, con similar peso vivo, edad y CC, cuando se les insertó un dispositivo intravaginal por un período de 15 días (Peterson y Henderson, 1990).

En el caso de animales cíclicos, la variación en las CPP dentro de las primeras 2 h de haber insertado el CIDR fue de 6.7 a 10 ng/ml (Burke *et al.*, 1999). Por lo tanto, las CPP suelen ser diferentes durante el período que dura insertado el CIDR, estas variaciones son descritas por diferentes autores (Munro, 1987; Van Cleeff *et al.*, 1992). Los niveles de progesterona en plasma disminuyen a partir del quinto día de haber sido insertado el CIDR (Burke *et al.*, 1999), inclusive descienden a 3.0 ng/ml el sexto día y 2.0 ng/ml el séptimo día (Burke *et al.*, 1996). La razón de la variación en las concentraciones de progesterona no se ha identificado claramente; sin embargo, la cantidad de alimento consumida puede influir sobre las CPP, si la dosis de progesterona exógena es modificada (Rabiee *et al.*, 2002).

2.3.4. Cantidad residual de progesterona en el CIDR después de ser utilizado

De la misma forma que las CPP varían durante el tiempo que dura insertado el CIDR, se ha demostrado que la cantidad residual de progesterona dentro del dispositivo también es dependiente del período que dura insertado con respecto a su cantidad original de 1.9 g. Después de un período de sincronización por 9 días, el dispositivo retiene cerca de 1.14 ± 0.017 g de progesterona y cuando el período de sincronización fue de 15 días, el CIDR aún retiene aproximadamente 0.9 g de progesterona (Macmillan *et al.*, 1990; Van Cleeff *et al.*, 1992).

Cuando tres dispositivos fueron insertados simultáneamente en un mismo animal por un período de 15 días y luego retirados, en cada uno de ellos se encontró 0.85 g de progesterona residual, cantidad de progesterona equivalente al de un sólo CIDR que fue empleado de forma individual por el mismo período antes mencionado (Macmillan *et al.*, 1990). Después de que el CIDR tiene un período de permanencia dentro de la vagina del animal, la cantidad residual de progesterona

del CIDR mantiene poca variación debido a que la liberación de progesterona es constante, como lo demuestran diferentes estudios (Macmillan *et al.*, 1990; Peterson y Henderson, 1990; Rathbone *et al.*, 2002).

2.3.5. Respuesta del CIDR cuando es aplicado en diferentes etapas del ciclo estral

La etapa del ciclo estral en la cual se encuentra la vaca o vaquilla al momento de administrar el tratamiento es un factor que afecta la respuesta del animal. En general, cuando el CIDR fue utilizado para sincronizar el estro se ha reportado un 95% de respuesta, independientemente de la etapa del ciclo estral en que se encontraban las vacas (Macmillan y Peterson, 1993). Sin embargo, la inserción del CIDR en la fase de metaestro (día 3) compromete la función del CL del siguiente ciclo estral (Macmillan *et al.*, 1991), por tener efecto en el desarrollo y crecimiento del primer folículo dominante (Burke *et al.*, 1994), además produce una menor sincronía del estro que cuando el CIDR se aplica en la etapa de proestro o al final del diestro (Macmillan y Peterson, 1993), aunado a una baja en la fertilidad (Van Cleff *et al.*, 1989a).

Cuando diferentes vaquillas fueron sincronizadas con CIDR en la etapa de diestro, iniciando en los días 9, 10, 11 y 12 del ciclo estral, no fueron afectadas las concentraciones de progesterona (Macmillan *et al.*, 1991). Asimismo, Burke *et al.*, (1999) iniciaron el tratamiento el día 13 del diestro, afirmando que la administración del CIDR en combinación con BE fue efectiva para inducir atresia del folículo presente y provocar la emergencia de una nueva oleada de crecimiento folicular.

2.3.6. Factibilidad de la reutilización del CIDR

A la facilidad que tiene el CIDR para ser insertado y posteriormente retirado del animal al cual se le insertó, se suma la posibilidad de tener una reutilización en diferentes programas de sincronización del estro bovino.

Uno de los primeros trabajos sobre la reutilización de un dispositivo intravaginal (PRID) fue efectuada por McPhee *et al.* (1983), para sincronizar el estro y la ovulación en ganado lechero. Este trabajo mostró resultados favorables para la proporción de estros observados (100%) entre 30 y 60 h en la primera reutilización del PRID, en contraste con los malos resultados obtenidos con los implantes subcutáneos (Molina, 2001).

Con el surgimiento del CIDR, se inician investigaciones con el propósito de conocer su eficiencia al ser reutilizado. Así, el CIDR es reutilizado como progesterona de suplemento después de la IA en vaquillas (Van Cleeff *et al.*, 1989b), posteriormente es empleado para sincronizar el estro en animales que previamente fueron sincronizados con un CIDR nuevo y no respondieron al tratamiento (Van Cleeff *et al.*, 1991; Penny *et al.*, 2000).

De igual forma, Beal *et al.* (2003) diseñaron un estudio para caracterizar la habilidad del CIDR nuevo y reutilizado hasta en tres ocasiones con el fin de inhibir el estro en vacas cíclicas productoras de carne y sin cría. Los tratamientos se efectuaron insertando el CIDR y aplicando dos inyecciones de PGF_{2α} una de 25 mg y 12 h más tarde otra de 12.5 mg. Basándose en las concentraciones promedio de progesterona la conclusión del estudio fue que el CIDR con 1.9 g de progesterona puede suprimir el estro hasta por 28 días consecutivos. Por lo tanto, teóricamente sería posible reutilizar el CIDR hasta en dos ocasiones, cuando se emplea previamente por 7 días.

Richardson *et al.*, (2002) reutilizaron el CIDR una y dos veces por períodos de 7 días, para sincronizar el estro en vaquillas productoras de leche y carne en un programa de IA, ya que la disponibilidad de un CIDR nuevo se encontró limitada para seguir con el trabajo de investigación. En tratamientos de resincronización del estro con CIDR reutilizado en una y dos ocasiones en combinación con BE al inicio y final de un período de 7 días, facilitó el uso de la IA en vacas de raza Angus y proporcionó una herramienta para incrementar los porcentajes de gestación (Stevenson *et al.*, 2003).

En otra investigación, Colazo *et al.* (2004) no encontraron diferencias en los porcentajes de gestación cuando sincronizaron el estro con CIDR nuevo y reutilizado por primera ocasión en un programa de IA a tiempo fijo; sin embargo cuando reutilizaron el CIDR por segunda vez el porcentaje de gestación fue bajo.

A pesar de que existen trabajos que demuestran la reutilización del CIDR en programas de IA y TE hasta en dos ocasiones, no se han reportado estudios que definan la distribución de vacas en estro a través del período de observación y la proporción final de estros.

2.3.7. Experimento preliminar

Para verificar si el CIDR reutilizado tenía buena respuesta sobre el porcentaje de estros detectados y de gestación, al ser aplicado en vacas destinadas a ser receptoras de embriones bovinos congelados, se planteó realizar un trabajo preliminar en tres grupos y períodos diferentes.

El primer programa de TE se realizó con 284 vacas de raza Brangus con cría. El protocolo de sincronización fue diseñado con una duración de 7 días y se usó CIDR nuevo y una combinación de progesterona (50 mg) y BE (2.5 mg) inyectada el mismo día que se insertó el dispositivo. Cumplido el período, el dispositivo fue retirado y las vacas fueron inyectadas con 150 μ g de PGF_{2 α} . Los resultados obtenidos con el CIDR nuevo fueron los siguientes: la proporción de estros detectados en las vacas fue de 90.1% y 40.1% de receptoras gestantes.

Posteriormente se realizó un segundo programa de TE con 274 vacas sin cría, bajo las mismas condiciones de manejo pero en distinto período. El protocolo de sincronización incluyó el uso de un CIDR de primera reutilización, que permaneció insertado por 7 días. Se administraron las mismas dosis de hormonas que en el protocolo de sincronización anterior. El porcentaje de estros detectados fue de 92.7% y 50.6% de las receptoras quedaron gestantes.

Finalmente el tercer programa reproductivo fue realizado con 414 vaquillas de raza Brangus negro, un mes después del segundo programa. El protocolo de sincronización se llevó a cabo en un período de 7 días con CIDR de segunda

reutilización más una inyección de 1.0 mg de BE al inicio del tratamiento. En este caso las vaquillas fueron expuestas a IA. El resultado de la proporción de estros detectados fue de 78.0% mientras que el 69.0% de las vaquillas gestaron. El hecho de que este grupo de vaquillas (que tenían un peso corporal inferior al de las vacas de los dos primeros grupos) mostrara resultados favorables, dio la pauta para considerar la reutilización del CIDR en vacas con características fisiológicas similares.

Después de llevarse a cabo la evaluación de los resultados de este trabajo preliminar se diseñó un experimento para utilizar y reutilizar los dispositivos bajo condiciones experimentales controladas, eliminando las variables no controladas y de esta forma obtener resultados que pudieran ser evaluados en forma científica. Por ejemplo, en lugar de utilizar grupos de animales de diferentes edades y condiciones fisiológicas en diferentes épocas del año, hacerlo con un grupo homogéneo de animales bajo las mismas condiciones ambientales.

La posibilidad de realizar un segundo experimento haría factible evaluar la reutilización del CIDR hasta en dos ocasiones, utilizando vacas destinadas a un programa de TE en el cual se eliminaran las variables presentes en el primer estudio. Así, la información discutida en el presente capítulo y los resultados obtenidos en el experimento preliminar contribuyeron a definir la hipótesis y el objetivo que aparecen en la sección correspondiente.

III. HIPÓTESIS Y OBJETIVO

HIPÓTESIS

La reutilización de un dispositivo intravaginal (CIDR) que contiene progesterona natural, producirá resultados similares a los logrados con un dispositivo nuevo cuando se utilice para la sincronización del estro en vacas receptoras de embriones, hasta en dos ocasiones consecutivas.

OBJETIVO

Evaluar si el comportamiento estral, la proporción de CL's detectados, la proporción de vacas gestantes y la concentración sérica de progesterona en vacas receptoras de embriones, se ven afectados al reutilizar un dispositivo intravaginal (CIDR) para la sincronización del estro, en dos ocasiones consecutivas.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Localización y descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó durante los meses de Octubre y Noviembre del año 2003 en la finca ganadera Tenacitas, asentada a 65 kilómetros al sureste del municipio de Soto la Marina y tuvo una duración de 47 días. El municipio se ubica sobre la faja costera en la parte central del estado de Tamaulipas, México; localizado en la coordenada 27°47' latitud norte y 90°12' longitud oeste a 25 msnm. El clima de la región es trópico húmedo, con una temperatura promedio anual de 22°C y con un régimen de lluvias en verano (García, 1987).

La finca cuenta con una superficie de 3,020 hectáreas, las cuales se encuentran establecidas con diferentes variedades de pastos, como son: estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), guinea (*Panicum maximum*) y pangola (*Digitaria decumbes stent*). En el rancho se mantienen arboledas para sombreaderos, entre las que predominan: tenazas, ébanos y comas.

4.2. Animales experimentales

Para seleccionar los animales experimentales se evaluaron 188 vacas, de la raza Brangus variedad negra, las cuales se palparon por vía rectal, con el fin de verificar que estuvieran vacías, revisar su estado de ciclicidad ovárica, detectando la presencia o ausencia de estructuras ováricas. Además, se buscó que no presentaran ninguna alteración anatómica o fisiológica que pudiera afectar su fertilidad y que fueran vacas sin cría. En total fueron seleccionadas 135 vacas, con una edad promedio de 7.6 años, para ser utilizadas como receptoras en un programa de TE.

Durante la selección de las vacas, se evaluó la CC de manera visual, para lo cual se utilizó la escala de medición (Houghton *et al.*, 1990) del 1 (extremadamente delgado) al 5 (muy obeso). Para el experimento se eligieron vacas con una CC de 3 a 3.5, las cuales fueron asignadas al azar a los tratamientos.

También fueron seleccionadas 5 vacas por tratamiento para ser empleadas como modelo con el propósito de medir la concentración promedio de progesterona sérica durante el período de sincronización.

4.3. Manejo de las vacas

Las vacas se mantuvieron bajo condiciones de libre pastoreo, en praderas de zacate estrella africana, con agua a libre acceso. Así mismo, 15 días antes de iniciar el programa de TE y durante todo el proceso de éste, se les suministró durante el pastoreo 1.5 kg por animal por día de un complemento nutricional comercial (Suplemento proteico pastoreo 24[®], MNA de México S.A. de C.V. Nuevo León), que contenía 24.0% de proteína cruda, 0.8% de grasa cruda y 7.7% de fibra cruda.

La temperatura y precipitación pluvial se registraron durante tres meses (septiembre, octubre, noviembre).

4.4. Tratamientos

Para el experimento, las vacas se asignaron al azar a tres tratamientos para sincronizar el estro, cada tratamiento fue efectuado en distinto período, el tratamiento testigo (CIDR_n), inició con 45 unidades experimentales y consistió en la utilización de un dispositivo intravaginal nuevo liberador de progesterona natural (CIDR-B[®], 1.9 g Interag, Hamilton, Nueva Zelanda). En el tratamiento 1 (n = 44) se empleó CIDR de primera reutilización (CIDR₁), el cual provenía de la primera sincronización con CIDR_n y en el tratamiento 2 (n = 43) se aplicó CIDR de segunda reutilización (CIDR₂), recuperados de la segunda sincronización con el CIDR₁. El CIDR reutilizado contenía progesterona natural residual, en una cantidad no determinada.

El CIDR se insertó por vía vaginal empleando un aplicador estándar para CIDR. Antes de insertar el dispositivo, cuando se encontraba montado en el aplicador, se recubrió con ungüento de fácil dispersión en agua para lubricarlo y prevenir infecciones del tracto genital (Bovoflavina[®], Intervet, México). Enseguida

de la inserción del CIDR (día 0), se administró una inyección intramuscular (IM) con 2.0 mg de BE (CIDIROL[®], Bomac, Auckland, Nueva Zelanda). El CIDR permaneció insertado durante 7 días. Terminado el período, el dispositivo fue retirado y al momento del retiro se aplicó a cada animal una inyección IM de 150 μ g de PGF_{2 α} (Prosolvin C[®], Intervet, México).

Después de permanecer insertados dentro de la vagina de las vacas, los dispositivos recuperados de la primera sincronización (CIDR_n), se lavaron con agua corriente, se secaron al medio ambiente e inmediatamente se utilizaron en la segunda sincronización (CIDR₁). En la tercera sincronización (CIDR₂) se siguió el mismo procedimiento.

4.5. Detección de la conducta estral

La detección de la conducta estral se realizó de manera visual, iniciando 24 h después de haber retirado el tratamiento a las vacas; la observación fue hecha tres veces al día (7:00, 15:00 y 23:00 h) con 2 h de duración en cada período y concluyendo la detección al completar 80 h de observación. De esta manera, se establecieron ocho períodos de detección de estros. De acuerdo al comportamiento de los animales, la vaca que permanecía quieta y permitía la monta de una compañera fue considerada en estro.

4.6. Procedimiento de transferencia de embriones

La TE se realizó 7 días después de que la vaca mostró conducta estral. Antes de la transferencia, la vaca receptora fue seleccionada por presentar una sincronía de \pm 12 h entre el estadio de desarrollo embrionario y el día de ese ciclo estral al momento de la transferencia.

Posteriormente, la vaca fue inyectada con Lidocaína al 2% (5 ml) en el espacio epidural (AmTech[®], Phoenix Scientific Inc, EUA). Para efectuar la TE se aplicó el criterio de únicamente emplear aquellas vacas que presentaron un CL ovárico al tacto rectal. Para confirmar esto, se recurrió al auxilio de un ultrasonido

de tiempo real, equipado con un transductor lineal de 5.0 Mhz (Omega Vison[®], E. I. Medical, EUA).

Sólo fueron transferidos embriones de grado 1 y 2 de la raza Brangus negro, congelados en glicerol y descongelados en un paso. Los embriones fueron adquiridos en una empresa dedicada al comercio de los mismos (Ultimate Genetics, EUA).

La descongelación del embrión fue efectuada manteniendo la pajilla al aire, a temperatura ambiente por 7 segundos. Posteriormente se sumergió en baño de agua a 35°C durante 10 segundos. El glicerol fue extraído en un paso en solución de sucrosa (One Step Thaw Plus[®], ViGro, ABTechnology, EUA). Finalmente el embrión fue colocado en un medio de mantenimiento hasta ser transferido (Holding Plus[®], ViGro, ABTechnology, EUA).

Un solo embrión fue transferido transcervicalmente a cada vaca, empleando un aplicador estándar para TE. El embrión se colocó lo más profundamente posible en el cuerno uterino (tercio superior o medio) ipsilateral al ovario que presentó un CL. La transferencia de todos los embriones se realizó por un mismo técnico, inmediatamente después de haber sido descongelados.

4.7. Manejo del retorno al estro en vacas receptoras

Las receptoras de embriones fueron mantenidas en pastoreo y controladas para su eventual retorno al estro. La observación de la conducta estral inició 10 días después de haber efectuado la TE (día 17 del ciclo), con una duración de 7 días y se realizó dos veces al día: 7:00 y 17:00 h con 2 h de duración en cada periodo. Aquellas vacas que presentaron estro fueron inseminadas aproximadamente 12 h después de haber sido detectadas en estro.

4.8. Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación se llevó a cabo a los 60 días después de efectuar la última IA. El diagnóstico se efectuó por medio de tacto rectal, recurriendo en casos dudosos al empleo de ultrasonografía.

4.9. Muestras sanguíneas

4.9.1. Vacas receptoras de embriones

Con el fin de corroborar si las vacas seleccionadas para el trabajo disponían de un CL funcional, con base en las concentraciones séricas de progesterona iguales o mayores a 1 ng/ml, se tomaron muestras sanguíneas de todas las vacas en cada uno de los tratamientos al iniciar el protocolo de sincronización. También fueron colectadas muestras sanguíneas al finalizar el período de sincronización.

4.9.2. Vacas modelo

Para colectar las muestras sanguíneas en las vacas seleccionadas como modelo, se tomó una muestra antes de la inserción del CIDR y una muestra 12 h después de insertado el dispositivo. Posteriormente las muestras fueron colectadas cada 24 h durante los días restantes del tratamiento, terminando con una muestra un día después de retirado el CIDR (día 8).

Las muestras sanguíneas se obtuvieron directamente a partir de la punción de la vena coccígea, con una aguja estéril de 21G x 38 mm (Vacutainer[®], Becton Dickinson Vacutainer Systems, EUA) y fueron colectadas en tubos al vacío (10 ml) para muestreo sanguíneo (Venoject[®], Terumo Europe NV, Bélgica). Las muestras después de coagularse fueron sometidas a centrifugación a 890 x g durante 15 minutos para la separación del suero sanguíneo (IEC[®], International Equipment Company, EUA). Las muestras de suero obtenidas se depositaron en tubos de plástico por decantación y fueron conservadas a una temperatura de -20°C hasta su análisis.

4.10. Análisis hormonal

El análisis hormonal de las muestras se realizó en el laboratorio de endocrinología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las concentraciones de progesterona séricas fueron determinadas mediante la técnica de radioinmunoanálisis (RIA).

Para esto se utilizó un kit comercial en fase sólida (Coat A Count[®], Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA, EUA). La fracción unida se cuantificó en un contador de radiaciones gamma durante un minuto y los cálculos se realizaron con el programa Riastat. La sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng/ml, mientras que el coeficiente de variación intra ensayo fue de 3.33%.

4.11. Análisis estadístico

En cada uno de los tratamientos se perdió un CIDR, por lo tanto se obtuvo un porcentaje de retención del 97.7%. De esta forma, para el análisis estadístico los CIDR_n, CIDR₁ y CIDR₂ finalizaron con 44, 43 y 42 unidades experimentales respectivamente.

Con la finalidad de confirmar que los tratamientos de sincronización realizados en distintos periodos no se aplicaron bajo diferentes condiciones climáticas como: temperatura máxima (T_{max}) y temperatura mínima (T_{min}) medidas en °C, y precipitación pluvial (Pp) medida en milímetros. Estas fueron comparadas empleando una prueba estadística no paramétrica de Kruskal - Wallis (SAS, 1999).

Se utilizó el procedimiento CATMOD para datos categóricos (SAS, 1999), para analizar el porcentaje de estros por periodo de detección (EPD), porcentaje de estros acumulados (PEA), porcentaje de cuerpos lúteos detectados el día de la TE (CLd), porcentaje de gestación (PG) con TE e IA y el porcentaje de gestación obtenido con embriones de grado 1 (EG₁) y grado 2 (EG₂).

Las concentraciones séricas de progesterona (CSP) promediadas y obtenidas por efecto del CIDR_n, CIDR₁ y CIDR₂ fueron analizadas usando el procedimiento REPEATED para medidas repetidas (SAS, 1999).

V. RESULTADOS

En el presente estudio las condiciones climáticas expresadas en T_{max} , T_{min} y P_p que prevalecieron durante cada período de sincronización fueron similares ($P > 0.05$), por lo que probablemente estas condiciones no influyeron en los resultados obtenidos (Figura 1).

Al evaluar el porcentaje de EPD en cada tratamiento, no se observó diferencia ($P < 0.05$) en la distribución de estros detectados en las 80 h (Figura 2). De igual forma, para el PEA entre vacas que fueron sincronizadas con CIDR nuevo y reutilizado no se encontró un efecto ($P > 0.05$), al finalizar los períodos de detección de estros (Cuadro 1).

La proporción de CLd siete días después de que las vacas mostraron conducta estral no fue diferente entre los tratamientos utilizados para sincronizar el estro ($P > 0.05$); asimismo la sincronización del estro con CIDR reutilizado hasta en dos ocasiones no fue un factor ($P > 0.05$) determinante sobre el PG obtenido por TE (Cuadro 1). No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) sobre la proporción de receptoras gestantes que fueron transferidas con un EG_1 y EG_2 en cada tratamiento (Cuadro 2).

El porcentaje de receptoras que retornó al estro después de la TE (17 a 24 días posteriores al estro previo a la TE) y la proporción que resultó gestante con IA no mostraron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$). Además, la duración del ciclo estral comprendida entre el celo sincronizado con $CIDR_n$, $CIDR_1$, $CIDR_2$ y el celo espontáneo subsiguiente fue similar entre los 3 grupos de vacas del presente estudio (Cuadro 3).

El nivel de progesterona promedio (\pm error estándar), determinado para cada una de las vacas al iniciar (día 0) y finalizar (día 7) el período de sincronización con CIDR nuevo y reutilizado puede ser observado en la Figura 3. En las vacas que fueron utilizadas como modelo, las CSP promedio (\pm error estándar) se incrementaron después de haber insertado el CIDR nuevo y

reutilizado. La concentración de progesterona fue mayor en las primeras 12 h para las vacas que recibieron el CIDR_n con respecto a las que se les insertó el CIDR₁ y CIDR₂. Posteriormente los grupos CIDR_n y CIDR₁ lograron mantener niveles de progesterona de 6.61 ± 1.16 y 5.85 ± 1.17 ng/ml respectivamente el día 3, no así para el CIDR₂ que en ese mismo día presentó el menor nivel de progesterona (5.45 ± 0.91 ng/ml). Aunque hubo una ligera disminución entre los días 4 y 5 para el CIDR_n y entre los días 5 y 6 para el CIDR₁, y a pesar de que ocurrió variabilidad en los niveles de progesterona durante todo el periodo de sincronización, no se encontraron diferencias significativas para los tratamientos entre los 7 días correspondientes al período de sincronización ($P > 0.05$) en que permanecieron insertados los CIDR's (Figura 4).

VI. DISCUSIÓN

En los tres tratamientos el porcentaje de retención del CIDR fue de 97.7%. Esto concuerda con otros trabajos donde el porcentaje de retención fue similar cuando se aplicó CIDR nuevo (Broadbent *et al.*, 1991; Ryan *et al.*, 1995; Hanlon *et al.*, 1996; Chenault *et al.*, 2003a) y cuando el CIDR fue reutilizado en una ocasión (Colazo *et al.*, 2004). El porcentaje de retención alcanzado con CIDR nuevo y reutilizado indica que su diseño y el material con que está fabricado le permiten anclarse bien en la vagina y no perder fuerza al reutilizarlo en dos ocasiones. El porcentaje de pérdida del CIDR por tratamiento fue de 2.3%, por lo tanto, se puede asumir que en el presente trabajo se efectuó una colocación correcta, ya que el porcentaje de pérdida no debe exceder del 5.0% (Broadbent *et al.*, 1991).

A pesar de que la observación de la conducta estral inició 24 h después de que fue retirado el CIDR en cada uno de los tratamientos, en este período de observación no fue detectada ninguna vaca en estro. Así que en los tres tratamientos la conducta estral fue detectada a partir de las 32 h, período donde ocurrió una mayor proporción de vacas en estro para los tres tratamientos y posteriormente la presentación del estro se distribuyó de forma proporcional en cada período.

En diferentes estudios donde sincronizaron el estro con CIDR y BE aplicado al inicio del tratamiento encontraron una mayor respuesta al estro a las 48 h (Macmillan *et al.*, 1993; Ryan *et al.*, 1999) y en otro trabajo obtuvieron mayores porcentajes de estros detectados a las 72 h (Macmillan y Burke, 1996).

Una posible causa de la proporción de EPD que se presentó en esta investigación después de realizar la sincronización con CIDR nuevo y reutilizado, fue que al aplicar BE inmediatamente después de insertar el dispositivo posiblemente ocasionó atresia del folículo de la onda de crecimiento folicular en curso, como se ha descrito en diferentes investigaciones (Bo *et al.*, 1995; Burke *et al.*, 1999; Martínez *et al.*, 1997) y por lo tanto el nuevo folículo dominante que emergió de la onda de crecimiento folicular inducida por efecto del BE, quizás

presentaba diferente tamaño al momento de retirar el dispositivo y en consecuencia necesitó más de 24 h para desarrollar un crecimiento adecuado después de retirar el CIDR, provocando con esto una dispersión en el tiempo que tardó en presentarse el estro (Garcia y Salaheddine, 2001; Utt *et al.*, 2003).

En este trabajo se decidió realizar la observación de estros hasta completar 80 h, tal vez algunas vacas presentaron conducta estral después de este período y no fueron detectadas en estro ya que en diferentes programas de sincronización con CIDR fueron detectadas vacas en celo incluso a las 108 h (Broadbent *et al.*, 1993; Martínez *et al.*, 2000). A pesar de esta situación el PEA definitivo en cada tratamiento fue similar a otros reportes donde utilizaron diferentes protocolos y productos como CIDR (92.5%) y PRID (91.5%) (Broadbent *et al.*, 1993). Resultados similares se obtuvieron con PRID (90.4%) y con norgestomet (86.2%) en implante subcutáneo (Crestar[®]), al sincronizar estros en vacas receptoras de embriones en donde los períodos de observación fueron de 120 h (Tregaskes *et al.*, 1994).

El CIDR reutilizado en períodos de sincronización de 7 días tiene la capacidad de impedir que el animal tratado presente conducta estral hasta que el dispositivo sea retirado. Este mismo efecto fue observado por Richardson *et al.* (2002), de tal forma que el tratamiento de sincronización con CIDR reutilizado aplicado en períodos de 7 días no ocasionó una disminución en el PEA, logrando obtener hasta 91.4% de estros detectados en vaquillas resincronizadas (Van Cleeff *et al.*, 1991) y en ocasiones un 81.3% de estros detectados (Van Cleeff *et al.*, 1989a).

En el presente estudio, las vacas receptoras fueron sometidas a dos criterios de selección, el primero fue que manifestaran conducta estral posteriormente de retirado el tratamiento de sincronización y el segundo que fueran detectadas con un CL siete días después de haber observado la conducta estral en las vacas. Los resultados obtenidos (Cuadro 1) demostraron que el porcentaje de CLd superó el 90% en los tres tratamientos; Ribadu *et al.* (1994) detectaron por medio de palpación rectal el 85% de CL's y 95.7% por

ultrasonografía entre el día 5 y 16 del ciclo estral. Además se puede tener hasta un 15% de error al diagnosticar la presencia de un CL inclusive si el tamaño supera los 10 mm (Hanzen *et al.*, 2000).

Aunque el porcentaje de CL no detectado fue del 5.0, 7.9 y 2.7% para las vacas sincronizadas con CIDR_n, CIDR₁ y CIDR₂ respectivamente, y debido a que la función lútea ha sido asociada con el ambiente hormonal en el cual se formó el folículo ovulatorio (Garverick *et al.*, 1992), no fue posible en este trabajo relacionar el efecto de sincronización sobre el desarrollo y tamaño del CL. El porcentaje de falla en la detección de CL's al momento de seleccionar a las vacas receptoras es similar a los porcentajes mencionados por otros trabajos de investigación relacionados con el tema y en los cuales se empleó ultrasonografía para corroborar la presencia del CL (Ribadu *et al.*, 1994; Hanzen *et al.*, 2000).

En este trabajo no se comprobó la presencia de un CL por medio del tacto rectal en el momento de insertar el CIDR, pero la concentración de progesterona sérica promedio fue >1 ng/ml en los tres tratamientos (Figura 3), con esto puede ser posible justificar la presencia de un CL funcional, como lo han hecho otros autores (Veronesi *et al.*, 2002). Sin embargo, diferentes investigaciones señalan que cuando el tratamiento de sincronización con CIDR es aplicado al iniciar la fase de metaestro se provocan cambios en el crecimiento folicular, afectando la vida media del CL que a su vez repercute en la concentración sérica de progesterona (Burke *et al.*, 1994) y en la reducción de la longitud del ciclo estral (Macmillan *et al.*, 1991); pese a los resultados antes mencionados, éstos no indicaron que el tamaño del CL fuera afectado en el caso de iniciar el tratamiento en la fase de metaestro y por consecuencia fuera difícil de ser detectado al tacto rectal.

La calidad del embrión es un factor que se relaciona con los resultados obtenidos en la TE ya que en diferentes trabajos el porcentaje de gestación ha sido superior cuando se transfieren embriones de calidad excelente (Hasler *et al.*, 1987; Smith *et al.*, 1996; Hasler, 2001). Considerando la información publicada por los distintos autores antes mencionados y dado que para el estudio se necesitaron EG₁ y EG₂, fue necesario distribuirlos de manera equitativa en los tratamientos

para que de esta forma no fuera favorecido alguno de ellos y que influenciara en los resultados. Sin embargo, en otras investigaciones donde se transfirieron embriones congelados de calidad excelente y buena no fue afectada la proporción de receptoras gestantes (Leibo, 1986; Arreseigor *et al.*, 1998; Spell *et al.*, 2001), al igual que ocurrió en el presente estudio.

La reutilización del CIDR no ocasionó un descenso en el PG logrado por TE con respecto al CIDR nuevo. Si bien diferentes trabajos han evaluado algunos factores que pueden afectar el porcentaje de gestación en programas de TE (Hasler *et al.*, 1987; Hasler, 2001; Spell *et al.*, 2001), ninguno de los estudios antes mencionados consideró al protocolo de sincronización como un efecto que pudiera aumentar o disminuir la proporción de receptoras gestantes.

La posibilidad de que el tratamiento de sincronización con CIDR tenga un efecto positivo sobre el PG obtenido en un programa de TE, depende de la eficiencia que tenga este método de sincronización para lograr una buena proporción de estros (Broadbent *et al.*, 1993), obtener una sincronía adecuada entre donadora y receptora (Ryan *et al.*, 1999) y una buena calidad en la formación del CL después del tratamiento (Garcia y Salaheddine, 1996). No obstante, los intentos por mejorar el protocolo de sincronización que será aplicado a vacas receptoras de embriones se han fundamentado en la administración de gonadotropina coriónica equina (eCG) durante el período de sincronización (Baruselli *et al.*, 2001).

La proporción de receptoras gestantes que se obtuvo en cada tratamiento fue superada por otras investigaciones donde se empleó progesterona en dispositivos intravaginales (63.9%) (Broadbent *et al.*, 1993) y progestágenos subcutáneos (63.6%) para sincronizar el estro en las vacas seleccionadas como receptoras (Tregaskes *et al.*, 1994). Pese al detrimento en el PG (CIDR_n=21%, CIDR₁=26%, CIDR₂=27%) con respecto a los trabajos antes mencionados, los resultados fueron similares (42.0%) a lo reportado por Elsdén (1989), en un programa de TE efectuado en el país. Además, se ha estimado que el fracaso de gestación ocurre en un rango de 31 a 60% después de la TE (McMillan, 1998).

En este estudio las receptoras que retornaron al estro presentaron un ciclo estral de duración promedio señalada como normal (Rathbone *et al.*, 1998). Probablemente en dichas receptoras no se inició la gestación postransferencia del embrión o sucedió una falla en el reconocimiento materno de la gestación, la cual pudo presentarse antes del día 18 (Peterson y Lee, 2003). La mayor proporción de receptoras que retornaron al estro se presentó en el CIDR₁ (Cuadro 3); aunque en este caso no fue posible estimar si la causa del fracaso en la gestación fue provocada por incompetencia del embrión o de la receptora. Cuando la contribución de ambos factores fue evaluada sobre la base de un modelo estadístico, entre el 30 y 40% de las receptoras que tuvieron un fracaso en la gestación, éste fue debido a que se transfirieron embriones incompetentes a receptoras competentes (McMillan, 1996).

Si bien la observación de la conducta estral inició 10 días después de la TE, la observación se realizó dos veces al día y quizás no fueron detectadas algunas vacas en estro, aunque también pudo haber sucedido una interrupción en la gestación después del día 21 y esta fue detectada hasta el momento del diagnóstico de gestación (Chagas e Silva *et al.*, 2002).

El tratamiento con CIDR nuevo y reutilizado ocasionó un incremento en las CSP las primeras 12 h después de la inserción del CIDR. Resultados similares se han observado en vacas ovariectomizadas que recibieron un CIDR nuevo y donde el incremento de progesterona en la circulación sanguínea fue de 2.4 ± 0.20 ng/ml y 1.8 ± 0.27 ng/ml en aquellas que recibieron un CIDR reutilizado en una ocasión (Van Cleeff *et al.*, 1992), aunque la absorción de progesterona liberada por el CIDR puede variar entre animales ovariectomizados y cíclicos (Burke *et al.*, 1999) en el presente trabajo el incremento de progesterona fue mayor en el CIDR_n (5.60 ng/ml) y CIDR₁ (3.30 ng/ml) que en el CIDR₂ (1.27 ng/ml). Esto puede considerarse normal, debido a la cantidad de progesterona residual que se estima pueden contener los CIDR_n, CIDR₁, CIDR₂ (Rathbone *et al.*, 2002).

La cantidad de progesterona contenida en el CIDR (1.9 g) puede disminuir hasta 0.68 g después de ser empleado para la sincronización del estro en dos

ocasiones por periodos de 7 días (Rathbone *et al.*, 2002), esta cantidad de progesterona al inicio del tratamiento pudo provocar que la liberación no fuera suficiente las primeras 12 h para lograr un incremento equivalente al CIDR_n y CIDR₁. Sin embargo, ocurrió una ligera disminución en la cantidad de progesterona el día 4 y 5 en el CIDR_n y entre los días 5 y 6 para el CIDR₁, no así para el CIDR₂ en donde la CSP fue menor únicamente el día 3 y posteriormente se mantuvieron relativamente estables hasta el día 7. Con esto se demuestra que al final del tratamiento el dispositivo aún mantiene niveles de progesterona altos. Este mismo efecto fue observado en las vacas que fueron sincronizadas para ser utilizadas como receptoras, ya que los niveles de progesterona fueron mayores a 2 ng/ml (Figura 3).

Aunque la concentración de progesterona varió en cada uno de los tratamientos durante los 7 días que permaneció insertado el CIDR, en otros estudios también se han observado variaciones en la concentración de progesterona entre animales ovariectomizados y cíclicos que recibieron un CIDR nuevo y reutilizado (Van Cleeff *et al.*, 1992; Burke *et al.*, 1996). De igual forma, esta variabilidad fue confirmada por Peterson y Henderson (1990), cuando en vacas ovariectomizadas con similar peso vivo y CC midieron la concentración de progesterona originada por el CIDR.

La progesterona liberada por el CIDR tiene como misión producir un bloqueo del hipotálamo de manera que impedirá, independientemente de la existencia de un CL, que se produzca una ovulación mientras el animal tratado mantiene el dispositivo (Rathbone *et al.*, 1998). Estudios previos han sustentado que cuando la concentración de progesterona es baja, la frecuencia de pulsos de la LH es grande (Kojima *et al.*, 1992), así que los cambios en la concentración de progesterona dan como resultado cambios en la frecuencia de pulsos de la LH dentro de las primeras 6 h después de que la concentración de progesterona varía de niveles bajos a elevados o viceversa (Bergfeld *et al.*, 1996).

La exposición del ovocito a cambios en la frecuencia de pulsos de la LH puede provocar que éste reanude la meiosis y por consecuencia se madure

prematuramente antes del pico preovulatorio de gonadotropinas (Revah y Butler, 1996). En programas de IA se requiere que el ovocito se encuentre en buenas condiciones y sea ovulado a tiempo, para obtener porcentajes de gestación satisfactorios. Pero esto no es necesario en un programa de TE, en el que solamente es importante la presencia y funcionalidad de un CL. Si bien en este trabajo se presentaron variaciones en la concentración de progesterona, posiblemente no interfirieron con la formación del CL que se desarrolló a partir de las células del folículo ovulatorio que fue generado por efecto del tratamiento de sincronización (Niswender *et al.*, 2000).

La razón de la variación de progesterona no se ha identificado claramente, de acuerdo con Burke *et al.* (1996) la inclusión de BE en el protocolo de sincronización no es una causa que determine la absorción y metabolismo de la progesterona liberada por el CIDR. Asimismo, la variación en la CSP no se relacionó con la cantidad de progesterona liberada por el CIDR o por la cantidad de progesterona residual contenida en el CIDR reutilizado. El CIDR tiene la capacidad de liberar 0.61 ± 0.01 g de progesterona durante un período de 7 días de permanencia en la vagina (Rathbone *et al.*, 2002), de tal manera que la variación de progesterona en la circulación sanguínea entre vacas no es ocasionada por la cantidad de progesterona liberada del CIDR. Aparentemente esto depende de la habilidad individual de cada vaca para absorber y metabolizar la progesterona (Peterson y Henderson, 1990).

VII. CONCLUSIONES

El CIDR reutilizado por períodos de siete días de tratamiento libera cantidades suficientes de progesterona para mantener concentraciones séricas promedio, equivalentes a las de un dispositivo nuevo, cuando se vuelve a utilizar en dos ocasiones.

La reutilización del CIDR constituye una herramienta para sincronizar el estro en vacas seleccionadas como receptoras de embriones, ya que estos dispositivos, cuando son reutilizados hasta en dos ocasiones en programas de TE en ganado de raza Brangus negro, conservan la misma eficacia que un CIDR nuevo.

REPERCUSIONES

Si se toma en cuenta que normalmente el dispositivo es desechado después de ser empleado en una ocasión, la reutilización del CIDR hasta en dos ocasiones proporciona un beneficio en los costos, con la posibilidad de disminuir hasta un 33% el costo de cada dispositivo utilizado de un programa para sincronizar el estro en ganado bovino.

VIII. LITERATURA CITADA

Ahmad N, Schrick FN, Butcher RL, Inskeep EK. Effect of persistent follicles on early embryonic losses in beef cows. *Biol. Reprod* 1995;52:1129-1135.

Aller JF, Rubuffi GE, Cancino Ak, Alberio RH. Successful transfer of vitrified Llama (*Lama glama*) embryos. *Reprod. Sci* 2002;73:121-127.

Arbeiter K, Barth U, Jöchle W. Observations on the use of progesterone intravaginally and of deslorelin STI in acyclic mares for induction of ovulation. *J. Equ. Vet. Sci* 1994;14:21-25.

Arreseigor CJ, Sisul A, Arreseigor AE, Stahringer RC. Effect of cryoprotectant, thawing method, embryo grade and breed on pregnancy rates of cryopreserved bovine embryos. *Theriogenology* 1998;49:160. Abstr.

Baruselli P, Marques MO, Madureira EH, Costa-Neto WP, Grandinetti RR, Bo G. Increased pregnancy rates in embryo recipients treated with CIDR-B devices. *Theriogenology* 2001;55:355.

Beal WE, Coles EW, Baitis HK. Use and reuse of CIDRs to synchronize estrus. Joint convention proceedings; 2003 september 4-6; Calgary, Alberta. Canadian Embryo Transfer Association and American Embryo Transfer Association, 2003:24-32.

Bergfeld EGM, Kojima FN, Cupp AS, Wehrman ME, Peters KE, Mariscal V, Sanchez T, Kinder JE. Changing dose of progesterone results in sudden changes in frequency of LH pulses and secretion of 17 estradiol in bovine females. *Biol. Reprod* 1996;54:546-553.

Bo GA, Adams GP, Caccia M, Martinez MF, Pierson RA, Mapletoft RJ. Ovarian follicular wave emergence after treatment with progestogen and estradiol in cattle. *Anim. Reprod. Sci* 1995;39:193-204.

Britt JH, Huertasvega E, Ulberg LC. Managing reproduction in Dairy Cattle: I. Progestogens for control of estrus in dairy cows. *J. Dairy Sci* 1972;55:598-605.

Broadbent PJ, Stewart M, Dolman DF. Recipient management and embryo transfer. *Theriogenology* 1991;35:125-139.

Broadbent PJ, Tregaskes LD, Dolman DF, Franklin MF, Jones RL. Synchronization of estrus in embryo transfer recipients after using a combination of PRID or CIDR-B plus PGF2 α . *Theriogenology* 1993;39:1055-1065.

Burke CR, Mihm M, Macmillan KL, Roche JF. Some effects of prematurely elevated concentrations of progesterone on luteal and follicular characteristics during the oestrous cycle in heifer. *Anim. Reprod. Sci* 1994;35:27-39.

Burke CR, Macmillan KL, Boland MP. Oestradiol potentiates a prolonged progesterone-induced suppression of LH release in ovariectomised cows. *Anim. Reprod. Sci* 1996;45:13-28.

Burke CR, Burggraaf S, Bunt CR, Rathbone MJ, Macmillan KL. Use of pregnant dairy cows in product development of the intravaginal progesterone releasing (CIDR) device. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod* 1997;57:242. Abstr.

Burke CR, Boland MP, Macmillan KL. Ovarian responses to progesterone and oestradiol benzoate administered intravaginally during dioestrus in cattle. *Anim. Reprod. Sci* 1999;55:23-33.

Chagas e Silva J, Lopes da Costa L, Robalo Silva J. Plasma progesterone profiles and factors affecting embryo-fetal mortality following embryo transfer in dairy cattle. *Theriogenology* 2002;58:51-59.

Chenault JR, Boucher JF, Dame KJ, Meyer JA, Wood-Follis SL. Intravaginal progesterone insert to synchronize return to estrus of previously inseminated dairy cows. *J. Dairy Sci* 2003a;86:2039-2049.

Chenault JR, Hornish RE, Anderson YC, Krabill LF, Boucher JF, Prough MJ. Concentrations of progesterone in milk of cows administered an intravaginal progesterone insert. *J. Dairy Sci* 2003b;86:2050-2056.

Colazo MG, Kastelic JP, Mapletoft RJ. Effects of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular dynamics, synchrony of ovulation, and fertility in CIDR-based, fixed-time AI programs in beef heifers. *Theriogenology* 2003;60:855-865.

Colazo MG, Kastelic JP, Whittaker PR, Gavaga QA, Wilde R, Mapletoft RJ. Fertility in beef cattle given a new or previously used CIDR insert and estradiol, with or without progesterone. *Anim. Reprod. Sci* 2004;81:25-34.

Cupp AS, Stumpf TT, Kojima FN, Werth LA, Wolfe MW, Roberson MS, Kittok RJ, Kinder JE. Secretion of gonadotrophins change during the luteal phase of the bovine oestrous cycle in the absence of corresponding changes in progesterone or 17 β -oestradiol. *Anim. Reprod. Sci* 1995;37:109-119.

Driancourt MA. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology* 2001;55:1211-1239.

Elsden RP. Mexican government uses embryo transfer to increase production of national dairy herd. *Theriogenology* 1989;31:47-48.

Garcia A, Salaheddine M. Ultrasonic morphology of the corpora lutea and central luteal cavities during selection of recipients for embryo transfer. *Theriogenology* 1996;49:243. Abstr.

Garcia A, Salaheddine M. Effect of oestrus synchronization with estradiol 17 β and progesterone on follicular wave dynamics in dairy heifers. *Reprod. Dom. Anim* 2001;36:301-307.

García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Cuarta edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 1987:185.

Garverick HA, Zollers WG, Smith MF. Mechanisms associated with corpus luteum lifespan in animals having normal or subnormal luteal function. *Anim. Reprod. Sci* 1992;28:111-124.

Geisert RD, Morgan GL, Short EC, Zavy MT. Endocrine events associated with endometrial function and conceptus development in cattle. *Reprod. Fertil. Dev* 1992;4:301-305.

Ginther OJ, Wiltbank MC, Fricke PM, Gibbons JR, Kot K. Selection of the dominant follicle in cattle. *Biol. Reprod* 1996;55:1187-1194.

Hanlon DW, Williamson NB, Wichtel JJ, Steffert IJ, Craigie AL, Pfeiffer DU. The effect of estradiol benzoate administration on estrous response and synchronized pregnancy rate in dairy heifers after treatment with exogenous progesterone. *Theriogenology* 1996;45:775-785.

Hanzen CH, Pieterse M, Scenczi O, Drost M. relative accuracy of the identification of ovarian structures in the cow by ultrasonography and palpation per rectum. *Vet. Journal* 2000;159:161-170.

Hasler JF, McCauley AD, Lathrop WF, Foote RH. Effect of donor-embryo-recipient interactions on pregnancy rate in a large-scale bovine embryo transfer program. *Theriogenology* 1987;27:139-168.

Hasler JF. Factors affecting frozen and fresh embryo transfer pregnancy rates in cattle. *Theriogenology* 2001;56:1401-1415.

Henricks DM, Hill JR, Dickey JF. Plasma ovarian hormone levels and fertility in beef heifers treated with melengestrol acetate (MGA). *J. Anim. Sci* 1973;37:1169-1175.

Hill FI, Knight TW, Death AF, Wyeth TK, Ridland M. Oestrus synchronization and oestrus detection in swamp buffaloes (*Bubalus bubalis*). Proc. NZ Soc. Anim. Prod 1992;52:25-27.

Houghton PL, Lemenager RP, Moss GE, Hendrix KS. Prediction of postpartum beef cow body composition using weight to height ratio and visual body condition score. J. Anim. Sci 1990;68:1428-1437.

Jubb TF, Brightling P, Malmö J, Larcombe MT, Anderson GA, Hides SJ. Evaluation of a regimen using a progesterone releasing intravaginal device (CIDR) and PMSG as a treatment for post partum anoestrus in dairy cattle. Aust. Vet. J 1989;66:334-336.

Kastelic JP, Knopf L, Ginther OJ. Effect of day of prostaglandin $F_{2\alpha}$ treatment on selection and development of the ovulatory follicle in heifers. Anim. Reprod. Sci 1990;23:169-180.

Kinder JE, Kojima FN, Bergfeld EGM, Wehrman ME, Fike KE. Progestin and estrogen regulation of pulsatile LH release and development of persistent ovarian follicles in cattle. J. Anim. Sci 1996;74:1424-1440.

Kojima N, Stumpf TT, Cupps AS, Werth LA, Roberson MS, Wolfe MW, Kittok RJ, Kinder JE. Exogenous progesterone and progestins as used in estrous synchrony regimens do not mimic the corpus luteum in regulation of luteinizing hormone and 17 β -estradiol in circulation of cows. Biol. Reprod 1992;47:1009-1017.

Lamming GE, Mann GE. A dual role for progesterone in the control of cyclicity in ruminants. J. Reprod. Fertil 1995;49:561-566. Suppl.

Lane EA, Austin EJ, Roche JF, Crowe MA. The effect of Estradiol Benzoate on synchrony of estrus and fertility in cattle after removal of a Progesterone-releasing intravaginal device. Theriogenology 2001;55:1807-1818.

Larson LL, Ball PJH. Regulation of estrous cycles in dairy cattle: a review. Theriogenology 1992;38:255-267.

Leibo SP. Commercial production of pregnancies from one-step diluted frozen-thawed bovine embryos. Theriogenology 1986;25:166. Abstr.

Lübbecke M, Klug E, Hoppen HO, Jöchle W. Attempts to synchronize estrus and ovulation in mares using progesterone (CIDR-B) and GnRH-Analog deslorelin. Reprod. Dom. Anim 1994;29:305-314.

Lucy MC, Savio JD, Bandinga L, De La Sota RL, Thatcher WW. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. J. Anim. Sci 1992;70:3615-3626.

Lucy MC, Billings HJ, Butler WR, Ehnis LR, Fields MJ, Kesler DJ, Kinder JE, Mattos RC, Short RE, Thatcher WW, Wettemann RP, Yelich JV, Hafs HD. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF 2α for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers, and dairy heifers. *J. Anim. Sci* 2001;79:982-995.

Lugo LS, Hernández CJ, López LL. Función del cuerpo lúteo formado a partir de la ovulación de un folículo dominante persistente, en vaquillas Holstein tratadas con un dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR-B), en ausencia de un cuerpo lúteo. *Vet. Mex* 1999;30:95-98

Macmillan KL, Washburn SP, Henderson HV, Petch SF. Effects of varying the progesterone content of CIDR intravaginal devices and multiple CIDR treatments on plasma hormone concentrations and residual hormone content. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod* 1990;50:471-472.

Macmillan KL, Taufa VK, Barnes DR, Day AM. Plasma progesterone concentrations in heifers and cows treated with a new intravaginal device. *Anim. Reprod. Sci* 1991;26:25-40.

Macmillan KL, Peterson AJ. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrous synchronization increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. *Anim. Reprod. Sci* 1993;33:1-25.

Macmillan KL, Taufa VK, Day AM. Combination treatments for synchronising oestrus in dairy heifer. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod* 1993;53:267-270.

Macmillan KL, Burke CR. Effects of oestrous cycle control on reproductive efficiency. *Anim. Reprod. Sci* 1996;42:307-320

Martínez MF, Bergfelt DR, Adams GP, Kastelic JP, Mapletoft RJ. Synchronization of follicular wave emergence and its use in an estrus synchronization program. *Theriogenology* 1997;47:146. Abstr.

Martínez MF, Adams GP, Kastelic JP, Bergfelt DR, Mapletoft RJ. Induction of follicular wave emergence for estrus synchronization and artificial insemination in heifers. *Theriogenology* 2000;54:757-769.

Matsuda DM, Bellem AC, Gartley CJ, Madison V, King WA, Liptrap RM, Goodrowe KL. Endocrine and behavioral events of estrous cyclicity and synchronization in wood bison (*Bison bison athabasca*). *Theriogenology* 1996;45:1429-1441.

McMillan WH. Potential survival rates to term for transferred in vitro and in vivo-produced embryos. *Theriogenology* 1996;45:233. Abstr.

McMillan WH. Statistical models predicting embryo survival to term in cattle after embryo transfer. *Theriogenology* 1998;50:1053-1070.

McPhee SR, Doyle MW, Davis IF, Chamley WA. Multiple use of progesterone releasing intravaginal device for synchronization of oestrus and ovulation in cattle. *Aust. Vet. J* 1983;60:40-43.

Molina MO. Sincronización de estros en vacas cebú mediante implantes reciclados de progestágenos y la posterior aplicación de prostaglandinas (tesis de licenciatura). México, DF. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. 2001.

Munro RK. Concentrations of plasma progesterone in cows after treatment with 3 types of progesterone pessaries. *Aust. Vet. J* 1987;64:385-386.

Niswender GD, Juengel JL, Silva PJ, Rollyson MK, McIntush EW. Mechanisms controlling function and life span of the corpus luteum. *Physiol. Rev* 2000;80:1-29.

Odde KG. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J. Anim. Sci* 1990;68:817-830.

Penny CD, Lowman BG, Scott NA, Scott PR. Repeated oestrus synchronization of beef cows with progesterone implants and the effects of a gonadotrophin-releasing hormone agonist at implant insertion. *Vet. Record* 2000;146:395-398.

Peterson AJ, Henderson HC. Plasma progesterone concentrations in ovariectomized dairy cows treated with a CIDR-B breeding device. *J. Reprod. Fertil* 1990;43:315. Suppl. Abstr.

Peterson AJ, Lee RSF. Improving successful pregnancies after embryo transfer. *Theriogenology* 2003;59:687-697.

Rabiee AR, Macmillan KL, Schwarzenberger F, Wright PJ. Effects of level of feeding and progesterone dose on plasma and faecal progesterone in ovariectomised cows. *Anim. Reprod. Sci* 2002;73:185-195.

Rathbone MJ, Macmillan KL, Bunt CR, Burggraaf S. Conceptual and commercially available intravaginal veterinary drug delivery systems. *Adv. Drug. Deliv. Rev* 1997;28:363-392.

Rathbone MJ, Macmillan KL, Inskeep K, Burggraaf S, Bunt CR. Fertility regulation in cattle. *J. Control. Release* 1998;54:117-148.

Rathbone MJ, Bunt CR, Ogle CR, Burggraaf S, Macmillan KL, Burke CR, Pickering L. Reengineering of a commercially available bovine intravaginal insert (CIDR insert) containing progesterone. *J. Controlled Release* 2002;85:105-115.

Revah I, Butler WR. Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes. *J. Reprod. Fert* 1996;106:39-47.

Rhodes FM, Burke CR, Clark BA, Day ML, Macmillan KL. Effect of treatment with progesterone and oestradiol benzoate on ovarian follicular turnover in postpartum anoestrous cows and cows which have resumed oestrous cycles. *Anim. Reprod. Sci* 2002;69:139-150.

Richardson AM, Hensley BA, Marple TJ, Johnson SK, Stevenson JS. Characteristics of estrus before and after first insemination and fertility of heifers after synchronized estrus using GnRH, PGF_{2α}, and progesterone. *J. Anim. Sci* 2002;80:2792-2800.

Ribadu AY, Ward WR, Dobson H. Comparative evaluation of ovarian structures in cattle by palpation per rectum, ultrasonography and plasma progesterone concentration. *Vet. Record* 1994;135:452-457.

Robinson RS, Mann GE, Lamming GE, Wathes DC. The effect of pregnancy on the expression of uterine oxytocin, oestrogen and progesterone receptors during early pregnancy in the cow. *J. Endocr* 1999;160:21-33.

Roche JF. Control of oestrous in cattle using progesterone coils. *Anim. Reprod. Sci* 1978;1:145-154.

Ryan DP, Snijders S, Yaakub H, O'Farrell KJ. An evaluation of oestrus synchronization programs in reproductive management of dairy herds. *J. Anim. Sci* 1995;73:3687-3695.

Ryan DP, Galvin JA, O'Farrell KJ. Comparison of oestrous synchronization regimens for lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci* 1999;56:153-168.

Sánchez T, Wehrman ME, Bergfeld EG, Peters KW, Kojima FN, Cupp AS, Mariscal V, Kittok RJ, Rasby RJ, Kinder JE. Pregnancy rate is greater when the corpus luteum is present during the period of progestin treatment to synchronize time of estrus in cows and heifers. *Biol. Reprod* 1993;49:1102-1107.

Sánchez T, Wehrman ME, Kojima FN, Cupp AS, Bergfeld EG, Peters KE, Mariscal V, Kittok RJ, Kinder JE. Dosage of the synthetic progestin, norgestomet, influences luteinizing hormone pulse frequency and endogenous secretion of 17β-estradiol in heifers. *Biol. Reprod* 1995;52:464-469.

SAS. SAS/STAT[®] User's Guide (Release 8.0). SAS Inst. Inc., Cary, NC. 1999.

Savio JD, Thatcher WW, Morris GR, Entwistle K, Drost M, Mattiacci MR. Effects of induction of low plasma progesterone concentrations with a progesterone-releasing intravaginal device on follicular turnover and fertility in cattle. *J. Reprod. Fertility* 1993;98:77-84.

Smith AK, Broadbent PJ, Dolman DF, Grimmer SP, Davies DAR, Dobson H. Norgestomet implants, plasma progesterone concentrations and embryo transfer pregnancy rates in cattle. *Vet. Record* 1996;139:187-191.

Spell AR, Beal WE, Corah LR, Lamb GC. Evaluating recipient and embryo factors that affect pregnancy rates of embryo transfer in beef cattle. *Theriogenology* 2001;57:287-297.

Spencer TE, Bazer FW. Ovine interferon tau suppresses transcription of the estrogen receptor and oxytocin receptor genes in the ovine endometrium. *Endocrinology* 1996;137:1144-1147.

Spitzer JC, Burrell WC, LeFever DG, Whitman RW, Wiltbank JN. Synchronization of estrus in beef cattle. 1. Utilization of a norgestomet implant and injection of estradiol valerate. *Theriogenology* 1978;10:181-200.

Stevenson JS, Johnson SK, Medina-Britos MA, Richardson-Adams AM, Lamb GC. Resynchronization of estrus in cattle of unknown pregnancy status using estrogen, progesterone, or both. *J. Anim. Sci* 2003;81:1681-1692.

Stock AE, Fortune JE. Ovarian follicular dominance in cattle: relationship between prolonged growth of the ovulatory follicle and endocrine parameters. *Endocrinology* 1993;132:1108-1114.

Techakumphu M, Sukavong Y, Yienvisavakul V, Buntaracha B, Pharee S, Intaramongkol S, Apimeteetumrong M, Intaramongkol J. The transfer of fresh and frozen embryos in an elite swamp buffalo herd. *J. Vet. Med. Sci* 2001;63:849-852.

Thundathil J, Kastelic JP, Mapletoft RJ. The effect of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular development and ovulation in dairy cattle. *Can. J. Vet. Res* 1997;61:314-316.

Tregaskes LD, Broadbent PJ, Dolman DF, Grimmer SP, Franklin MF. Evaluation of Crestar, a synthetic progestogen regime, for synchronizing oestrus in maiden heifers used as recipients of embryo transfer. *Vet. Record* 1994;134:92-94.

Tribulo R, Nigro M, Burry E, Caccia M, Tribulo H, Bo GA. Pregnancy rates in recipients receiving CIDR-B devices immediately following embryo transfer. *Theriogenology* 1996;45:372. Abstr.

Utt MD, Jousan FD, Beal WE. The effects of varying the interval from follicular wave emergence to progestin withdrawal on follicular dynamics and the synchrony of estrus in beef cattle. *J. Anim. Sci* 2003;81:1562-1567.

Van Cleeff J, Macmillan KL, Thatcher WW, Lucy MC. Estrous synchronization in heifers treated with CIDR before and after insemination. *J. Anim. Sci* 1989a;67:382. Suppl.1. Abstr.

Van Cleeff J, Macmillan KL, Thatcher WW, Lucy MC. Estrous synchronization and fertility in heifers treated with CIDR before and after insemination. *J. Anim. Sci* 1989b;65:383. Suppl.1. Abstr.

Van Cleeff J, Drost M, Thatcher WW. Effects of postinsemination progesterone supplementation on fertility and subsequent estrous responses of dairy heifers. *Theriogenology* 1991;36:796-807.

Van Cleeff J, Lucy MC, Wilcox CJ, Thatcher WW. Plasma and milk progesterone and plasma LH in ovariectomized lactating cows with new or used controlled internal drug release devices. *Anim. Reprod. Sci* 1992;27:91-106.

Veronesi MC, Gabai G, Battocchio M, Mollo A, Soldano F, Bono G, Cairoli F. Ultrasonographic appearance of tissue is a better indicator of CL function than CL diameter measurement in dairy cows. *Theriogenology* 2002;58:61-68.

Wehrman ME, Fike KE, Melvin EJ, Bergfeld EGM, Kinder JE. Development of persistent ovarian follicle during estrous synchronization prior to embryo transfer does not alter conception rate in cattle. *Theriogenology* 1996;42:291. Abstr.

Wheaton JE, Carlson KM, Wondels HF, Johnston LJ. CIDR: A new progesterone-releasing intravaginal device for induction of estrus and cycle control in sheep and goats. *Anim. Reprod. Sci* 1993;33:127-141.

Wilmut I, Sales DE, Ashworth CJ. Maternal and embryonic factors associated with prenatal loss in mammals. *J. Reprod. Fertil* 1986;76:851-864.

Woody CO, First NL, Pope AL. Effect of exogenous progesterone on estrous cycle length. *J. Anim. Sci* 1967;26:139-141.

IX. ANEXOS

Cuadros y figuras.

Cuadro 1. PEA, CLd y PG logrado por transferencia de embriones en vacas sincronizadas con CIDR nuevo o reutilizado.

Tratamiento*	Receptoras	PEA**	CLd**	PG**
CIDR _n	44	40 (90.0)	38 (95.0)	16 (42.1)
CIDR ₁	43	38 (88.4)	35 (92.1)	13 (37.1)
CIDR ₂	42	37 (88.1)	36 (97.3)	13 (36.1)

*No se encontraron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$).

**El valor dentro del paréntesis indica porcentaje.

CIDR_n= Tratamiento testigo (CIDR nuevo).

CIDR₁= Tratamiento 1 (CIDR de primera reutilización).

CIDR₂= Tratamiento 2 (CIDR de segunda reutilización).

PEA= Porcentaje de estros acumulados durante el período de sincronización 0 a 84 h.

CLd= Cuerpos lúteos detectados al día 7 post-estro sincronizado.

PG= Porcentaje de gestación.

Cuadro 2. Distribución y PG obtenido en cada tratamiento por grado de embrión del total de receptoras que recibieron transferencia de embriones.

Tratamiento*	Receptoras con CLd	Distribución		PG por grado**	
		<u>EG₁</u>	<u>EG₂</u>	<u>EG₁</u>	<u>EG₂</u>
CIDR _n	38	20	18	11 (55.0)	5 (28.0)
CIDR ₁	35	18	17	8 (44.0)	5 (29.0)
CIDR ₂	36	19	17	6 (32.0)	7 (41.0)

*No se encontraron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$).

**El valor dentro del paréntesis indica porcentaje.

CIDR_n= Tratamiento testigo (CIDR nuevo).

CIDR₁= Tratamiento 1 (CIDR de primera reutilización).

CIDR₂= Tratamiento 2 (CIDR de segunda reutilización).

CLd= Cuerpos lúteos detectados al día 7 post-estro sincronizado.

PG= Porcentaje de gestación.

EG₁= Embrión grado 1.

EG₂= Embrión grado 2.

Cuadro 3. Número de receptoras que retornaron al estro después de realizar la TE y porcentaje de gestación logrado por IA en cada tratamiento.

Tratamientos*	Receptoras que retornaron al estro**	Gestantes**	Duración del ciclo estral en días
CIDR _n	17 (44.7)	13 (76.5)	21.2 ± 1.8
CIDR ₁	21 (60.0)	17 (81.0)	20.6 ± 1.4
CIDR ₂	17 (47.2)	13 (76.5)	20.3 ± 2.0

*No se encontraron diferencias entre tratamientos (P>0.05).

**El valor dentro del paréntesis indica porcentaje.

CIDR_n= Tratamiento testigo (CIDR nuevo).

CIDR₁= Tratamiento 1 (CIDR de primera reutilización).

CIDR₂= Tratamiento 2 (CIDR de segunda reutilización).

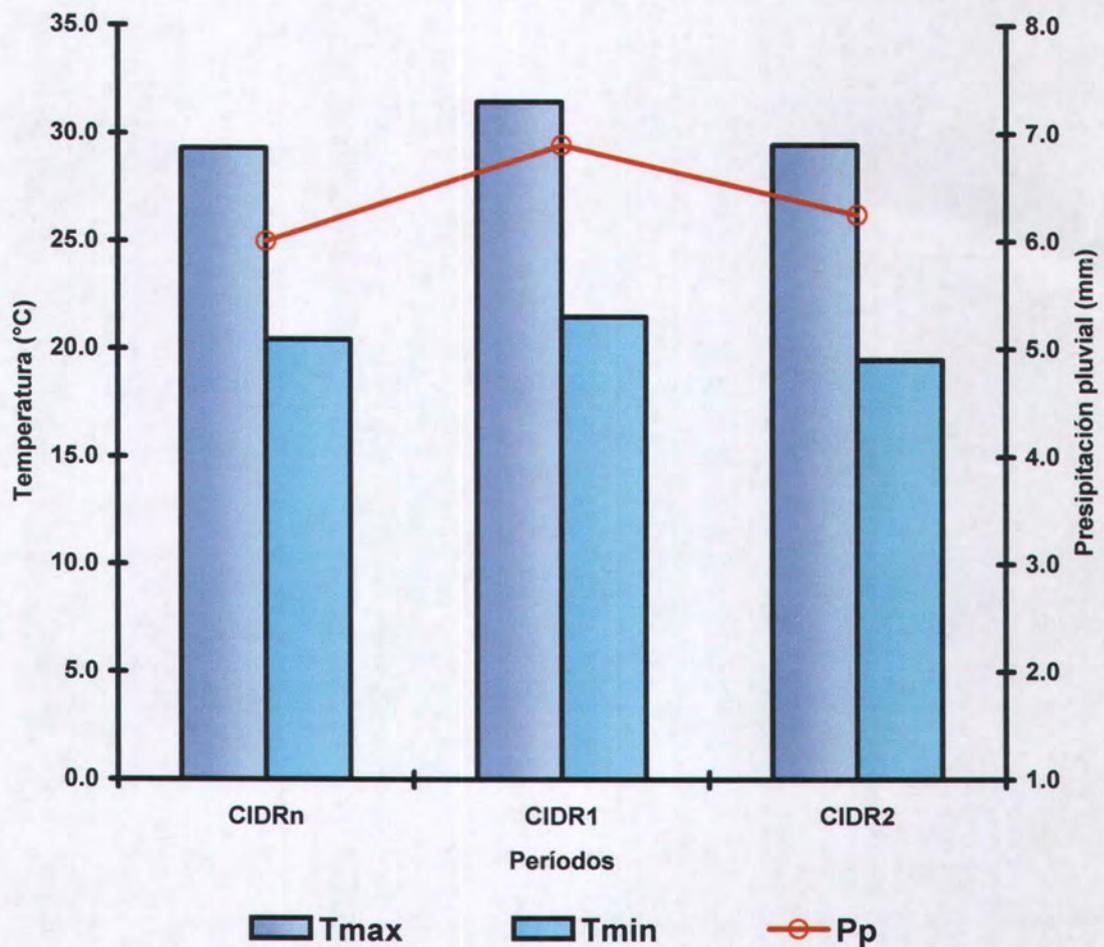


Figura 1. Promedios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$ = máxima y mínima) y precipitación pluvial (mm) que se presentaron en cada período de sincronización.

No se encontraron diferencias entre períodos ($P > 0.05$).

CIDR_n = Tratamiento testigo (CIDR nuevo).

CIDR₁ = Tratamiento 1 (CIDR de primera reutilización).

CIDR₂ = Tratamiento 2 (CIDR de segunda reutilización).

T_{max} = Temperatura máxima.

T_{min} = Temperatura mínima.

P_p = Precipitación pluvial.

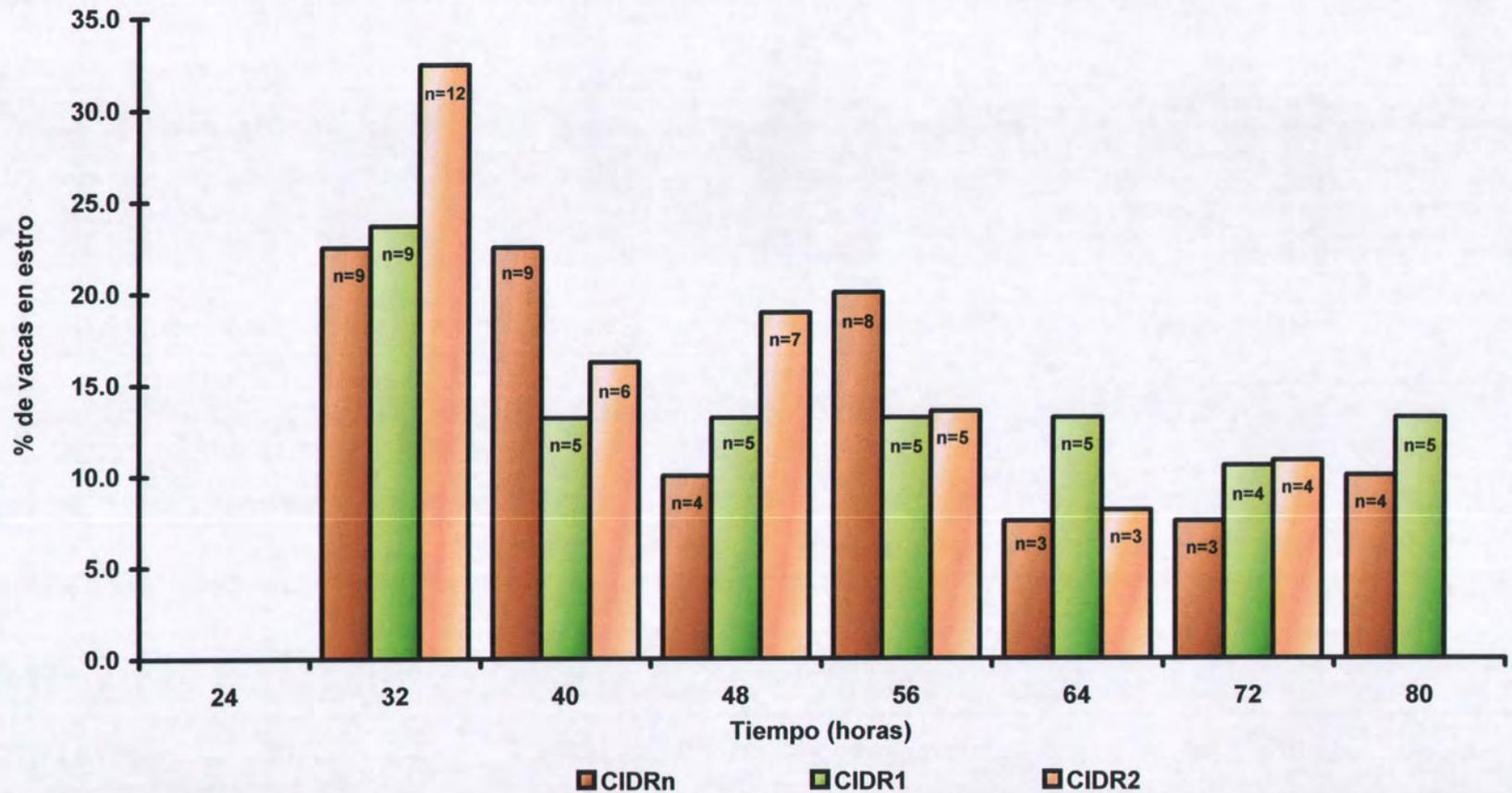


Figura 2. Porcentaje de vacas que iniciaron el estro a diferentes horas después de retirado el CIDR.

No se encontraron diferencias entre tratamientos para cada período de detección de estros ($P > 0.05$).

CIDR_n = Tratamiento testigo (CIDR nuevo n = 40).

CIDR₁ = Tratamiento 1 (CIDR de primera reutilización n = 38).

CIDR₂ = Tratamiento 2 (CIDR de segunda reutilización n = 37).

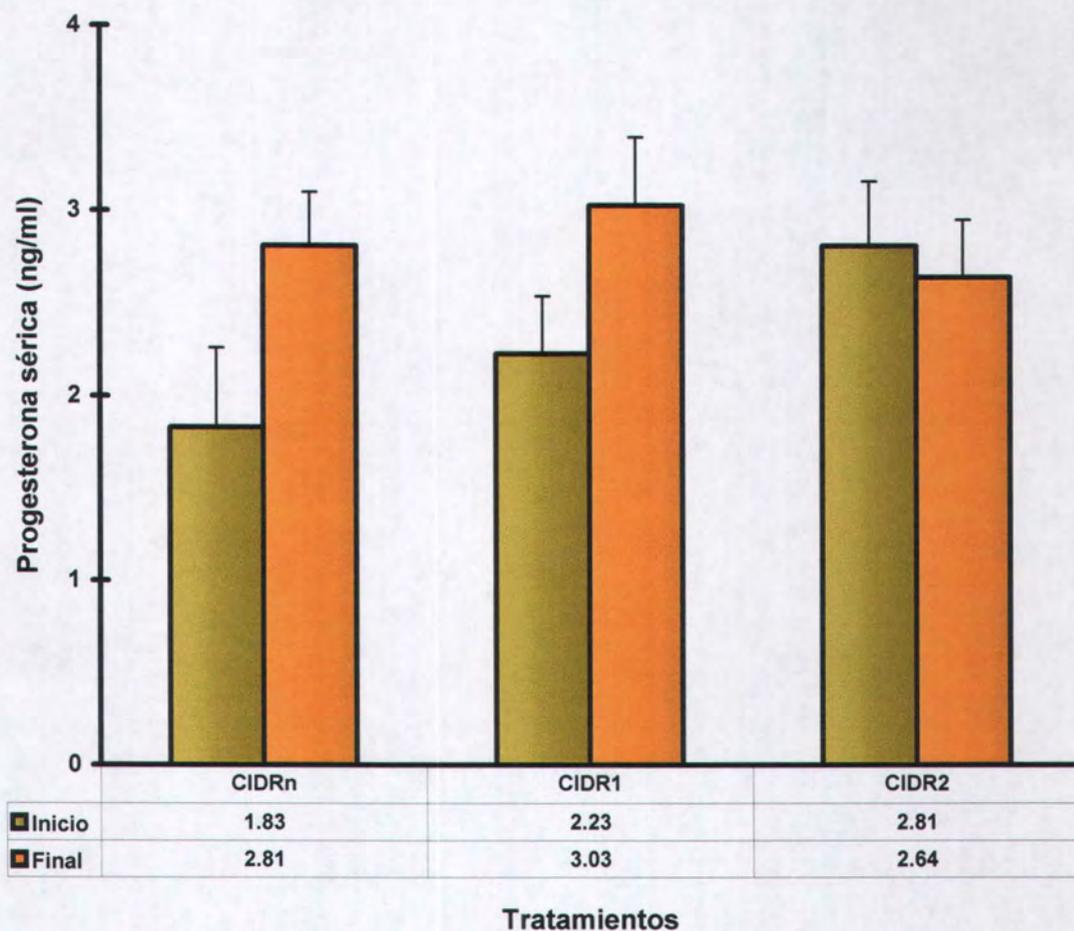


Figura 3. Promedio (\pm error estándar) de la concentración sérica de progesterona (ng/ml) al inicio y final del período de sincronización en cada tratamiento.

CIDR_n= Tratamiento testigo (CIDR nuevo n= 44).

CIDR₁= Tratamiento 1 (CIDR de primera reutilización n= 43).

CIDR₂= Tratamiento 2 (CIDR de segunda reutilización n= 42).

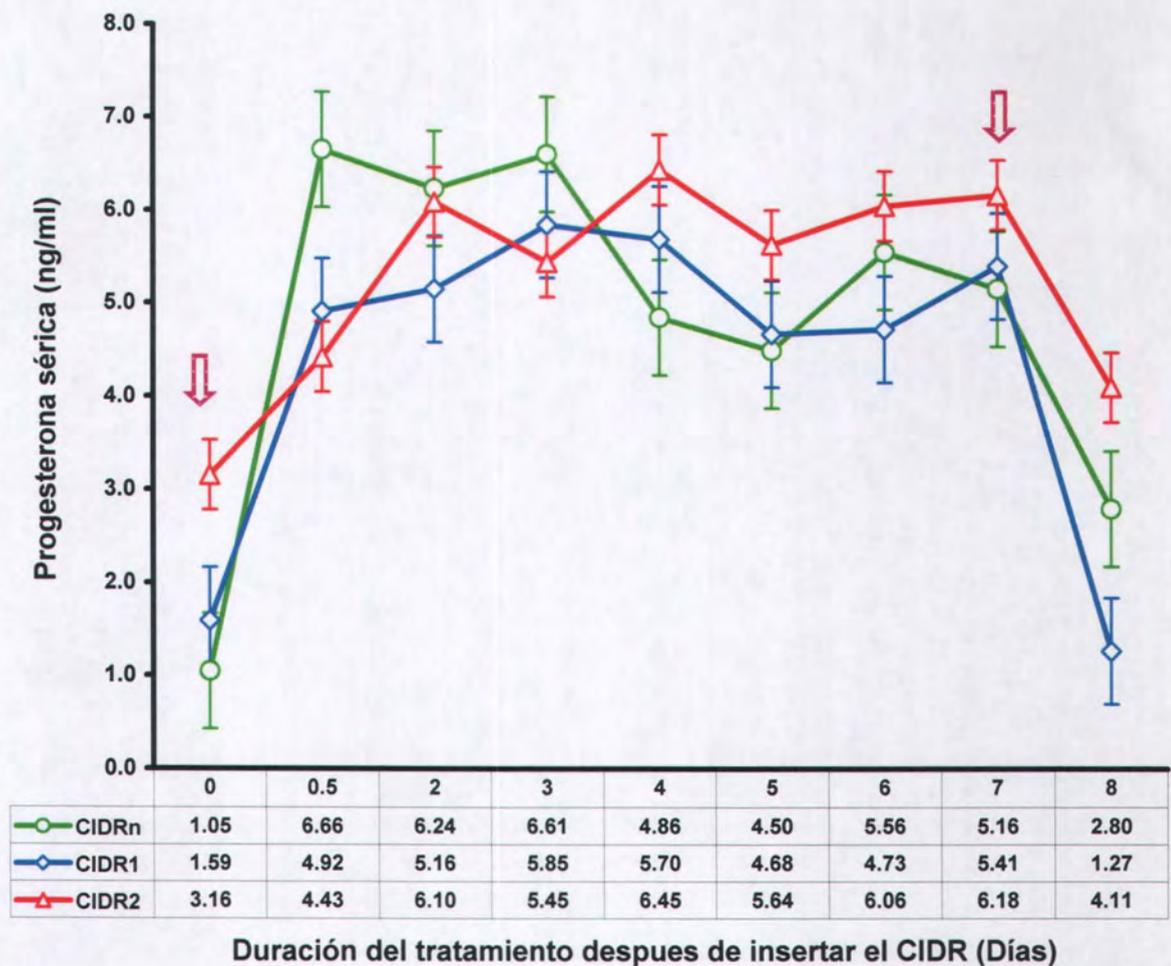


Figura 4. Promedio (\pm error estándar) de las concentraciones séricas de progesterona (ng/ml) en las vacas modelo después de insertar el CIDR correspondiente a cada tratamiento.

No se encontraron diferencias dentro y entre tratamientos ($P > 0.05$).

La flecha indica inserción y retiro del CIDR.

CIDR_n = Tratamiento testigo (CIDR nuevo n = 5)

CIDR₁ = Tratamiento 1 (CIDR de primera reutilización n = 5)

CIDR₂ = Tratamiento 2 (CIDR de segunda reutilización n = 5)