

01669



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA PROGESTERONA NATURAL CON Y SIN ESTRADIOL, SOBRE LA PRESENTACION DE CELO, OVULACION Y GESTACION EN ANIMALES TIPO *Bos indicus* EN EL TROPICO MEXICANO.

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL:
REPRODUCCION

PRESENTADA POR:
MVZ. MARIA SOLEDAD DIAZ GONZALEZ



282907

DIRECTOR DE TESIS:
MVZ. PhD. CARLOS S. GALINA HIDALGO
MVZ. MPA. HECTOR BASURTO CAMBEROS

MEXICO, D.F.

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por la beca que me otorgo para la realización de mis estudios de posgrado.

Al **Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT)**, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, por todas las facilidades que me proporcionaron para que fuera posible realizar la fase de campo del trabajo de tesis.

A mis asesores de tesis **MVZ. PhD. Carlos Galina Hidalgo** y **MVZ. MPA. Héctor Basurto Camberos** por toda la ayuda que me dieron para que el presente trabajo pudiera culminarse y permitirme aprender de ellos.

Al **Dr. Pedro Ochoa Galván** por su desinteresada asesoría en el análisis estadístico de los datos y todas sus valiosas enseñanzas

A las **MVZ. Susana Rojas Maya** y **Clara Murcia Rodríguez**, por su inapreciable colaboración durante el análisis de las muestras para las determinaciones hormonales.

A los **MVZ. Jesús León Sánchez, Miguel Alonso Díaz** y **Rafael Terrones Sánchez** por el gran apoyo y compañerismo que me demostraron durante la fase de campo del trabajo de tesis.

A **Don Javi, Javi y Temo**, personal de campo del modulo de ganado de carne **La Soledad** perteneciente al CEIEGT, por toda la ayuda y amistad que me proporcionaron durante mi estancia en Martínez de la Torre.

A las **MVZ. MPA. Lucía Rangel Porta** y **Arantzazu Lassala Irueste**, por sus oportunas correcciones a la redacción del trabajo y la amistad apoyo y comprensión que siempre me han demostrado.

A mi tutor académico el **MVZ. MPA. Alberto Bálcazar Sánchez**, por toda la orientación que siempre me proporciono.

A todos los compañeros integrantes de la **Secretaría de la Investigación** de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su gran sentido de colaboración y amistad.

Al **personal académico, administrativo y manual** de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, que de muchas maneras me impulsaron durante mis estudios.

Al **departamento de reproducción animal** de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A los miembros de mi jurado **Dr. Luis Alberto Zarco Quintero, Dr. Joel Hernández Cerón, Dra. Adriana Saharrea Medina, Dr. Carlos Galina Hidalgo** y **Dra. Rosa María Páramo Ramírez**, por la acertada revisión hecha a la tesis.

DEDICATORIA

A mis padres: Sra. Ma De los Angeles González Reyes.
Sr. Antonio Díaz Gómez.

A mis hermanos: Hortensia, Sara, Elia, Lucía, Antonio, Ma. De los Angeles, Eduardo, Virginia, Tito y Carmen.

A todos **mis sobrinos.**

A la memoria del **Sr. Feliciano Santiago Jiménez.**

A mis tías Ma. Belia y Ma. De los Angeles R. Palacios.

A todos mis amigos de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (**EMVZ-UABJO**) y de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (**FMVZ-UNAM**).

A **Grizzly.**

INDICE

TITULO		i
RESUMEN		ii
CAPITULO I	Introducción	1
1.0	Revisión de literatura	5
1.0.0	Uso de progesterona ó progestágenos exógenos	5
1.0.1	Control de la luteólisis	9
1.0.2	Restricciones encontradas durante el uso de tratamientos para la sincronización de estros	12
1.0.3	Tratamientos tendientes a tratar de solucionar los problemas encontrados con la sincronización de estros	15
1.0.4	El periodo postparto	19
1.0.5	Factores que afectan el inicio de la actividad ovárica postparto	21
1.0.6	Tratamientos hormonales para tratar de disminuir el periodo de anestro postparto	23
1.0.7	Principios básicos de ultrasonografía	29
1.0.8	Imagen de las estructuras ováricas	30
1.0.9	Estudio de la dinámica folicular durante el ciclo estral	31
1.1	Hipótesis y objetivos	34
CAPITULO II	Material y métodos	36
2.0	Localización	36
2.1	Animales experimentales	36
2.2	Manejo general	38
2.3	Grupos experimentales	38
2.4	Procedimiento experimental	39
2.5	Análisis estadístico del experimento 1	43
2.6	Análisis estadístico del experimento 2	45
2.7	Análisis estadístico de los experimentos 1 y 2	49
CAPITULO III	Resultados	50
3.0	Resultados del experimento 1	50
3.1	Resultados del experimento 2	52
CAPITULO IV	Discusión	55
4.0	Discusión del experimento 1	55
4.1	Discusión del experimento 2	63
4.2	Discusión general	71
CAPITULO V	Conclusiones	76
CAPITULO VI	Literatura citada	77
CAPITULO VII	Anexos	95
	Cuadros y figuras	

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1** Características de los animales utilizados en el experimento 1
- Cuadro 2** Cronología de las actividades realizadas en las novillas del experimento 2
- Cuadro 3** Condiciones previas al estudio y distribución de los animales en los grupos (experimento 1)
- Cuadro 4** Condición corporal previa y ganancia o pérdida de peso durante el estudio (experimento 1)
- Cuadro 5** Porcentajes de celos y ovulaciones de las vacas (experimento 1)
- Cuadro 6** Porcentajes de gestaciones de las vacas (experimento 1)
- Cuadro 7** Porcentajes de estros, ovulaciones y gestaciones de las vacas, con relación a las características previas al estudio (experimento 1)
- Cuadro 8** Porcentajes de estros, ovulaciones y gestaciones de las vacas, con relación a la condición corporal y la ganancia ó pérdida de peso (experimento 1)
- Cuadro 9** Estado reproductivo de las vacas después de ser expuestas a 90 días de empadre (experimento 1)
- Cuadro 10** Ganancias de peso de las novillas durante el tratamiento (experimento 2)
- Cuadro 11** Porcentajes de celos y ovulaciones en las novillas (experimento 2)
- Cuadro 12** Número de horas del retiro del CIDR-B a la presentación de celo, del celo a la inseminación artificial y del retiro del CIDR-B a la inseminación artificial (experimento 2)
- Cuadro 13** Estado ovárico de las novillas antes del tratamiento y al retirar el CIDR-B (experimento 2)
- Cuadro 14** Porcentajes de gestaciones en las novillas (experimento 2)
- Cuadro 15** Número de folículos totales por categoría (experimento 2)
- Cuadro 16** Número de folículos por categoría durante los tres periodos del estudio (experimento 2)
- Cuadro 17** Número de folículos por categoría durante el periodo CIDR-B colocado (experimento 2)
- Cuadro 18** Niveles promedio de progesterona sérica con el CIDR-B colocado (experimento 2)
- Cuadro 19** Número de folículos por categoría durante el periodo previo a la inserción del CIDR-B (experimento 2)
- Cuadro 20** Número de folículos por categoría durante el periodo CIDR-B colocado (experimento 2)
- Cuadro 21** Número de folículos por categoría durante el periodo posterior al retiro del CIDR-B (experimento 2)
- Cuadro 22** Porcentajes de estros, ovulaciones y gestaciones durante 90 días en las vacas y novillas (experimentos 1 y 2)
- Cuadro 23** Porcentajes de gestación durante diferentes periodos en las vacas y novillas (experimentos 1 y 2)
- Cuadro 24** Número y porcentajes de vacas y novillas en anestro ó ciclando, antes y después del tratamiento (experimentos 1 y 2)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Tratamiento de sincronización con GnRH y PGF2 α
- Figura 2** Pesos de las vacas utilizadas en el experimento 1
- Figura 3** Gestación acumulada durante 90 días en las vacas del experimento 1
- Figura 4** Gestación acumulada durante 90 días en las novillas del experimento 2
- Figura 5** Número de folículos por categoría, en las novillas del grupo sin tratamiento durante el periodo CIDR-B colocado (experimento 2)
- Figura 6** Número de folículos por categoría, en las novillas del grupo CIDR-B-E durante el periodo CIDR-B colocado (experimento 2)
- Figura 7** Número de folículos por categoría, en las novillas del grupo CIDR-B+E durante el periodo CIDR-B colocado (experimento 2)

Díaz González María Soledad: EFECTO DE LA PROGESTERONA NATURAL CON Y SIN ESTRADIOL SOBRE LA PRESENTACIÓN DE CELO, OVULACIÓN Y GESTACIÓN EN ANIMALES TIPO *Bos indicus* EN EL TROPICO MEXICANO. (Bajo la dirección del MVZ. PhD. Carlos S. Galina Hidalgo y MVZ. MPA. Héctor Basurto Camberos).

RESUMEN

Se evaluó el efecto de un dispositivo intravaginal que contiene 1.9 g de progesterona y una cápsula de 10 mg de benzoato de estradiol (BE) (CIDR-B®), seguido o no de la aplicación intramuscular de BE a las 24 horas de retirado el dispositivo y se observó el porcentaje de estro, ovulación, gestación y población folicular. Se utilizaron 122 vacas (experimento 1) y 30 novillas (experimento 2) tipo *Bos indicus*, que fueron asignadas aleatoriamente a tres grupos: **Grupo ST:** 20 vacas y 10 novillas sin tratamiento; **Grupo CIDR-B-E:** 51 vacas y 10 novillas con un dispositivo por 10 ó 13 días respectivamente; y **Grupo CIDR-B+E:** 51 vacas y 10 novillas con un dispositivo por 10 ó 13 días, además de una inyección de 1 ó 2 mg de BE. Los animales fueron observados para detectar conducta estral durante 96 horas posteriores al retiro del CIDR-B y a los 17 a 24 días postservicio durante un periodo de 90 días. Las que presentaron estro entre los días 0 a 47 fueron servidas por I.A. y las que lo presentaron del 48 al 90 por monta natural. Se tomaron muestras sanguíneas para medir niveles de progesterona para corroborar ovulación y actividad ovárica. El diagnóstico de gestación se realizó por palpación rectal y ultrasonografía. Las variables categóricas se analizaron mediante la prueba exacta de Fisher y prueba de Z para proporciones y las continuas mediante t de Student, ANDEVA y ANDEVA para mediciones repetidas.

En ambos experimentos el **grupo CIDR-B+E** presentó un alto porcentaje de estro 92.2 y 90.0% para vacas y novillas, siendo diferente ($p < 0.05$) a los **grupos CIDR-B-E** (60.8 y 50.0%) y **ST** (35.0 y 0.0%). En cuanto a ovulación no hubo diferencias entre grupos ($p > 0.05$), aunque el **grupo CIDR-B-E** presentó mejores porcentajes 51.6 y 60.0% contra 28.6 y 30.0% del **grupo ST** y 36.2 y 30.0% del **grupo CIDR-B+E**. La gestación global durante 90 días fue de 25.4% en el experimento 1 y 56.7% en el experimento 2 ($P < 0.05$). A pesar de que las gestaciones obtenidas durante el periodo de 0-5 días de retirado el CIDR-B y los consecuentes cuatro ciclos estrales no mostraron diferencia estadística ($p > 0.05$), se observó que en todos los grupos ocurrieron en lapsos cercanos al tratamiento ya que en los dos experimentos un 83.8% y un 82.3% correspondieron a los 0-5 días del retiro del CIDR-B y a los dos siguientes ciclos estrales. Del estudio se concluye que el estradiol (1 ó 2 mg) indujo la presencia de un mayor número de animales en celo; sin embargo, esto no se tradujo en un mejor índice de ovulación y gestación, aunque habría que considerar otros factores que influyeron en los resultados como la nutrición y el amamantamiento. Además, de que el programa de sincronización favoreció el inicio de la actividad ovárica de un modo directo (efecto hormonal) e indirecto (bioestimulación).

Palabras clave: CIDR-B, PROGESTERONA NATURAL, BENZOATO DE ESTRADIOL, PRESENTACIÓN DE CELO.

Díaz González María Soledad: Effect of natural progesterone with and without estradiol on the overt signs of oestrus, ovulation and pregnancy in *Bos indicus* cows raised under tropical conditions (supervised by MVZ PhD. Carlos Galina Hidalgo and MVZ MPA. Héctor Basurto Camberos).

Abstract

The effect of an intravaginal device containing 1.9g of progesterone and one capsule of 10 mg of estradiol benzoate (EB) (**CIDR-B®**) was evaluated in *Bos indicus* cattle. Upon withdrawal, calculations towards estrous rate, ovulation, pregnancy and follicular population were considered. 122 *Bos indicus* cows (experiment 1) and 30 heifers (experiment 2) were used and randomly divided in three groups: **Group ST**: 20 cows and 10 heifers without treatment, group **CIDR-B-E**: 51 cows and 10 heifers with the device withdrawn at 10 or 13 days respectively (**CIDR-B+E**). Finally, 51 cows and 10 heifers with the device withdrawn at 10 or 13 days respectively plus an injection of 1 or 2 mg of EB for cows and heifers respectively.

The animals were observed for oestrus detection during 96 hours continuously after CIDR-B removal. Afterwards, starting at day 17 the animals were observed twice daily for one hour each period until 90 days. The cows that showed oestrus between 0 to 47 days were artificially inseminated and open cows in oestrus between 48 to 90 days post CIDR-B withdrawal were placed with a bull. Blood samples were collected for progesterone evaluation to confirm ovulation and ovarian activity. Pregnancy diagnosis was carried out via rectal palpation and ultrasonography. Discrete variables were analysed using the exact Fisher test and test for two proportions. Continuous variables were analysed by Student t test, ANOVA and ANOVA using repeated measurements.

In both experiments the group **CIDR-B+E** showed a high rate of oestrus 92.2 and 90.0% for cows and heifers respectively and was different ($p < 0.05$) to **CIDR-B-E** (60.8 and 50.0%) and **ST** (35.0 and 0.0%). In relation to ovulation, no significant difference was found between groups ($p > 0.05$). However, **CIDR-B-E** showed better rates 51.6 and 60.0% than **ST** group 28.6 and 30.0% and **CIDR-B+E** group 36.2 and 30.0%. Global pregnancy during 90 days was 25.4% in experiment 1 and 56.7 in experiment 2 ($p < 0.05$). However, pregnancies obtained during the 0-5 days of CIDR-B withdrawal and the next four oestrus cycles were not significantly different in the three groups ($p > 0.05$). Nonetheless, 83.8% and 82.3% of the pregnancies concur in the first five days after withdrawal and the next two cycles.

Therefore it can be concluded that the oestradiol injection induced the presence of high number of animals in oestrus, but the ovulation rate and pregnancy rate was not improved. However, others factors influence in the results such as nutrition and suckling. In addition the synchronisation programme favoured ovarian activity either directly (hormonal effect) or indirectly (bioestimulation).

Key Words: CIDR-B, NATURAL PROGESTERONE, OESTRADIOL BENZOATE, OESTRUS PRESENTATION.

CAPITULO I. INTRODUCCION

El trópico mexicano tiene un gran potencial para el desarrollo pecuario (Román 1981; Galina y Russell 1987); sin embargo, la eficiencia de los sistemas tradicionales de producción indica que los recursos no se utilizan adecuadamente, ya que los índices productivos y reproductivos son bajos. En una revisión sobre la eficiencia reproductiva de los bovinos en México se obtuvieron promedios de 447 días en el intervalo entre partos, 34.7 meses de edad al primer parto, así como 3.4 partos en la vida productiva de los vientres y 45 a 55% becerros destetados (Anta *et al.* 1989).

El ganado predominante es del género *Bos indicus* (Cebú), debido a su mayor adaptabilidad a las condiciones climáticas y mejor aprovechamiento de los pastos tropicales. No obstante, se ha encontrado que este ganado tiene un anestro postparto prolongado el cual, aunado a la deficiente detección de estros, representa uno de los problemas más comunes en estos animales (Escobar, 1980).

Se ha observado que el estro de la vaca es relativamente corto, comparándolo con el de otras especies y por lo tanto no siempre puede ser detectado. Anteriormente se mencionaba una duración promedio de 18 horas, con rangos de entre 6 y 30 horas (Hurnik *et al.* 1975). Sin embargo, en estudios realizados con métodos más precisos, como grabaciones de video, se ha encontrado que entre la primera aceptación de monta y la última hay un lapso de entre 7, 9 ó hasta 12 horas (Gatica, 1998). Además, se han demostrado marcadas diferencias en la fisiología reproductiva entre el ganado *Bos taurus* y el *Bos indicus* que repercuten en el comportamiento sexual, ya que este último tiene celos poco manifiestos y de corta duración (Galina y Arthur 1990). Por ejemplo, en las novillas de la raza Brahman se observa una duración del celo de 6.7 ± 0.78 horas (Plasse *et al.* 1970) y en vacas Indobrasil de 15 ± 6.0 horas. (Vaca 1982; Orihuela 1985).

La falla en el diagnóstico de estros, puede deberse a problemas de manejo ya que aun cuando las vacas se encuentran ciclando no son observadas, lo cual se denomina falso anestro o anestro post-servicio, o bien a que verdaderamente no están ciclando, esto se conoce como anestro verdadero o anestro pre-servicio, siendo la causa principal una nutrición deficiente (Gatica, 1998). Se ha encontrado, que los animales reinician la

actividad ovárica aproximadamente a los 100 días postparto (Anta *et al.* 1989) sin embargo, existen serias limitantes en cuanto a la observación de los signos de celo, hecho que ha dificultado el uso de la inseminación artificial en el ganado cebú y más aún en explotaciones extensivas, siendo causas importantes de baja eficiencia reproductiva (Boyd, 1974). Aunado a esto, la detección de estros se dificulta en ciertas épocas del año, Lamothe *et al.* (1991) evaluaron la influencia estacional sobre la conducta estral y ciclicidad en ganado cebú encontrando que un 43.7% de las vacas en época de lluvias y 65.7% en época de secas, no mostraron conducta de celo, a pesar de haberse detectado un cuerpo lúteo por palpación rectal. Dawuda *et al.* (1989) también encontraron en vacas cebú una incidencia de 29.4% de ovulaciones sin manifestación de estro.

Para solucionar este problema se ha propuesto la utilización de tratamientos hormonales, desarrollando diferentes esquemas tendientes a mejorar el número de animales que son detectados en celo. Así, la sincronización de estros, tiene como objetivo principal el inducir y agrupar la manifestación del celo durante un periodo de tiempo preestablecido de corta duración, obteniéndose las siguientes ventajas: disminuir la mano de obra, optimizar el uso de la inseminación artificial y transferencia de embriones, programar épocas de empadre definidas, sincronizar los partos, aumentar el número de vaquillas gestantes de manera precoz e inducir la actividad ovárica en las hembras con anestro postparto prolongado (Basurto, 1997).

Para comprender como funcionan los métodos de sincronización es necesario entender que los cambios endocrinos que ocurren durante el ciclo estral involucran interacciones entre hormonas liberadas por el hipotálamo, hipófisis anterior, ovario y útero. Cada ciclo puede ser dividido en una fase folicular y en una fase lútea la primera comienza con el proestro el cual antecede al estro y concluye con la ovulación. La fase lútea comprende el metaestro seguido por el diestro finalizando con la luteólisis (Roche *et al.* 1992).

La hormona luteinizante (LH) es importante en estos eventos y es regulada, durante la mayor parte del ciclo estral, por estradiol y progesterona que ejercen sobre ella un efecto de retroalimentación negativa, sin embargo, al ocurrir la regresión del cuerpo lúteo declinan los niveles de progesterona y la influencia de retroalimentación negativa se pierde,

permitiendo que la LH sea liberada; esto ocurre en forma de pulsos que varían en amplitud y frecuencia, incrementándose lentamente los niveles de esta hormona para provocar el crecimiento folicular. Una vez, maduros los folículos la cantidad de estrógenos aumenta e induce a la hipófisis a producir una oleada pre-ovulatoria de LH, en este punto del ciclo, el estradiol cambia de un signo negativo a una retroalimentación positiva (Milvae *et al.* 1996)

Los métodos principales para la sincronización son retrasar el estro por medio de la administración de progesterona o progestágenos, los cuales imitan la función del cuerpo lúteo, o acelerar el inicio del estro causando regresión prematura del cuerpo lúteo, utilizando agentes luteolíticos como la prostaglandina F₂α (PGF₂α) o sus análogos sintéticos (Peters, 1986). Los dos métodos de sincronización presentan algunas desventajas como la variabilidad en el inicio de los signos de estro, la cual en caso de utilizar progesterona o progestágenos, es debida a una variación en la tasa de desarrollo folicular después de que los niveles hormonales declinan al retirar el tratamiento (Macmillan y Peterson 1993). Cuando se opta por utilizar PGF₂α el grado de sincronía depende del estado del ciclo al momento de producirse la luteólisis (King *et al.* 1982).

Otro problema observado, en el caso específico del uso de progesterona o progestágenos, es que si los tratamientos son aplicados en estados avanzados del ciclo estral puede producirse la persistencia del folículo dominante, lo que disminuye los porcentajes de fertilidad, pues en algunos casos estos folículos llegan a liberar ovocitos viejos ocasionando fallas en la fertilización (Beal *et al.* 1988).

El problema de persistencia folicular se ha observado cuando el tratamiento se hace con progestágenos sintéticos como por ejemplo, el Acetato de Melengestrol (MGA; 6 - methyl - 17 - alpha - acetoxy - 16 - methylene - pregn - 4, 6 - diene - 3, 20 - dione), utilizado por vía oral (Beal *et al.* 1990) y el norgestomet (17α-acetoxy-11β-methyl-19-norpreg-4-ene-20-dione), en implantes subcutáneos (Hoffman *et al.* 1995). De igual forma, con los dispositivos intravaginales que contienen progesterona natural (Lucy *et al.* 1990).

A pesar de este inconveniente, los dispositivos intravaginales liberadores de progesterona (PRID, Sanofi ltd., Francia) y los dispositivos de control interno liberador de drogas (CIDR, InterAg, New Zealand), constituyen una opción muy utilizada ya que presentan una serie de ventajas como son, un 98.8 % de retención en periodos de 4 a 12

días, fácil aplicación y retiro. Además, como contienen progesterona natural se pueden medir en sangre o leche los niveles hormonales que se alcanzan en diferentes momentos después de su colocación (Macmillan y Peterson 1993).

El CIDR-B es un producto de reciente introducción al mercado mexicano, su uso ha sido evaluado en programas de sincronización e inducción de estros en vacas con anestro postparto prolongado, obteniéndose buenos resultados (Macmillan *et al.* 1995). Además, se ha incluido en tratamientos acompañado de dosis bajas de estradiol, aplicadas al retiro de los dispositivos tratando de evitar la variación en el inicio de los signos de celo, lo que permite detectar un mayor número de animales ya que también el estro es más manifiesto. Asimismo, la adición de estradiol regula el lapso de vida de los folículos dominantes persistentes que llegan a establecerse (Hanlon *et al.* 1996).

Sin embargo la mayoría de estos estudios se han realizado en animales *Bos taurus*, por lo que existe la necesidad de realizar trabajos de campo y estudios básicos en el trópico mexicano, que explique la influencia de la aplicación del estradiol sobre la presentación del estro, desarrollo folicular, ovulación y gestación en ganado *Bos indicus* previamente sensibilizado con progesterona.

1.0 REVISION DE LITERATURA.

1.0.0 USO DE PROGESTERONA O PROGESTAGENOS EXÓGENOS.

La progesterona fue la primera hormona que se utilizó para el control del ciclo estral bovino (Lamond 1964; Gordon 1976), su uso ha evolucionado desde 1937, cuando Makepeace *et al.* Demostraron que las inyecciones de progesterona inhiben la ovulación en conejos, siendo hasta once años después que se probó la supresión del estro y control de la ovulación en bovinos (Christian y Casida 1948). Entre 1948 y 1951 esta hormona se uso en ovejas y cerdos encontrándose efectos similares, en estas especies el tratamiento consistió en administrarla diario por un periodo similar o mayor a un ciclo estral normal, ocurriendo el estro entre 2 y 6 días después de retirarse el tratamiento (Dutt y Casida 1948, Ulberg *et al.* 1951).

Trabajos posteriores demostraron que se podía hacer una regulación efectiva del ciclo estral con diversos tratamientos basados en inyecciones de progesterona, estrógenos y gonadotropinas. Sin embargo, aunque se lograba una buena sincronía del estro, los porcentajes de concepción de los animales servidos después de la misma eran bajos, además como estos métodos involucraban aplicaciones diarias no se adaptaron a las condiciones de campo (Knox *et al.* 1972; Sreenan 1975; Roche 1974).

Más adelante, los tratamientos de sincronización tuvieron importantes avances con el descubrimiento de que el estrógeno es luteolítico cuando se administra en etapas tempranas del ciclo estral (Wiltbank *et al.* 1961), así como con la caracterización del efecto luteolítico de Prostaglandina F₂α (PGF₂α), cuando se aplica después del día 4 del ciclo (Rowson *et al.* 1972) y además, con la reducción de los tratamientos de 18 a 21 días, a menos de 14 (Sreenan, 1975). De este modo, en un experimento que involucró a 150 novillas que se trataron con progesterona exógena por diferentes periodos se encontró que los porcentajes de concepción obtenidos con los tratamientos de 9 y 12 días fueron mejores a los de tratamientos de 18 y 21 días, aunque se observó que la manifestación del estro fue mejor en los dos últimos (Roche, 1974). Con lo anterior se estableció la administración conjunta de progesterona o un progestágeno, más un agente luteolítico como PGF₂α o estrógenos para disminuir la duración de los tratamientos a menos de 14 días, lo cual

anteriormente al usar solo el progestágeno, presentaba la desventaja de que si el tratamiento se administraba en etapas tempranas del ciclo estral, el cuerpo lúteo podía continuar funcional después del tratamiento y ocasionar fallas en la sincronización (Wiltbank y Kasson 1968). Actualmente hay una tendencia general para acortar la duración del tratamiento a 8 o 10 días; sin embargo en algunos trabajos se menciona que puede ser menor a 7 días (Ryan *et al.* 1995). Aunque la incorporación de dosis bajas de estradiol presenta esta ventaja, la sincronización y fertilidad tienden a ser variables, ya que el estradiol tiene diferentes efectos de acuerdo al momento del ciclo estral (Bo *et al.* 1995).

También, debe considerarse que el estradiol es parcialmente luteolítico y de lenta acción, sin embargo cuando se aplican en unión de los progestágenos al inicio del tratamiento regulan el lapso de vida del cuerpo lúteo en la mayoría de los animales y además tienen influencia sobre el desarrollo de la oleada folicular (Roche y Mihm 1997).

Cuando se aplica el estradiol como agente luteolítico, en combinación con el PRID o CIDR, es en una cápsula que contiene 10 mg de benzoato de estradiol (BE), la cual se adjunta a los dispositivos y cuando se utiliza un implante subcutáneo de Norgestomet, como una inyección de 5 mg de valerato de estradiol (VE), que va acompañada de 3 mg de Norgestomet, aplicándose al momento de insertar el implante (González *et al.* 1975).

Igualmente, se ha combinado con progesterona o progestágenos la PGF₂ α como luteolítico. Cuando en el alimento se proporciona MGA durante 7 días, se aplica una inyección de PGF₂ α 24 horas antes de suspender la administración del MGA en el alimento (Beal y Good 1986). En estos esquemas que combinan la PGF₂ α y progesterona o un progestágeno, es necesario esperar 6 a 7 días de suministro de éstas últimas, antes de aplicar la PGF₂ α buscando que este presente un cuerpo lúteo que responda, aunque el momento óptimo para inyectar la PGF antes de finalizar el tratamiento, todavía no está bien definido (Ryan *et al.* 1995). Por otra parte, se ha observado que las tasas de concepción de los animales tratados son similares a las encontradas en los grupos testigo, además se encontró que cuando los tratamientos se inician después del día 14, la fertilidad disminuye.

Aunque la progesterona se utiliza con frecuencia, se ha hecho poco énfasis en su utilidad para directa o indirectamente estimular actividad ovárica en los animales en anestro, aumentar los porcentajes de gestación y con esto reducir el intervalo entre partos

por medio de un incremento en el manejo reproductivo (Macmillan y Peterson 1993).

Las formas de administración de progesterona o sus análogos sintéticos son variadas e incluyen: la vía oral (Lamond 1964; Wiltbank y Kasson 1968; Peters 1986), intramuscular (Peters, 1986), subcutánea (Curl *et al.* 1968) e intravaginal (Carrick y Shelton 1967; Shimuzi *et al.* 1967)

Las formas sintéticas de progesterona, especialmente aquellas en las cuales la sustitución es en la posición 17, como acetato de medroxiprogesterona (MAP; 6-Methyl-17-acetoxyprogesterona) y acetato de chlormadionone (CAP; 6-chloro- Δ 6-dehydro-17-acetoxyprogesterona), son muy eficientes para sincronizar el estro, ya que al administrarse se observa que un porcentaje alto de los animales tratados muestra estro a los 3 a 6 días. Además, incrementan la utilidad práctica del control del ciclo estral ya que son administrados en forma oral. Sin embargo, las tasas de concepción en algunos grupos de vacas o novillas son menores a las obtenidas en los animales control (Beal, 1996).

Dentro de los progestágenos orales más usados está el acetato de melengestrol, cuya capacidad para controlar el estro y la ovulación es 300 a 900 veces superior a la del MAP además, se utiliza para mejorar la conversión alimenticia e inhibir el estro en novillas que se encuentran en engorda intensiva (Odde, 1990).

Cuando se utiliza MGA en un programa de sincronización, la duración del tratamiento puede variar entre 10 y 18 días, con dosis de 0.5 a 1 mg por cabeza por día, ocurriendo el estro 6 días después, en el 70% de los animales. Este porcentaje de sincronización es similar al que se encuentra en los animales testigo a los 21 días, sin embargo los porcentajes de gestación del ganado tratado, son 30% menores (Odde, 1990).

En cuanto a los progestágenos de uso subcutáneo existen dos productos, los cuales contienen Norgestomet que es un progestágeno de corto plazo. El tratamiento consiste en la aplicación del implante por 9 días, que además, de 6 mg de norgestomet contiene una inyección intramuscular de 5 mg de valerato estradiol (EV) y 3 mg de norgestomet que se aplican al momento de insertar el implante (González *et al.* 1975).

Por vía vaginal, se emplean dispositivos impregnados con progesterona. De los cuales hay dos productos disponibles: El dispositivo intravaginal liberador de progesterona (PRID, Sanofi ltd., Francia) y el dispositivo de control interno liberador de drogas (CIDR,

InterAg, New Zealand) (Roche 1976; Peters 1986; Macmillan y Peterson 1993).

El PRID, es una forma especializada de implante que se inserta por medio de un espéculo, dentro de la vagina de la vaca por un periodo de 7 a 12 días. Consta de una espiral de acero inoxidable cubierta con una capa de silicon inerte impregnada con 1.55 g de progesterona y una cápsula de gelatina que contiene 10 mg de benzoato de estradiol adjunta a la superficie interna de la espiral. El benzoato de estradiol contenido en la cápsula se absorbe rápidamente por los vasos sanguíneos de la pared vaginal y pasa a la circulación sistémica, teniendo la función de actuar como agente luteolítico (Roche 1976; Peters 1986). Como el PRID contiene progesterona natural, su efecto puede ser seguido midiendo las concentraciones de progesterona en el plasma sanguíneo o en la leche (Roche 1976; Sprott *et al.* 1984) y el objetivo es el de mantener concentraciones plasmáticas promedio de progesterona (CPP) arriba de 1.5 ng/ml con la finalidad de suprimir la liberación endógena de la hormona luteinizante (LH) lo que parece haberse alcanzado, sin embargo, se ha encontrado variación individual en las CPP entre los animales tratados (Roche *et al.* 1981; Macmillan *et al.* 1991).

El otro producto, CIDR se desarrolló conjuntamente entre el Centro de Investigación Agrícola de Rakura del Ministerio de Agricultura y Pesca de Nueva Zelanda y la División Agrícola del Centro Holt Harvey Plastic Products Ltd. , Ambos de Hamilton, Nueva Zelanda. Las pruebas de desarrollo comenzaron en 1981 y permitieron utilizar el CIDR tipo S (CIDR-S) en 1986 y CIDR tipo G (CIDR-G), en 1988 (Wheaton, 1993). Los CIDR contienen progesterona y pueden usarse en ovejas (CIDR-S; Hamra *et al.* 1986; Carlson *et al.* 1989), cabras (CIDR-G; Ritar *et al.* 1989), venados (Asher y Thompson 1989) y bovinos (CIDR-B, Macmillan *et al.* 1991).

Los CIDR, se desarrollaron al principio como una alternativa, al uso de las esponjas impregnadas de progesterona, ya que éstas presentaron el inconveniente de acumular moco sucio que se eliminaba al retirarlas. En contraste, las ventajas obtenidas con el CIDR, se relacionan con el diseño y el compuesto activo utilizado. El diseño del CIDR no permite la acumulación de moco y la incorporación de progesterona idéntica en estructura a la hormona natural no tiene restricciones para su utilización. Con relación al uso de los implantes subcutáneos, el CIDR presenta una mayor facilidad de aplicación por menor

manejo de los animales, ya que no se realiza la pequeña incisión que se requiere para aplicar y retirar los implantes (Macmillan y Peterson 1993).

El CIDR que se utiliza en bovinos (CIDR-B) tiene una columna central de nylon rodeada por un elastomero de silicon (Dow Corning 595) que contiene 1.9 g de progesterona, va acompañado de una cápsula que contiene 10 mg de benzoato de estradiol y un filamento de nylon sujeto al dispositivo para facilitar su retiro (Macmillan *et al.* 1991). El porcentaje de retención es en promedio de 99% en novillas, con un periodo de inserción de 4 a 15 días (Macmillan *et al.* 1988) y 98% en vacas lecheras tratadas por un lapso de 4 a 7 días (Macmillan y Peterson 1993).

1.0.1 CONTROL DE LA LUTEOLISIS

En varios trabajos de investigación se reportó que la $PGF2\alpha$ produce luteólisis y estro sincronizado (Rowson *et al.* 1972; Lauderdale 1972), ya que administrada durante la fase lútea, ocasiona luteólisis prematura y en consecuencia disminución de las concentraciones periféricas de progesterona, las cuáles decrecen bruscamente a las 6 horas, siendo menores a 1 ng/ml a las 24 (Hafs *et al.* 1975). Este evento es seguido, por un aumento en la secreción de gonadotropinas y 17β estradiol, que terminan en una oleada preovulatoria de LH y ovulación (Ireland y Roche 1982; Kesner *et al.* 1982; Schallenberg *et al.* 1984).

Cuando se administra una inyección intramuscular, igual o mayor a 25 mg de $PGF2\alpha$, dos aplicaciones de 5 y 10 mg separadas por 24 horas, o una sola infusión uterina de 5 mg, entre los días 5 a 21 del ciclo estral, ocurre regresión del cuerpo lúteo. Sin embargo, cuando los animales se tratan con dosis similares antes del día 5, no hay luteólisis consistente, por lo que se considera, que en general durante los primeros 4 días del ciclo, el ganado no responde a una inyección única de $PGF2\alpha$. Además hay reportes que indican que cuando se aplican 4 inyecciones de 25 mg cada una, a las novillas que se encuentran en los días 3 y 4 del ciclo, no hay regresión prematura del cuerpo lúteo y conducta estral (Beal, 1996)

Anteriormente se pensaba que después del día 4 del ciclo, todas las vacas responden

a una dosis luteolítica de $\text{PGF2}\alpha$, sin embargo, se ha demostrado variabilidad en la respuesta, ya que el ganado tratado con $\text{PGF2}\alpha$ entre los días 5 y 9 del ciclo responden en menor proporción que las inyectadas en etapas más avanzadas (King *et al.* 1982, Tanabe y Hahn 1984). Otros estudios corroboran el efecto del día de aplicación, sobre el porcentaje de ganado sincronizado, observándose que la respuesta es de 67% en las novillas tratadas entre el día 5 a 9 (diestro temprano), 77% cuando las novillas se tratan en los días 9 a 12 (diestro medio) y mayor a 91% entre las inyectadas después del día 12 (diestro tardío) (Beal, 1996).

Por otro lado, se ha observado una interacción entre la dosis utilizada y la etapa del ciclo al momento de la aplicación, ya que la mayoría de los animales muestran estro cuando se proporcionan dosis menores a 25 mg, en etapas avanzadas del ciclo, mientras que en fases tempranas se requieren dosis altas para producir respuesta (Berardinelli y Adair 1989 Cornwell *et al.* 1985).

Existe un método, en el cual se aplica una sola inyección de Prostaglandina, para sincronizar el estro en todos los animales. Primeramente se suministra MGA en el alimento, a una dosis de 0.5 mg por cabeza por día, durante 14 días; ocurriendo el estro entre los 2 y 6 días siguientes al último día del tratamiento. Sin embargo, como se ha encontrado que este estro es menos fértil debido a la formación de cuerpos lúteos con cavidades llenas de líquido (Fralix *et al.* 1996), es necesaria la aplicación de $\text{PGF2}\alpha$ 16 a 18 días después, ya que los animales sincronizados previamente con MGA deben encontrarse en los días 11 a 16 del ciclo estral, es decir, cuando se obtiene una mejor respuesta a $\text{PGF2}\alpha$ (Odde 1990, Zarco y Hernández 1997).

Esta forma de combinar un progestágeno y un luteolítico, se utiliza frecuentemente y ha funcionado bien en novillas de reemplazo en ganado de carne donde se tienen sistemas de alimentación especial y confinamiento. En un estudio donde se trataron 310 novillas para comparar el uso de $\text{MGA}+\text{PGF2}\alpha$ con el Sinchro-Mate-B (SMB), se encontró que las novillas alimentadas con MGA e inyectadas con $\text{PGF2}\alpha$ 17 días después, tuvieron una respuesta de estros más baja. Sin embargo, el porcentaje de concepción en los animales servidos 12 horas después del estro en este grupo, fue 28% más alto que en los del grupo

con SMB. Además, se observó un 57% de gestaciones en las novillas tratadas con MGA-PGF2 α y un 37% en las de SMB (Brown *et al.* 1988).

A pesar, de que en general la fertilidad obtenida con la sincronización por medio de prostaglandinas es buena, en la mayor parte de los estudios se ha encontrado que las tasas de concepción son similares entre las vacas y novillas sincronizadas y en aquellas servidas después de un celo natural. En un experimento que involucró a 3443 animales se reportó que las vacas o novillas que se inseminan a las 12 horas del estro sincronizado con PGF2 α tuvieron una tasa de concepción del 59% mientras que las vacas y novillas sin tratar alcanzan un 62% (Moody y Lauderdale 1977). Por lo tanto, se busca mejorar la metodología en la sincronización con esta droga, aunque por el momento no hay evidencia de poder aumentarse la respuesta de animales cíclicos, cuando se administra durante los días 1 a 4 (fase temprana) o 5 a 9 (mitad temprana) del ciclo, siendo una opción el tratamiento previo con progestágenos para controlar el estado del ciclo estral, antes del tratamiento con PGF2 α (Beal, 1996).

Por otra parte, cuando se utiliza un tratamiento con PGF2 α puede mejorarse la sincronía del estro y fertilidad, controlando el momento en que se induce la luteólisis, ya que se ha encontrado que cuando ocurre la regresión del cuerpo lúteo no se afecta la dinámica de las oleadas foliculares y en consecuencia el tiempo necesario para que se inicie el estro depende de la población folicular presente (Roche y Mihn 1997). Se ha caracterizado que sí hay un folículo dominante maduro presente, como sucede en los días 6-7 (primer folículo dominante) y 13-15 (segundo folículo dominante) del ciclo, el inicio del estro se observa a los 2 ó 3 días y que se presenta un retraso en su inicio, sí está emergiendo una oleada folicular o en proceso de selección, como ocurre entre los días 9 a 11. Aunque, las variaciones entre animales en cuanto al estado de crecimiento de los folículos pueden alterar el inicio del estro entre 2 a 5 días (Roche y Mihn 1997).

1.0.2 RESTRICCIONES ENCONTRADAS DURANTE EL USO DE TRATAMIENTOS PARA LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS.

Por medio de la sincronización de estros, se busca alcanzar una proporción alta de animales que comienzan a mostrar celo y ovulan durante un periodo específico al final del tratamiento, a las 48 horas del retiro de la progesterona o a las 72 horas en caso de haberse utilizado PGF2 α . Sin embargo, se ha encontrado variabilidad en el inicio de los signos de estro y en la fertilidad obtenida, atribuyéndose estos resultados a diversas causas.

En el caso de administración de progestágenos, se ha detectado que la fertilidad es menor en los animales tratados después del día 13 del ciclo estral (Ryan *et al.* 1995), por lo que por medio de ultrasonografía se ha hecho un seguimiento del folículo ovulatorio (Sirois y Fortune 1990) encontrándose que cuando se administra MGA al final del ciclo, además de retrasarse el estro y evitarse la ovulación se provoca el desarrollo de un folículo dominante que persiste en el ovario, durante el periodo de 7 días que dura el tratamiento, en el 80% de las vacas involucradas (Beal *et al.* 1990). En caso de que el folículo dominante persista, éste puede llegar a ovular por lo que declina la fertilidad a pesar de obtenerse una buena sincronía del estro, ya que se ha encontrado que cuando un folículo dominante de más de 8 días de edad ovula, libera un ovocito viejo o defectuoso (Mihm *et al.* 1994). Además, la persistencia del folículo dominante se acompaña de concentraciones elevadas de estradiol que están presentes en el plasma hasta por más de 7 días previos a la ovulación (Savio *et al.* 1993; Fortune 1993; Sánchez-Torres 1997). Este hecho, se ha observado también cuando se utilizan CIDR por 14 ó 15 días o Synchro-mate-B (SMB), al final del ciclo (Savio *et al.* 1993; Hoffman *et al.* 1995). En un estudio en el cual se trataron seis novillas con CIDR-B por 14 días, iniciando el tratamiento en el día 14 del ciclo, se determinó por medio de ultrasonografía, que el folículo dominante en los animales tratados fue más grande y estuvo presente durante más tiempo que en aquellos no tratados. Además se observó, que solo un 17% (1/6) de las novillas que ovularon un folículo persistente después del tratamiento, resultó gestante, y en contraste el 83% (5/6) del grupo control tuvo esa respuesta. (Stock y Fortune 1993).

Algunos estudios demuestran que los folículos persistentes se forman más

frecuentemente en las vacas que presentan concentraciones bajas de progesterona, porque no tienen un cuerpo lúteo en ese momento, por no estar ciclando o por haber luteólisis al inicio del tratamiento y en los animales con dispositivos intravaginales a los 3 a 4 días de inserción. Lo que produce un incremento en la frecuencia de los pulsos de LH, que estimulan el crecimiento continuo del folículo dominante, el que finalmente bloquea el desarrollo de un nuevo folículo (Roberson *et al.* 1989; Sirois y Fortune 1990; Roche y Mihn 1997).

En las vacas con persistencia folicular, se ha encontrado que los patrones de liberación de LH cambian de 1.6 pulsos cada 6 horas en el día 17 del ciclo estral, a 4.3 pulsos cada 6 horas, en el día 20. Este incremento en la frecuencia de pulsos es similar a los cambios observados después de la regresión natural del cuerpo lúteo en las vacas no tratadas (Custer *et al.* 1994).

Otros investigadores reportan que los pulsos de LH se incrementan cuando no hay un cuerpo lúteo durante la administración de un implante de norgestomet, la colocación de un CIDR o cuando se proporcionan 0.5 mg de MGA en el alimento diariamente, ya que los niveles de los progestágenos exógenos que se liberan a los pocos días son los adecuados para inhibir el estro y la ovulación, pero insuficientes para suprimir los pulsos de LH (Savio *et al.* 1993; Kojima *et al.* 1995; Sánchez *et al.* 1995). Por ejemplo, en un estudio en vaquillas Holstein que presentaban o no un cuerpo lúteo, se utilizó un CIDR-B como fuente de progesterona exógena y se encontró que un 66.6% de las que no tenían cuerpo lúteo tuvieron persistencia del folículo dominante y en aquellas que lo tenían solo un 16% los presentaron (Zarco y Hernández 1997).

Se ha encontrado un mayor porcentaje de concepción cuando los tratamientos coinciden con la presencia de un cuerpo lúteo y esto se debe, a que en estos animales, hay menos persistencia de los folículos ya que los niveles altos de progestágenos suprimen los pulsos de LH permitiendo que ocurran ondas continuas de crecimiento folicular durante el tratamiento. En estudios en los cuáles se han incrementado los niveles de progesterona exógena utilizando dos PRIDs en vez de uno, se ha encontrado que la frecuencia en los pulsos de LH es baja, aún después de la regresión del cuerpo lúteo (Roberson *et al.* 1989). Además, se ha demostrado, que implantando un Norgestomet nuevo o insertando un

segundo CIDR, a los 10 días del tratamiento inicial, se produce la regresión del folículo dominante persistente (Fortune, 1993). En vista de lo anterior, cuando se reduce el periodo de tratamiento con progesterona a 7 ó 9 días en vez de 14, 18, ó 21, se encuentra un incremento de la fertilidad, ya que hay menor probabilidad de que ocurra la regresión del cuerpo lúteo, por lo tanto el ciclo estral se prolonga en pocos animales y en consecuencia se desarrollan menos folículos persistentes (Roche y Mihm 1997).

La duración del tratamiento depende de la hormona(s) usadas, de modo que se recomienda una duración máxima de 12 días con el CIDR o PRID más la cápsula de estradiol y 10 días con él implante de Norgestomet, para mantener la fertilidad normal (Roche y Mihm 1997).

Por la problemática expuesta, los intentos para el control del estro y ovulación con progestágenos exógenos deben evitar el desarrollo de folículos dominantes persistentes, por lo que una opción es ocasionar el inicio de una nueva oleada de crecimiento folicular durante el periodo de administración. Con este propósito se utiliza la aplicación de GnRH, estradiol ó niveles altos de progestágenos, durante la etapa de desarrollo del folículo dominante ó después que este se ha establecido, para causar su regresión y permitir la emergencia de otra oleada folicular, tratando que ovule un folículo nuevo para aumentar la fertilidad (Bo *et al.* 1991; Anderson y Day 1994; Burke *et al.* 1994; Bodensteiner *et al.* 1996).

Además, cuando se utiliza progesterona o progestágenos para sincronizar el estro se ha encontrado variación en la tasa de desarrollo folicular después que los niveles hormonales declinan ya que el tiempo de maduración folicular y ovulación tienden a ser inconsistentes entre animales, lo cuál también puede causar disminución en la fertilidad (Savio *et al.* 1988).

En el caso de la sincronización del estro utilizando PGF2 α o sus análogos sintéticos, se ha visto que la eficiencia, se encuentra restringida por la pérdida de efectividad de estos compuestos a través del ciclo estral y a la variación en el tiempo promedio requerido para que ocurra el estro, el cuál es por lo regular de 60 a 72 horas, estas diferencias se deben en parte a desigualdad entre las vacas en el porcentaje de regresión del cuerpo lúteo y al estado del ciclo al momento de la aplicación. Por ejemplo, se ha visto que

el estro ocurre de 48 a 59 horas en promedio, cuando la prostaglandina se administra en el día 5 a 8 del ciclo estral. En contraste el tiempo promedio al estro es de 53 a 72 horas, si las novillas son tratadas entre los días 12 y 15. Por lo tanto el intervalo del tratamiento a la presentación del estro es influido por el tiempo necesario para el desarrollo de un folículo ovulatorio (King *et al.* 1982; Tanabe y Hahn 1984).

1.0.3 TRATAMIENTOS TENDIENTES A TRATAR DE SOLUCIONAR LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS CON LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS.

La variabilidad para la presentación del estro, se debe a que los primeros tratamientos para el control del ciclo estral no consideraron los patrones en oleadas del desarrollo folicular (Savio *et al.* 1988; Ginther *et al.* 1989) los cuáles se repiten cada 8 a 12 días durante el ciclo estral, así como antes de la pubertad, a los 10 días postparto, durante el anestro y en menor proporción durante los primeros 4 meses de gestación (Roche *et al.* 1992; Burke *et al.* 1994). Por lo que al ser alteradas, producen cambios en la duración del proestro subsecuente a la sincronización (Macmillan y Burke 1996).

Para lograr una mayor precisión en la sincronía del estro, se debe considerar el grado de desarrollo del folículo dominante al finalizar un tratamiento con progesterona o progestágenos o durante la luteólisis inducida usando PGF (Adams, 1994), ya que la idea es tener un folículo dominante, con un ovocito competente en todos los animales, por lo que se necesitan sincronizar las oleadas foliculares. Con esta finalidad se utilizan estradiol y progesterona, las cuáles en concentraciones altas, al inicio del tratamiento, suprimen a la FSH y LH haciendo que el folículo acompañante no se seleccione o que el folículo dominante sufra atresia terminando la oleada folicular produciendo la emergencia de una oleada nueva a los 3 a 5 días. Por lo tanto el estradiol aplicado al inicio del tratamiento tiene una función luteolítica y de sincronizar la oleada folicular (Adams 1994, Bo *et al.* 1996) En un estudio con más de 1000 vacas lecheras, se demostró, que la administración conjunta de progesterona y una dosis alta de estradiol por vía vaginal, afectan los patrones de sincronía del estro y la fertilidad. Se colocó un CIDR-B (Inter ag, Hamilton, NZ) por un periodo de 7 ó 12 días, acompañado o no, de la cápsula de gelatina con 10 mg de benzoato

de estradiol. La prueba se planeó de modo que el retiro del dispositivo se hiciera a los 20 ó 24 días de un estro precedente. Los animales se inseminaron a las 48 horas de retirar el dispositivo y a intervalos de 24 horas después de la detección del estro, encontrándose que el porcentaje de animales inseminados a las 48 horas disminuye, cuando el tratamiento es de 7 días, acompañado de estradiol (62% vs 29%) y que la respuesta se incrementa, cuando el esquema es de 12 días con estradiol (65% vs 75%). Cuando los datos se analizan sin considerar la duración del tratamiento, se encuentra que la inclusión de estradiol aumenta el porcentaje de gestación a primera inseminación de 48% a 56%. Por otro lado, el efecto de sincronía ó asincronía es menor cuando el retiro del dispositivo ocurre a los 23 ó 24 días del estro anterior, por lo que hay interacción del día y el tratamiento (Macmillan y Burke 1996). Estos datos indican que cuando el estradiol se usa en el diestro tardío, es menos efectivo cuando la luteólisis ocurre espontáneamente a las 48 horas, del inicio del tratamiento y produce una rápida disminución de las concentraciones de progesterona a las 24 horas, por lo que el efecto negativo inicial de progesterona y estradiol sobre la LH y FSH puede disminuir bajo estas circunstancias, pudiendo suspenderse la atresia del folículo dominante (Wehrman *et al.* 1993; Burke *et al.* 1996; Bergfeld *et al.* 1996).

Para ocasionar liberación de LH e inducción del folículo acompañante a luteinizarse o del folículo dominante a ovular, también se emplea GnRH o la buserelina (Hoechst, Ltd), que es un potente análogo de GnRH. Este tratamiento ocasiona la emergencia de una nueva oleada folicular después de 1 ó 2 días. Cuando se utiliza GnRH o un análogo, es necesaria la aplicación de PGF 6 ó 7 días después para producir luteólisis en caso de existir un cuerpo lúteo inducido por el GnRH. Cuando se administra este tratamiento en combinación con progesterona o un progestágeno, este puede acortarse por la emergencia rápida de un nuevo folículo, aunque el periodo debe ser por lo menos de 7 días para permitir a la PGF causar la regresión del cuerpo lúteo inducido (Twagiramundu *et al.* 1995; Bo *et al.* 1995; Bodensteiner *et al.* 1996).

Después de la sincronización del estro, se ha tratado también, de compactar la duración del proestro resultante, para lo cual se emplea la aplicación de estradiol, GnRH o gonadotropina coriónica humana (hCG) (Bo *et al.* 1991; Thatcher *et al.* 1993; Schmitt *et al.* 1996).

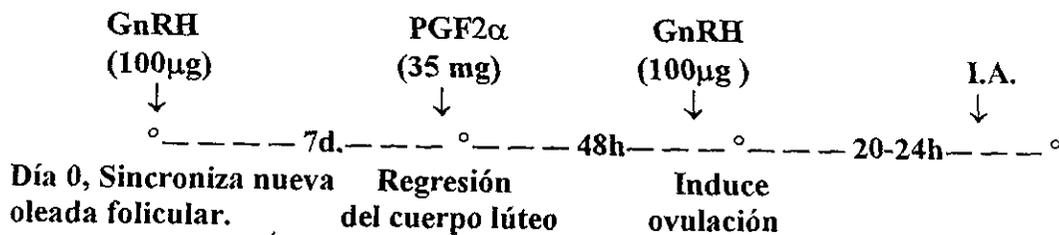
En caso de utilizarse la sincronización con progesterona o progestágenos exógenos, se puede tratar de producir una nueva oleada folicular con 17- β estradiol al retiro de la progesterona. El benzoato de estradiol en ausencia de la progesterona, tiene un efecto de retroalimentación positiva en la liberación de LH, por lo que después de aplicar el estradiol, se espera que ocurra un pico de LH y la conducta de estro en un lapso de 14 a 32 horas. Esto disminuye la variabilidad al pico de LH, que por lo regular sucede en las novillas sincronizadas, debido a los diferentes estados de desarrollo folicular encontrados al retirar la progesterona exógena (Hanlon *et al.* 1996). En algunos trabajos se encontró, que una sola dosis intramuscular de benzoato de estradiol aumenta significativamente la presentación de estros al retiro de la progesterona, pero en otros no se observaron diferencias. Se piensa que la variabilidad en la respuesta, se debe al tiempo en el que se aplica el estradiol con respecto al retiro de la progesterona y a la dosis usada (Anderson *et al.* 1982; Dailey *et al.* 1983). La respuesta también depende del desarrollo folicular, ya que si hay un folículo dominante en la fase meseta de crecimiento, existe mayor probabilidad de ocasionar un pico de LH y ovulación, que cuando el folículo dominante está en la fase de crecimiento (McDougall *et al.* 1994).

Otra forma de utilizar estradiol, es después de la sincronización del estro por medio de una doble aplicación de PGF 2α . Se inyectan 0.5 mg de benzoato de estradiol a las 28 horas de la segunda dosis de PGF, lo que reduce la variabilidad del intervalo entre el estro y el pico de LH. Sin embargo, en varias pruebas donde se utilizó estradiol de esta forma no se encontró incremento en los porcentajes de gestación (Nancarrow y Radford 1975). En otros experimentos donde el intervalo entre la inyección de PGF y estradiol fue de 44 y 48 horas, se observó una menor variación en la duración del proestro y además, no se alteró la fertilidad en inseminaciones posteriores a un estro detectado, sin embargo se necesitan estudios adicionales para esclarecer los aspectos del tiempo óptimo para la aplicación y la dosis de estradiol a utilizarse (Welch *et al.* 1975; Peters *et al.* 1977).

Un tratamiento alternativo consiste en el uso de GnRH o eCG y PGF 2α . El GnRH se administra 7 ó 9 días antes de inyectar PGF, de modo que el GnRH se emplea en vez de PGF como la primera inyección en un sistema de doble aplicación. Con este esquema, se realizaron tres experimentos con 695 novillas a las que se aplicó un análogo de GnRH, a los

7 días PGF2 α y posteriormente a las 24 ó 48 horas otra aplicación de GnRH, para mejorar la sincronía de la ovulación (Fig. 1). Cuando se inyectaron 8 μ g de Buserelina a las 24 horas, se observó un 35% de ciclos cortos, por ejemplo lapsos menores a 17 días, este porcentaje disminuye a 15% cuando el análogo se inyectó a las 48 horas y es de 6%, cuando en vez de Buserelina, se usan 3000 UI de Gonadotropina Coriónica Humana (hCG). En este caso, se concluyó que los porcentajes de fertilidad son mejores cuando la buserelina o HCG, se aplican a las 48 horas y a esto detectado (Schmitt *et al.* 1996). La primera inyección de GnRH tiene como finalidad sincronizar la oleada folicular y la segunda, controlar el momento de la ovulación (Thatcher *et al.* 1993; Twagiramungu *et al.* 1995)

Fig.1. Esquema de tratamiento para tratar de sincronizar la ovulación.



1.0.4 EL PERIODO POSTPARTO

Durante la última parte de la gestación y el postparto temprano, la hipófisis tiene una baja secreción de LH y FSH, debido a un efecto negativo causado por las altas concentraciones de estrógenos que se encuentran al final de la gestación. Aunque los niveles de GnRH están entre los rangos normales, la hipófisis es poco sensible a su estímulo para liberar LH (Williams, 1990). Esta disminución en la funcionalidad del hipotálamo e hipófisis es por un periodo de 10 a 20 días (Roche *et al.* 1992).

Sin embargo, los cambios endocrinos que suceden con el parto suprimen la retroalimentación negativa de los esteroides sobre las gonadotropinas, lo que permite al eje hipófisis - ovario reanudar su actividad cíclica normal. Entre la primera y segunda semana del periodo postparto (PP) hay una elevación en las concentraciones de FSH, este incremento tiene una duración de 2 a 3 días y es responsable de iniciar la emergencia de la primera oleada folicular y la selección del primer folículo dominante (Savio *et al.* 1990).

Por medio de estudios histológicos del ovario, se demostró que el crecimiento folicular inicia pronto después del parto (Wagner y Hansel 1969), actualmente con el desarrollo de ultrasonografía del ovario bovino y la posibilidad de medir niveles hormonales por radioinmunoensayo (RIA) es posible un seguimiento de los eventos del PP (Pierson y Ginther 1984).

Usando ultrasonografía se ha detectado que la primera oleada folicular en vacas de carne en amamantamiento, ocurre rápidamente después del parto, con formación del primer folículo dominante entre los 10 y 14 días (Murphy *et al.* 1990; Stagg *et al.* 1995). En el caso de vacas lecheras el tiempo promedio a la detección del primer folículo dominante es de 12 ± 8.9 días (Savio *et al.* 1990). El destino de este primer folículo se determina por la frecuencia de pulsos de LH, ya que el tiempo que se necesita para alcanzar una frecuencia adecuada de pulsos para que ocurra una ovulación, es variable y está bajo control directo de GnRH (Lamming *et al.* 1981; Roche *et al.* 1992).

En el caso de vacas lecheras, con una condición corporal (CC) aceptable al parto, el primer folículo dominante ovula en 70 a 80% de los casos y en contraste, las vacas de carne, en particular aquellas que se encuentran amamantando, tienen un periodo de anestro

postparto más largo. Además se ha determinado, que aún en las vacas que presentan un periodo de anestro postparto superior a 100 días, el reinicio del crecimiento folicular después del parto es rápido (Stagg *et al.* 1995), sin embargo, en estos casos la ovulación del primer folículo dominante es solo de 11%. De acuerdo a esto, un periodo de anestro prolongado se debe a fallas para ovular el folículo dominante y no a un retraso en su desarrollo (Murphy *et al.* 1990; Stagg *et al.* 1995).

Haciendo una comparación de los parámetros reproductivos entre vacas lecheras y de carne que se encontraban amamantando a sus crías en el PP temprano, se encontró que el primer incremento de FSH ocurre entre el día 7 y 17 y la emergencia de la primera oleada folicular es entre el día 10 y 20, en ambos tipos de ganado. En el caso de vacas lecheras un 78 a 80% ovulan el primer folículo dominante mientras que en vacas de carne solo ocurre en 10 a 35% de los casos, de igual modo el primer estro ocurre antes en ganado lechero (25 a 45 días), ya que en ganado de carne este periodo es de 30 a 130 días (Roche y Mihn 1997). En cuanto a los factores que regulan la frecuencia de los pulsos de LH, el nadir del balance energético y la condición corporal al momento del parto son importantes en ganado lechero y en ganado de carne, además de estos, influyen el amamantamiento y el vínculo materno-cría (Stagg *et al.* 1995; Williams y Griffith 1995).

Se ha encontrado, que en la mayoría de los casos, el anestro se debe a la presencia de folículos dominantes que no ovulan debido a concentraciones bajas de LH las cuales no estimulan la producción adecuada de estradiol por las células de la granulosa en el folículo (Roche *et al.* 1992; Jolly *et al.* 1995) y por lo tanto no hay estro ni producción de una oleada ovulatoria adecuada de LH (Rhodes *et al.* 1995).

En vista de lo anterior, es importante distinguir entre un ovario inactivo y uno activo, ya que puede haber desarrollo folicular sin maduración y/o ovulación (anestro profundo), desarrollo folicular con crecimiento, maduración y probable regresión del folículo dominante (anestro superficial), reinicio anormal de la actividad ovárica, caracterizado por crecimiento folicular, maduración y formación de C.L. pero ciclo estral de longitud anormal. (Lucy *et al.* 1991). Las vacas de carne en amamantamiento y las vacas lecheras alimentadas en pastoreo tienen mayor probabilidad de presentar anestro (Roche *et*

al. 1992), ya que la nutrición restringida es uno de los principales factores para que esto ocurra, especialmente en las razas *Bos indicus* (Jolly *et al.* 1995).

1.0.5 FACTORES QUE AFECTAN EL INICIO DE LA ACTIVIDAD OVARICA POSTPARTO.

El número de parto es importante, ya que existen diferencias entre vacas multíparas y novillas de primer parto. En las novillas la primera ovulación postparto es a los 112 días con rangos de 61 a 142 mientras que en las vacas sucede a los 46.1, con rangos de 40 a 57 días. El primer estro se observa en las novillas a los 89 días y en las vacas a los 74, encontrándose diferencias estadísticas entre ambos tipos de animales. En cuanto a la formación del primer folículo mayor de 14 mm, en las primíparas se observó que ocurría a los 69.8 ± 23.9 días y en las multíparas a los 33.6 ± 6.6 (Dimmick *et al.* 1991).

El reinicio rápido de la actividad ovárica es relevante, ya que la fertilidad posterior depende de la terminación de varios ciclos antes de la inseminación. (Perry *et al.* 1991). Un análisis de los patrones de actividad ovárica del parto al primer servicio, reveló que un 81% de las vacas que tuvieron dos ó más ciclos previos se gestan al primer servicio mientras que en vacas con un solo ciclo anterior solamente un 19%. Además, 61% de las vacas se gestaron cuando el ciclo previo fué de longitud normal (17 a 24 días) y sólo 37% cuando el ciclo fué menor a 17 días y únicamente 2% no mostró actividad ovárica antes del servicio, concluyéndose que este aumento en la fertilidad es debido a la duración de la exposición previa a progesterona (Cavestany, 1998).

También se ha demostrado que el amamantamiento así como la presencia del becerro, influyen sobre el reinicio de la actividad ovárica, causando supresión de la secreción de LH por efecto del vínculo materno - recién nacido (Williams y Griffith 1995). En un trabajo, se estableció que los estímulos olfatorios y visuales de la vaca y su propio becerro, son importantes para que el amamantamiento produzca una falta de ovulación (Silveira *et al.* 1993). El destete temprano o la restricción del amamantamiento tienen un efecto intenso para estimular el retorno a la ciclicidad, restaurando la vía Hipotálamo-

Hipófisis- Gónada y este es mayor si se proporciona una buena alimentación para aumentar la condición corporal (Williams, 1990).

En ganado de carne otro factor a considerar es la nutrición, ya que existe una relación importante con la fertilidad, sobre todo cuando se trabaja bajo condiciones de pastoreo, donde la disponibilidad de forrajes fluctúa estacionalmente, ya que depende de las condiciones climáticas. Estos cambios producen variación en el porcentaje de energía, proteína y minerales de los forrajes, por lo que las variaciones en la nutrición y los requerimientos para la producción y desarrollo del recién nacido, hacen que estos animales implementen estrategias para el uso eficiente de la dieta, como guardar reservas corporales de proteína, glucógeno y grasa, así como el anestro estacional mecanismo mediante el cual el organismo puede predecir el momento adecuado para la reproducción y bloquear a nivel hipotálamo el inicio de los eventos reproductivos (Cuenca, 1998).

La dinámica folicular es un proceso de crecimiento continuo y regresión de folículos antrales que dependen de la secreción de LH (Lucy *et al.* 1991) y se ve alterada cuando las vacas están en un balance energético negativo durante el postparto temprano (Jolly *et al.* 1995).

El porcentaje de crecimiento folicular se puede calcular midiendo el índice de mitosis de las células de la granulosa, observándose que un folículo primordial necesita más de 20 días para ser un folículo primario, 10 días para folículo preantral, otros 10 días para folículo antral temprano (menor a 4 mm de diámetro) y 40 para llegar a folículo de Graff. Esto implica que se necesita un periodo de 80 a 100 días para que un folículo activado tenga un tamaño ovulatorio (Lussier *et al.* 1987).

Es importante, considerar el tiempo necesario para la maduración de los folículos durante el postparto, ya que existen factores metabólicos que pueden alterar el desarrollo folicular temprano y el estado antral temprano se ha observado que cuando el número de folículos pequeños disminuye al inicio de este periodo y hay un lapso largo de balance energético negativo, posteriormente no hay un reemplazo adecuado de los folículos pequeños, lo que puede ocasionar variabilidad cuando se aplican tratamientos para el anestro postparto que involucran reclutamiento y maduración de folículos en animales mal nutridos (Lucy *et al.* 1991). En condiciones de mal nutrición extrema, la actividad ovárica

puede alterarse e impedir el crecimiento de los folículos más allá de 4 mm, ya que el balance energético negativo interfiere con los patrones normales de secreción pulsátil de LH y limita la respuesta a la estimulación de gonadotropinas (Jolly *et al.* 1995).

El estado nutricional en una etapa determinada puede establecerse por medio de las reservas corporales, medidas por la condición corporal; cuando la alimentación no es la adecuada los cambios externos en el animal son la pérdida de grasa y por lo tanto disminución de la condición corporal (Richars *et al.* 1989).

Es importante evaluar la condición corporal antes del parto para predecir la longitud del periodo de anestro postparto lo cual puede hacerse midiendo la condición corporal, si es posible quincenalmente, hasta el 40 a 50 día postparto; esto es, antes de iniciar el periodo de servicios; este método, aunque no es muy preciso, es un modo simple y barato de estimar el balance energético (Edmonson *et al.* 1989). En general, las vacas de carne que tienen al parto una condición corporal menor de 2 (escala de 1 a 5), tienen un anestro largo, mientras que las que se encuentran en una puntuación superior a 2.5 muestran estro entre el día 40 y 60 (Roche y Mihn 1997).

Este aspecto influye en la respuesta de los animales a los tratamientos hormonales tendientes a solucionar el anestro postparto. Las vacas con una condición corporal menor a 2, frecuentemente se encuentran en anestro profundo y por lo regular no responden a los tratamientos, en cuyo caso se deberá mejorar la nutrición para revertir la magnitud del balance energético negativo. Sin embargo los animales con CC mayor a 2 y que presentan desarrollo folicular o en anestro poco profundo, tienen mayor probabilidad de responder a los tratamientos (Cavestany, 1998).

1.0.6 TRATAMIENTOS HORMONALES PARA TRATAR DE DISMINUIR EL PERIODO DE ANESTRO POSTPARTO

Al aplicar un tratamiento tendiente a solucionar el problema de anestro postparto, se debe considerar que es necesario un periodo previo de exposición a progesterona para que el sistema hipotálamo - hipofisiario desencadene los eventos hormonales que permiten que ocurra la ovulación (Dimmick *et al.* 1991).

Se ha observado que en la primera ovulación postparto, así como en la que ocurre en novillas prepúberes, hay presencia de fases lúteas cortas y ausencia de conducta estral, por lo tanto, en estos casos el principal objetivo al utilizar progesterona es el de preparar al cerebro y al útero a superar esta deficiencia, haciendo que la primera ovulación se acompañe de estro y la subsecuente fase lútea sea de duración normal (Breuel *et al.* 1993)

Cuando se inducen niveles altos de progesterona se restringe el desarrollo folicular, sin embargo, cuando los niveles se reducen rápidamente logra completarse dicho desarrollo sustentado por FSH y LH, dando como resultado la síntesis y liberación suficiente de estradiol para producir un estro con ovulación (Dimmick *et al.* 1991).

El primer tratamiento usando CIDR-B como suministro de progesterona se desarrolló en Nueva Zelanda. El CIDR-B se utilizó por 7 días junto con dos dosis de PMSG, 400 UI u 800 UI, aplicadas al retiro del implante. Los resultados mostraron que un 85% de las vacas presentaron estro durante un periodo de 7 días, con picos en los días 2 a 4 y que la dosis de 400 UI resultó en una mejor sincronía del celo. La razón para colocar el CIDR-B durante 7 días, es que a los 4 días es cuando ejerce su efecto principal. (Macmillan y Peterson 1993).

Otra estrategia para disminuir el anestro es aplicar estradiol ó GnRH, para inducir un pico de LH, sin embargo, se ha encontrado que la formación de una fase lútea de duración normal posterior a la ovulación, podría no suceder (Crowe *et al.* 1993), a menos que la oleada de LH ocurra antes de una fase lútea normal o de una producida por medio de progesterona o sus análogos (Hunter, 1991). En un estudio donde se colocó un CIDR-B por 5 días más una inyección de 600 µg de benzoato estradiol a las 24 ó 48 horas de retirar el dispositivo, se encontró que un 81% de las vacas mostraron conducta estral y que en contraste sólo un 39% de los animales control tuvo esa respuesta. Además, es importante considerar que 85% de las vacas tratadas ovularon (McDougall *et al.* 1992).

Otros resultados demuestran, que cerca de un 90% de las vacas en anestro que se tratan con progesterona y se inyectan después con 1 mg de benzoato de estradiol, se detectan en estro y pueden inseminarse durante un periodo de 4 días. Además, por medio de análisis de progesterona en leche se encontró que 95% presentan ovulación cercana al estro (Macmillan y Burke 1996).

Con esta misma finalidad se realizó un estudio más complejo, integrado por dos pruebas, en las cuales se utilizó el CIDR-B, en diferentes combinaciones ya sea una aplicación por 5 ó 7 días, usando al retirarlo 400 UI de PMSG, o dos diferentes dosis de benzoato de estradiol (0.75 mg y 1mg) aplicadas 24 ó 48 horas después del retiro. La prueba I involucró tres grupos (A,B y C), en el grupo A se utilizó el CIDR-B por 7 días, en el grupo B además de esto, al retirarse el dispositivo se aplicaron 400 UI de PMSG y en el grupo C, el CIDR-B se colocó por 5 días y a las 48 horas se inyectó 1 mg de benzoato de estradiol. Los resultados muestran que hubo un mayor porcentaje de vacas inseminadas en el último tratamiento (89%), con picos en los días 3 y 4 y en los grupos A y B esta respuesta fue de 71%, con la mayor concentración a los días 2 y 3 (Macmillan *et al.* 1995). En la Prueba II, se evaluaron 5 esquemas de aplicación, integrándose los grupos A,B,C,D y E, en todos los casos el tratamiento consistió en aplicar el CIDR-B por 5 días, en el primer grupo este fue el único tratamiento y en los otros, además de esto, se aplicaron 0.75 ó 1mg de BE, ya sea a las 24 ó 48 horas de retirado el CIDR-B. Cuando la dosis de estradiol fue de 0.75 mg hubo un 83% de las vacas en estro y al utilizar 1 mg esta variable se incrementó a 90%, en cuanto al momento de aplicación, al inyectarlo a las 24 horas el porcentaje observado fue de 91% y a las 48 horas de 82%. En cuanto a los porcentajes de concepción obtenidos a primer servicio estos fueron de 43.4 % para la prueba I y 45.5% para la prueba II, sin existir diferencias estadísticas entre pruebas (Macmillan *et al.* 1995).

En otro experimento que involucró a 412 vacas de 8 hatos, se probaron dos formas de administración de Benzoato de Estradiol (BE), 1 g en una cápsula colocada con el CIDR-B ó 1 mg inyectado intramuscularmente, obteniéndose mejores resultados con este último, ya que un 87% de las vacas presentaron estro en los primeros dos días y una respuesta total de 97%, mientras que con la presentación en cápsula sólo 44% de las vacas presentaron estro en los primeros dos días y la respuesta total fue de 70% (Macmillan *et al.* 1996).

Por otra parte, también se ha comparado la eficacia del CIDR-B contra la del Acetato de Medroxiprogesterona (MAP) impregnado en esponjas vaginales. Se utilizaron vacas en anestro con más de 100 días postparto y un promedio en condición corporal de 2.5. Los tratamientos fueron: Grupo 1, 50 vacas a las que se insertó un CIDR-B por 7 días y

al momento de colocarlo, una inyección intramuscular de 5 mg de BE, además al retiro del dispositivo se aplicaron 400 UI de PMSG. Grupo 2, 47 vacas en las que se utilizó el mismo tratamiento, pero en vez de CIDR-B, se utilizaron esponjas de poliuretano, impregnadas con 300 mg de MAP. Las variables medidas fueron el porcentaje de vacas inseminadas en 7 días y el porcentaje de concepción, encontrándose que el número de animales inseminados en los dos grupos fue similar, sin embargo, el porcentaje de concepción fue mejor en el grupo con CIDR-B (50 contra 40%). Puede observarse que el efecto de la esponja no es muy diferente al del CIDR-B, y comparando el costo, este fue 10% menor utilizando las esponjas (De Nava y Cavestany 1996).

En otro tratamiento aplicado a 66 vacas con anestro clínico, un grupo (n=35) se trata por medio de una esponja intravaginal con 1.5 g de progesterona durante 7 días y a las 24 horas de retirarlas se aplicaron 2.5 mg de benzoato de estradiol por vía intramuscular. El otro grupo constó de 31 animales sin tratamiento. En cuanto a la presentación de estros o gestación a los 4 y 25 días post-tratamiento, el grupo experimental presentó porcentajes significativamente mayores; sin embargo, en la gestación total, gestación a primer servicio y los días del tratamiento a la concepción no se obtuvieron diferencias. Resulta importante mencionar que 61.9% (13/21) de los animales que presentaron celo en el grupo tratado ovularon, ya que presentaron niveles de progesterona altos entre el día 6 y 12 post-tratamiento (Gatica, 1998).

Algunos autores, propusieron otro esquema basado en el efecto de GnRH con una inyección previa de estradiol para incrementar los niveles de las gonadotropinas (Dabas *et al.* 1990; Rao 1991). En otro estudio, se aplicaron estos principios, tratándose 91 vacas con anestro clínico y entre 60 y 70 días postparto. Los animales se distribuyeron aleatoriamente en tres grupos, recibiendo los siguientes tratamientos: Grupo control (n=30) 1 ml de solución salina por vía intramuscular, repitiendo la aplicación a las 24 horas. Grupo 1 (n=31): 2.5 mg de benzoato de estradiol, más 20 mcg de buserelina por vía intramuscular, 24 horas después y grupo 2 (n=31): 2.5 mg de benzoato de estradiol más 50 mg de progesterona, seguidos por 20 mcg de buserelina a las 24 horas, considerando un periodo de 24 días para la inducción de estro y observación de los resultados. En cuanto al número de animales que presentaron celo durante los periodos de 0 a 3 y de 0 a 24 días, el grupo 1

tuvo una mayor cantidad de animales detectados, esta misma diferencia se observó en cuanto al número de gestantes a los 24 días, sin embargo, al analizar los porcentajes de gestación a primer y segundo servicio no se encontraron diferencias entre tratamientos. Para comprobar la ovulación, se realizó un examen clínico en las vacas tratadas a los 9 ó 10 días. En el grupo control 13.3% (4/30) ovularon, en el grupo 1, 54.8% (17/31) y en el grupo 2, 36.7% (11/30). Estas diferencias son estadísticamente significativas, entre los grupos 1 y 2 con respecto al control (Gatica, 1998).

Haciendo un resumen de las principales hormonas que se utilizan para inducir ovulación en vacas en anestro, estas son:

Estradiol, el cuál va dirigido a causar liberación de GnRH del hipotálamo y finalmente provocar signos de estro. Los problemas potenciales al usarlo son la presencia de estro sin ovulación, además de que se le ha asociado a una baja fertilidad (Mc Guire *et al.* 1990; Sánchez-Torres 1997).

GnRH ó sus análogos sintéticos, que se usan para producir liberación de FSH y LH por la hipófisis, estimulando el crecimiento folicular y finalmente la ovulación. Las dificultades para su empleo son que la etapa de la oleada folicular afecta los resultados de los tratamientos, pudiendo provocarse la presencia de fases luteas cortas, además de observarse un menor número de estros, que en algunos casos son de corta duración (Hunter 1991; Twagiramungu *et al.* 1995).

Asociación de FSH y LH, estas hormonas tienen acción directa sobre el ovario, produciendo desarrollo folicular y ovulación. Los inconvenientes de su empleo son los elevados costos y la poca disponibilidad de los productos ya que pueden requerir inyecciones múltiples, además de que en ocasiones produce ovulación que no se acompaña de signos de estro (Roche y Mihn 1997).

Gonadotropina coriónica equina (eCG), la cuál también actúa sobre el ovario estimulando el desarrollo folicular y la ovulación. Sus posibles inconvenientes son que de acuerdo a la dosis utilizada, se pueden producir ovulaciones múltiples o por el contrario no haber respuesta al tratamiento, debido a que los lotes de la hormona no son homogéneos, además de que requiere una previa exposición a progesterona (Murphy y Pescador 1997)

Combinaciones de progesterona ó progestágenos con eCG, GnRH o gonadotropinas, se utilizan tratando de imitar el ciclo ovárico, preparando al cerebro y al útero; su efecto es el de producir crecimiento folicular, estro y ovulación. Para utilizar este tipo de tratamientos, el ganado debe tener una adecuada nutrición y un periodo postparto suficientemente largo (Gatica, 1998).

Progesterona: Puede emplearse progesterona natural o progestágenos sintéticos. Al combinarse con estradiol al inicio del tratamiento, puede inducir estro en vacas anéstricas que tienen una frecuencia adecuada de pulsos de LH después del tratamiento, causando maduración y ovulación del folículo dominante; sin embargo, cuando la frecuencia de pulsos de LH se suprime, como ocurre en vacas lecheras con alta producción y baja condición corporal, así como en vacas de carne mantenidas en condiciones de pastoreo y amamantando a sus crías, o en aquellas vacas de carne amamantando, con un periodo postparto menor a 50 días, el tratamiento no es efectivo (Macmillan y Peterson 1993).

Cuando se opta por utilizar progesterona, es necesario suplementar el tratamiento con una gonadotropina como la eCG, para aumentar la producción de estrógenos foliculares. Una inyección de 400 a 700 UI de eCG al final de un tratamiento de 7 a 12 días con progesterona, incrementa el número de vacas en anestro que responden. Sin embargo, la dosis de eCG, debe ser seleccionada cuidadosamente para evitar las gestaciones gemeláres. Otra alternativa es la suplementación exógena de 600 µg de estradiol a las 48 horas de finalizar un tratamiento de 7 días con progesterona, ya que el empleo de estradiol no tiene el inconveniente de inducir gestación múltiple, aunque se requiere una mayor investigación para cuantificar la fertilidad siguiente a la suplementación con estradiol en un momento cercano a la fase folicular (Macmillan y Burke 1996).

1.0.7 PRINCIPIOS BASICOS DE ULTRASONOGRAFIA

La imagen por medio de ultrasonido utiliza ondas de sonido de alta frecuencia medidas en Megahertz (1 Mhz= 1.000.000 de ondas de sonido por segundo), para producir imágenes de los tejidos y órganos internos (Griffin y Ginther 1992). El principio que hace posible el diagnóstico por ultrasonografía, se basa en el llamado efecto de pieza eléctrica, que es cuando ciertos cristales son golpeados con un pulso eléctrico, estos retornan a su frecuencia natural y si un cristal vibrando se golpea por un eco que retorna, se produce un pulso eléctrico. Cuando este principio se aplica al ultrasonido médico, hay pulsos de corriente eléctrica que producen la vibración de cristales piezo eléctricos especializados que se encuentran colocados en el transductor, los cuales generan ondas de sonido (Reeves *et al.* 1984). Estas ondas pueden muestrear una área amplia del tejido, por ejemplo 50 mm, sin embargo esta es delgada (2 mm), resultando una imagen de dos dimensiones. Las ondas producidas penetran al colocar el transductor sobre el área de interés y se puede mover o variar el ángulo para observar diferentes planos. Las características del tejido, determinan la capacidad de la onda para reflejarse, por medio del transductor convirtiéndose en corriente eléctrica para exponerse como un eco y poder observarse (García y Bo 1993).

Para interpretar la imagen ultrasonográfica que se observa en la pantalla del ultrasonido, debe considerarse que el líquido no refleja ondas de sonido, por lo que no es ecogénico, este es el caso de los folículos ováricos y vesículas de embriones, que se presentan como imágenes negras, mientras que los tejidos densos se llaman ecogénicos y pueden observarse en la pantalla como imágenes ligeramente grises ó blancas, por ejemplo, los huesos pélvicos y el cérvix durante la etapa del diestro (Pierson *et al.* 1988).

Para el examen transrectal del tracto reproductivo de animales grandes, existen transductores con tres tipos de frecuencias: 3.5, 5 y 7.5 Mhz (Reeves *et al.* 1984). Los transductores con una frecuencia alta tienen poca penetración en el tejido y presentan una mejor resolución de la imagen. En vista de esto, las estructuras relativamente pequeñas como los folículos de 5 a 15 mm, que quedan localizados cerca, pueden ser observados con un transductor de 5 ó 7.5 Mhz. Por el contrario los transductores de baja frecuencia tienen poca resolución, pero un grado mayor de penetración y por lo tanto se utilizan más para

estudiar estructuras grandes, que se localizan lejos, como ocurre en una gestación mediana o tardía y el útero (Pierson y Ginther 1984).

1.0.8 IMAGEN DE LAS ESTRUCTURAS OVARICAS.

La imagen por ultrasonido de las estructuras ováricas es una técnica no invasiva que permite ver los cambios diarios en la dinámica folicular durante el ciclo estral en el bovino (Savio *et al.* 1988; Sirois y Fortune 1988; Ginther *et al.* 1989; Ginther 1992).

La imagen del folículo ovárico se caracteriza por la presencia de un área no ecogénica, constituida por el lumen folicular que se encuentra rodeado por el estroma ovárico, que es hiperecogénico (Griffin y Ginther 1992; Kähn 1994). La pared del folículo rara vez puede identificarse, excepto cuando hay dos folículos que se encuentran muy próximos, en cuyo caso se observa una membrana divisoria formada por la pared del folículo opuesto. Aunque los folículos pequeños y medianos son regularmente redondos, a veces los folículos grandes pueden variar de forma debido a la presión ejercida por un folículo cercano o un cuerpo lúteo. La ovulación puede determinarse por medio de ultrasonido realizado cada 6-8 horas, sobre el folículo dominante, a partir del inicio de la luteólisis (García y Bo 1993).

Los cuerpos lúteos se ven como estructuras ovals y rugosas de color gris, las cuáles pueden estar delineadas por otros componentes funcionales del ovario (Griffin y Ginther 1992). Después de que ocurre la ovulación, no es posible reconocer el tejido lúteo que se desarrolla, pudiendo detectarse entre los 2 y 4 días posteriores y puede observarse durante todo el ciclo, hasta el inicio de la luteólisis (García y Bo 1993). Los cuerpos lúteos quísticos se encuentran en un 47% de los ciclos estrales de novillas cíclicas y en el 53% de las novillas durante las tres primeras semanas de gestación, el diámetro máximo de la cavidad se percibe cerca del día 9 del ciclo y a partir de entonces, comienza a declinar a una tasa de 0.5 mm por día. La fertilidad de los animales que presentan estas estructuras en el ovario, es similar a la obtenida en aquellas que tienen un cuerpo lúteo compacto. La presencia de un cuerpo albicans puede detectarse varios días después de iniciado el ciclo siguiente (Kähn, 1994).

Una de las principales ventajas de utilizar el ultrasonido para estudiar la dinámica folicular, es que puede hacerse una descripción diaria del número de folículos, su tamaño y posición relativa, en ambos ovarios. Además el registro de imágenes por video y dibujos de los folículos mayores de 3 mm y cuerpos lúteos, facilitan el análisis posterior y la interpretación de los datos que se obtienen (Pierson y Ginther 1984; Lucy *et al.* 1992).

1.0.9 ESTUDIO DE LA DINAMICA FOLICULAR DURANTE EL CICLO ESTRAL.

Antes de utilizar la imagen por ultrasonido en el ganado, no se conocía con precisión si los folículos antrales tenían un patrón diferente al de crecimiento y atresia durante el ciclo estral (Fortune *et al.* 1988; Fortune 1994), o si había dos periodos de movimiento folicular (Matton *et al.* 1981). Actualmente, se ha descrito que en el ganado bovino, el crecimiento folicular se caracteriza por el desarrollo de uno ó dos folículos dominantes que son atrésicos antes que el folículo preovulatorio terminal madure y se produzca la ovulación (Ginther *et al.* 1989; Driancourt 1991).

El desarrollo folicular en las especies mono ovulatorias pasa por los estados de reclutamiento, selección y dominancia. El reclutamiento es un proceso por el cuál, un grupo de folículos antrales comienzan a crecer bajo la estimulación de gonadotropinas, durante la selección un sólo folículo, con la capacidad potencial de alcanzar la ovulación, es elegido y evita la atresia, finalmente, en la dominancia el folículo seleccionado inhibe el reclutamiento de un nuevo grupo de folículos (Hansel y Convey 1983) El primer evento está determinado por la oleada de FSH que ocurre cercana a la ovulación, en la etapa temprana del ciclo estral, y aquellos folículos de 2 a 4 mm con receptores para FSH inician el reclutamiento, pudiendo detectarse por medio de ultrasonido varios folículos de 6 a 9 mm (Roche y Boland 1991; Adams *et al.* 1992). Después de 2 a 4 días, ocurre la selección de un sólo folículo y el resto de los folículos acompañantes disminuyen su tamaño y sufren atresia (Savio *et al.* 1988). No se ha podido comprobar la existencia de un mecanismo único para explicar el proceso de selección; sin embargo prevalece el concepto de que una vez que el reclutamiento comienza, debido a la estimulación de gonadotropinas, el folículo

que predomina coordina la expresión de genes de factores de crecimiento, enzimas esteroideogénicas e inhibina, lo que lo convierte en el folículo seleccionado (Fortune, 1994). El folículo dominante de la primera oleada folicular, incrementa su tamaño aproximadamente al día 8, entrando a la fase meseta de crecimiento entre los días 8 y 10 del ciclo estral, y a partir de aquí gradualmente comienza a disminuir su tamaño. Durante los días 10 a 12 del ciclo estral se detiene la dominancia del primer folículo, y comienza el reclutamiento de la segunda oleada folicular (Campbell *et al.* 1995; Ginther *et al.* 1996). Los mecanismos que regulan el lapso de vida del folículo dominante de la primera onda son poco conocidos; sin embargo, se piensa que el incremento de las concentraciones de progesterona plasmática, producidas por el cuerpo lúteo de reciente formación, disminuye la frecuencia de la pulsatilidad de LH y que el inadecuado soporte de LH produce la atresia del folículo dominante (Rahe *et al.* 1980; Savio *et al.* 1990). Después de la regresión del folículo dominante de la primera oleada, se inicia una segunda oleada de reclutamiento, selección y dominancia y la maduración final del segundo folículo dominante se asocia con la regresión del cuerpo lúteo y la ovulación. Aunque también, el segundo folículo dominante puede sufrir atresia y si esto ocurre, puede iniciarse una tercera oleada de desarrollo folicular (Ginther *et al.* 1989; Savio *et al.* 1988; Sirois y Fortune 1988). En las vacas que tienen tres oleadas, el tamaño del folículo dominante de la segunda oleada es más pequeño que el folículo dominante de la primera oleada (Sirois y Fortune 1988; Savio *et al.* 1993) y aunque la mayoría de las vacas tienen 2 o 3 ondas de crecimiento folicular, se han reportado ciclos estrales con 4 oleadas (Savio *et al.* 1988; Sirois y Fortune 1988).

Para el estudio de la población folicular durante los diferentes estados del ciclo estral, el tamaño de los folículos puede dividirse en diferentes categorías: La categoría 1 comprende a los folículos de 3 a 4 mm, la categoría 2 incluye a los de un tamaño de 5 a 9 mm, y los de la categoría 3, son los que alcanzan un tamaño igual o mayor a 10 mm. Durante la fase temprana del ciclo estral, el número de folículos de la clase 1 decrece, mientras que el número de folículos de la clase 2 se incrementa. El aumento en el número de folículos de la clase 2 se debe al reclutamiento de los folículos de la clase 1 (fase de reclutamiento). Aproximadamente, durante los días 4 y 5 del ciclo estral, un folículo se selecciona y entra dentro de la clase de folículos 3. En este momento el número de folículos

de la clase 2 comienza a declinar, porque los folículos que no se seleccionan inician la atresia y por lo tanto disminuyen de tamaño. Este número de folículos permanece sin sufrir cambios hasta el día 10 y 12 del ciclo estral, cuando el primer folículo dominante sé atresia al perder dominancia y permite que se inicie una nueva oleada de reclutamiento (Pierson y Ginther 1987; Roche y Boland 1991; Lucy *et al.* 1992).

1.1 HIPOTESIS

El aplicar una dosis de 1 ó 2 mg de benzoato de estradiol a las 24 horas de retirar un dispositivo intravaginal que contiene 1.9 g de progesterona natural, facilitará que un número mayor de animales presente conducta estral y que esta sea seguida de ovulación, por lo que los porcentajes de gestación que se obtengan serán mejores a los observados en los grupos sin tratar.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar en vacas y novillas *tipo Bos indicus*, si la aplicación intramuscular de 1 ó 2 mg de Benzoato de estradiol a las 24 horas de retirar un tratamiento de progesterona por 10 ó 13 días, permite que sea posible detectar en estro una mayor cantidad de animales, si esta conducta es seguida de ovulación y medir la gestación en un periodo de 90 días.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. - Conocer los porcentajes de estro, ovulación y gestación durante 90 días, en vacas *Bos indicus* a las que se aplicó 1 mg de benzoato de estradiol a las 24 horas del retiro de un dispositivo intravaginal impregnado de progesterona que permaneció colocado durante 10 días.
2. - Determinar el estado reproductivo final de las vacas después de ser expuestas a un periodo de empadre de 90 días.
3. - Evaluar en novillas tipo *Bos indicus* los porcentajes de celo, ovulación y gestación cuando se aplican 2 mg de benzoato de estradiol a las 24 horas de retirar un dispositivo intravaginal impregnado de progesterona que permaneció colocado durante 13 días.
4. - Cuantificar el número de horas requerido para la presentación del celo, después del retiro de la progesterona en las novillas.

5. - Medir los niveles séricos de progesterona en las novillas antes de colocar el dispositivo intravaginal, con el dispositivo colocado y después de aplicar los 2 mg de benzoato de estradiol.

6. - Describir la población folicular presente antes de colocar el dispositivo intravaginal en las novillas, con el dispositivo colocado y después de aplicar los 2 mg de benzoato de estradiol.

7. - Caracterizar el estado ovárico de las novillas al finalizar el tratamiento con la progesterona e inyectar el benzoato de estradiol.

CAPITULO II. MATERIAL Y METODOS

2.0 LOCALIZACION

El estudio se llevó a cabo en el predio La Soledad, perteneciente al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el Km 3.5 del camino vecinal Martínez de la Torre-Novara, en el Municipio de Atzalán, Ver. Se localiza a 19° 50' de latitud norte y 97° 1' de longitud oeste; La altitud es 150 msnm, la temperatura media anual de 24 °C y la precipitación pluvial de 1743 mm al año. La clasificación climática corresponde al tipo Af(m)(e), caliente húmedo con lluvias durante todo el año (García, 1988).

2.1 ANIMALES EXPERIMENTALES

EXPERIMENTO 1

Se utilizaron 122 vacas Brahman (*Bos indicus*), las cuales se clasificaron de acuerdo al estado ovárico, días postparto al momento del tratamiento, intervalo entre partos previo, número de partos, condición corporal y ganancia ó pérdida de peso. El estado ovárico se determino por la palpación rectal de los animales, clasificándolas en anestro o ciclando. Los días postparto al tratamiento, el intervalo entre partos y el número de parto, se determinaron mediante una revisión de los registros reproductivos. La condición corporal se midió considerando una escala del 1 al 5, donde, 1= delgada y 5= obesa (Edmonson *et al.* 1989), y fue la que presentaban las vacas al momento de aplicar el tratamiento. La ganancia ó pérdida de peso se evaluó durante un periodo total de 93 días a partir del inicio del tratamiento. En cuanto a las variables en que se hicieron categorías, estas se dividieron por medio de percentiles (Méndez *et al.* 1994).

**CUADRO 1. CARACTERISTICAS DE LOS ANIMALES UTILIZADOS EN EL
EXPERIMENTO 1.**

ESTADO OVÁRICO	n = 122
ANESTRO	105
CICLANDO	17
DÍAS POSTPARTO-TRATAMIENTO	
32-51	33
52-73	50
74-116	39
INTERVALO ENTRE PARTOS	
316-378	31
379-665	52
666-1142	27
NÚMERO DE PARTO	
1	12
2	66
3	39
4	5
CONDICIÓN CORPORAL	
≤ 2.5	108
>2.5	8
GANANCIA O PÉRDIDA DE PESO (kg)	
-135 a -36	31
-35 a 2	61
3 a 94	30

El peso promedio de los animales al momento del tratamiento fue de 397.7 ± 47.3 kilogramos.

EXPERIMENTO 2

Se realizó con 30 novillonas de las cuales, 19 eran de la raza Brahman (*Bos indicus*) y 11 Beefmaster (*Bos taurus x bos indicus*), con una edad promedio de 20 meses y peso de 305.7 ± 32.4 kilogramos.

A lo largo de los 34 días de la etapa intensiva del estudio las novillas tuvieron una ganancia de peso que se ubicó entre 19 y 58 kilogramos.

2.2 MANEJO GENERAL

Durante los 93 días que duraron los estudios, las novillonas y las vacas permanecieron juntas con los demás animales del hato y todos se alimentaron bajo un sistema de pastoreo de alta densidad en 114 hectáreas sembradas con gramas nativas de los géneros *Axonopus spp.* y *Paspalum spp.* y en menor proporción *Cynodon plectostachyus* (estrella de África) y leguminosas nativas. El área de pastoreo constó de 39 potreros de 2.67 hectáreas cada uno, lo que permitía un día de pastoreo en cada división. El periodo de recuperación de la pradera se ajusta a la época del año, siendo de 20 días en verano y hasta 45 en invierno.

2.3 GRUPOS EXPERIMENTALES

EXPERIMENTO 1

Los animales utilizados se asignaron de forma aleatoria a tres grupos:

GRUPO ST: 20 vacas sin tratamiento.

GRUPO CIDR-B+E: 51 vacas a las que se les colocó por vía vaginal un dispositivo de control interno liberador de drogas CIDR-B*, que contiene 1.9 g de progesterona más una cápsula con 10 mg de benzoato de estradiol** durante 10 días, además una aplicación intramuscular adicional de 1 mg de benzoato de estradiol a las 24 horas después del retiro del dispositivo.

GRUPO CIDR-B-E: 51 vacas a las que se les colocó por vía vaginal un dispositivo de control interno liberador de drogas CIDR-B*, que contiene 1.9 g de progesterona más una cápsula con 10 mg de benzoato de estradiol**, durante 10 días. A este grupo no se le administró benzoato de estradiol después del retiro del dispositivo.

*CIDR-B[®], InterAg, Hamilton, New Zealand.

**CIDIROL-B[®], InterAg, Hamilton, New Zealand.

EXPERIMENTO 2

GRUPO ST: 10 novillonas sin tratamiento.

GRUPO CIDR-B+E: 10 novillonas a las que se les colocó por vía vaginal un dispositivo de control interno liberador de drogas CIDR-B*, que contiene 1.9 g de progesterona más una cápsula con 10 mg de benzoato de estradiol** durante 13 días, además una aplicación intramuscular adicional de 2 mg de benzoato de estradiol a las 24 horas después del retiro del dispositivo.

GRUPO CIDR-B-E: 10 novillonas a las que se les colocó por vía vaginal un dispositivo de control interno liberador de drogas CIDR-B*, que contiene 1.9 g de progesterona más una cápsula con 10 mg de benzoato de estradiol**, durante 13 días. A este grupo no se le administró benzoato de estradiol después del retiro del dispositivo.

*CIDR-B[®], InterAg, Hamilton, New Zealand.

**CIDIROL-B[®], InterAg, Hamilton, New Zealand.

2.4 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

EXPERIMENTO 1

Por cuestiones prácticas para el manejo adecuado de los animales, así como una detección eficaz del estro, los tratamientos descritos se realizaron en tres etapas cronológicas, teniendo cada etapa una duración de 23 días. Durante la etapa 1 se dio tratamiento a 46 animales, en la etapa 2 a 40 y finalmente en la 3 a 36, y en cada una de ellas las vacas se asignaron aleatoriamente a los tres tratamientos.

A partir de las 12 horas del retiro del dispositivo, las vacas se observaron para detectar conducta de celo durante un periodo de 96 horas. Las observaciones se llevaron a cabo en la mañana de 6:00 a 8:00 y en la tarde de 16:00 a 19:00 horas.

Asimismo, con la finalidad de facilitar la detección de celos se colocó con las vacas un torete con el pene desviado, y los animales se enumeraron progresivamente en ambos

Las que presentaron conducta estral se inseminaron aproximadamente a las 12 horas después de permitir ser montadas por otra vaca o por el torete detector, utilizando semen congelado de toros de la raza Holstein de fertilidad probada.

A lo largo del experimento se considero un periodo de 90 días de servicios, este se dividió en cinco etapas tomando como punto de referencia el retiro del dispositivo:

Etapa 1	0 a 5 días
Etapa 2	6 a 26
Etapa 3	27 a 47
Etapa 4	48 a 68
Etapa 5	59 a 90

Durante las tres primeras etapas las vacas se sirvieron utilizando inseminación artificial y en las restantes monta natural.

Con la finalidad de corroborar la ovulación, entre los 7 a 10 días posteriores al servicio se obtuvo una muestra sanguínea por punción en la vena coccigea en las vacas que presentaron celo y que posteriormente se inseminaron. La sangre se colectó en tubos vacutainer de 10 ml, se refrigeró a 5 °C durante el lapso que se requirió para su transporte y posterior centrifugación.

Para obtener el suero sanguíneo, las muestras se centrifugaron durante 10 minutos a 2000 rpm y el suero se separo y se colocó en tubos que se identificaron anotando el número de la vaca y el grupo de tratamiento. Posteriormente se congelaron a -10 °C y se trasladaron al laboratorio de endocrinología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, en donde se analizaron por el método de radioinmunoensayo para determinar los niveles de progesterona. Las vacas que tuvieron cantidades de progesterona mayores a 1 ng/ml se consideró que ovularon.

El diagnóstico de gestación se hizo por ultrasonografía a los 30 días de la inseminación artificial o la monta, en las vacas que no retornaron a estro, utilizando un equipo de tiempo real Tokio Keiki LS-1000 con transductor lineal de 7.5 Mhz, siguiendo la técnica descrita por Reeves *et al.* (1984). Además, las gestaciones se confirmaron por palpación rectal 60 días después de la fecha de servicio y se realizaron observaciones para detectar retornos a estro a los 17 a 24 días posteriores al servicio. Además para el análisis

del número de gestaciones por etapa, se contó con la fecha de nacimiento de los becerros por lo que mediante un cálculo retrospectivo, se determinó la fecha de servicio efectivo.

EXPERIMENTO 2

El experimento 2 tuvo una etapa intensiva de 34 días y se realizó de acuerdo al esquema siguiente:

CUADRO 2. CRONOLOGÍA DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LAS NOVILLAS DEL EXPERIMENTO 2.

NUMERO DE DÍA	ACTIVIDAD
Día 0	Ultrasonografía, sangrado y pesaje.
Día 2	Ultrasonografía y sangrado.
Día 5	Ultrasonografía y sangrado.
Día 8	Colocación del CIDR-B , ultrasonografía y sangrado
Día 10	Ultrasonografía y sangrado.
Día 12	Ultrasonografía y sangrado.
Día 15	Ultrasonografía y sangrado.
Día 17	Ultrasonografía, sangrado y pesaje.
Día 19	Ultrasonografía y sangrado.
Día 21	Retiro del CIDR-B
Día 22	Ultrasonografía y sangrado.
Día 23	Inseminación artificial.
Día 24	Inseminación artificial.
Día 30	Ultrasonografía y sangrado.
Día 34	Pesaje

Como puede verse en el cuadro anterior, la ultrasonografía de los ovarios y el sangrado se inició 7 días antes de la colocación del CIDR-B y se repitió tres veces por semana, hasta concluir 30 días de observaciones. Se registró el número de folículos presentes y se clasificaron para su análisis por tamaño, en las siguientes categorías: de 2 a 3 mm, 4 a 6 mm, 7 a 10 mm, 11 a 13 mm y mayores de 13 mm (Pierson, 1987). Asimismo, en pequeños de 3 a 6 mm, medianos de 6 a 9 mm y grandes, mayores a 9 mm (Pierson, 1984).

A los 8 días de la fecha esperada de estro se realizó un examen por ultrasonografía y una toma de muestras de sangre para comprobar la presencia de un cuerpo lúteo y cuantificar los niveles de progesterona para verificar la ovulación.

La obtención de las muestras de sangre se realizó en los mismos días que la ultrasonografía, así como el día de la inseminación artificial y 8 días después de ésta.

A lo largo del tratamiento se realizaron 3 pesajes de los animales y se determinó la ganancia o pérdida de peso durante este periodo.

Las novillonas se observaron al retiro del CIDR-B y se registró el número de horas del retiro del CIDR-B a la presentación de celo y el número de horas de presentado el celo a la inseminación artificial.

Además de las actividades antes descritas, se dio un seguimiento a los servicios posteriores considerando un periodo de 90 días, para su análisis este se dividió en cinco etapas tomando como punto de referencia el retiro del dispositivo:

Etapa 1	0 a 5 días
Etapa 2	6 a 26
Etapa 3	27 a 47
Etapa 4	48 a 68
Etapa 5	59 a 90

Durante las tres primeras etapas las vacas se sirvieron utilizando inseminación artificial y en las restantes monta natural.

El diagnóstico de gestación, se realizó de la misma forma descrita para los animales del experimento 1.

2.5 ANALISIS ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO 1

Para el análisis de los resultados, los datos correspondientes a las variables días postparto, intervalo entre partos y ganancia o pérdida de peso se dividieron por medio de intervalos utilizando percentiles para su construcción. También se categorizaron las variables estado ovárico, condición corporal y número de parto. Una vez organizados los datos se hicieron tablas de frecuencias para conocer la distribución de las características previas al estudio, de los animales asignados en los diferentes grupos y con la finalidad de conocer si estas se presentaron en la misma proporción entre los grupos en estudio, se utilizó una prueba de χ^2 para homogeneidad (Méndez *et al.* 1994).

En cada una de las pruebas utilizadas se consideró un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

VARIABLES DEPENDIENTES

VARIABLES CATEGORICAS

- 1.- Presencia de celo
- 2.-Ovulación
- 3.-Gestación en:
 - 0-5 días
 - 6-26 días
 - 27-47 días
 - 48-68 días
 - 69-90 días
- 4.-Gestación acumulada a 90 días
- 5.-Estado reproductivo después de 90 días de empadre
 - Vacía en anestro
 - Vacía ciclando
 - Gestante

VARIABLES INDEPENDIENTES

1.- Grupo de tratamiento

ST

CIDR-B-E

CIDR-B+E

2.-Estado ovárico previo al estudio

Anestro

Ciclando

3.-Días postparto

32-51 días

52-73 días

74-116 días

4.-Intervalo entre partos

316-378 días

379-665 días

666-1142 días

5.-Número de partos

1

2

3

4

6.-Condición corporal al momento de aplicar el tratamiento

≤ 2.5

> 2.5

7.- Ganancia o pérdida de peso a lo largo del estudio

-135 a -36

-35 a 2

3 a 94

Las variables dependientes 1, 2, 3, 4 y 5 se analizaron por medio de la prueba exacta de Fisher, ya que en las tablas de contingencia generadas, en una o más celdas se encontraron valores esperados menores a 5 (Zar, 1996). Comparándose los grupos de la siguiente manera:

Grupo ST VS CIDR-B-E

Grupo ST VS CIDR-B+E

CIDR-B-E VS CIDR-B+E

Las variables independientes 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se relacionaron con las variables dependientes presentación de celo, ovulación y gestación utilizando un modelo lineal logarítmico para datos categóricos del procedimiento CATMOD incluido en el paquete estadístico SAS (SAS, 1989).

2.6 ANALISIS ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO 2

Para el análisis de algunos de los datos se consideraron tres periodos durante el estudio:

Periodo 1: Antes de colocar el CIDR-B en los animales tratados, ó un periodo similar en los no tratados.

Periodo 2: Con el CIDR-B colocado en los animales tratados, o un periodo similar en los no tratados.

Periodo 3: Al retirar el CIDR-B en los animales tratados, e inyectar benzoato de estradiol en el grupo en el que esto ocurrió, o un periodo similar en los no tratados.

Los datos relativos a la ganancia de peso de las novillas a lo largo del estudio, se dividieron por medio de percentiles y se hizo una tabla de frecuencias para conocer su distribución y para saber si los grupos en estudio fueron iguales en cuanto a la distribución de esta variable se efectuó una prueba de χ^2 para homogeneidad (Méndez *et al.* 1994).

En cada una de las pruebas utilizadas se consideró un nivel de significancia de $\alpha=0.05$

VARIABLES DEPENDIENTES

VARIABLES CATEGORICAS

- 1.- Presencia de celo
- 2.-Ovulación
- 3.-Gestación
 - 0-5 días
 - 6-26 días
 - 27-47 días
 - 48-68 días
 - 69-90 días
- 4.-Gestación acumulada a 90 días
- 5.-Estado reproductivo después de 90 días de empadre
 - Vacía en anestro
 - Vacía ciclando
 - Gestante
- 6 -Número de folículos considerando los 3 periodos en las categorías de:
 - 2-3 mm
 - 4-6 mm
 - 7-10 mm
 - 11-13 mm
 - > 13 mm
- 7.-Número de folículos durante cada uno de los 3 periodos del experimento en las categorías:
 - Pequeños 3-5 mm
 - Medianos 6-9 mm
 - Grandes > 9 mm

VARIABLES CONTINUAS

- 8.- Número de horas del retiro del CIDR-B a la presentación de celo.
- 9.- Número de horas del retiro del CIDR-B a la Inseminación Artificial.
- 10.- Número de horas del celo a la Inseminación Artificial.
- 11.-Concentraciones séricas de progesterona (ng/ml), durante cada uno de los periodos del experimento.
- 12.-Concentraciones séricas de progesterona (ng/ml) a los días: 1, 3, 5, 8, 10 y 12 después de la inserción del CIDR-B (Periodo 2).

VARIABLES INDEPENDIENTES

- 1.- Grupo de tratamiento

Sin tratamiento

CIDR-B-E

CIDR-B+E

Las variables dependientes 1, 2, 3, 4 y 5 se analizaron mediante la prueba exacta de Fisher, ya que en las tablas de contingencia, en una o más celdas se encontraron valores esperados menores a 5 (Zar, 1996), los grupos se compararon de la siguiente manera:

Grupo ST VS CIDR-B-E

Grupo ST VS CIDR-B+E

CIDR-B-E VS CIDR-B+E

Para la variable 6 se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Zar, 1996).

La variable 7 fué analizada mediante una prueba de Z para dos proporciones (Hampton, 1994), para la cuál los grupos se compararon de la siguiente manera:

Grupo ST VS CIDR-B-E

Grupo ST VS CIDR-B+E

CIDR-B-E VS CIDR-B+E

Las variables numéricas 8,9 y 10 se analizaron utilizando una prueba de t de Student para comparar dos medias con varianzas iguales. Además se calculó la media, error estándar e intervalos de confianza al 95% (Méndez *et al.* 1994).

En el caso de la variable 11, se realizó un análisis de varianza con un diseño completamente al azar, incluido en el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 1994). El modelo utilizado fué:

$$Y_{ij} = \mu_i + T_i + \varepsilon_{ij}$$

i = Grupos: Sin Tratamiento, CIDR-B-E, CIDR-B+E.

j = 1,2,3.....10 número de animales en cada grupo.

Donde:

Y_{ij} = Concentraciones plasmáticas de progesterona del j -ésimo animal en el i -ésimo grupo.

μ_i = Media general

T_i = Efecto del i -ésimo grupo

ε_{ij} = Error aleatorio con media 0 y varianza σ^2

Para la variable 12, se realizó una prueba de mediciones repetidas a través de la instrucción REPEATED del procedimiento GLM incluido en el paquete estadístico SAS, y al rechazarse la hipótesis nula se llevó a cabo la prueba de contrastes de Scheffé. Además se calculó la media y desviación estándar (SAS, 1994).

2.7 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS EXPERIMENTOS 1 y 2

VARIABLES INDEPENDIENTES

Tipo de animal

1. - Vacas
2. - Novillas

VARIABLES DEPENDIENTES

3. - Porcentaje de estros
4. - Porcentaje de ovulación
5. - Porcentaje de gestación
6. - Gestación durante 90 días
7. - Gestación en los periodos de:
 - 0-5 días
 - 6-26 días
 - 27-47 días
 - 0-47 días
8. - Estado ovárico antes y después del tratamiento.

Todas las variables se compararon mediante una prueba de Z para dos proporciones (Hampton, 1994).

CAPITULO III. RESULTADOS

3.0 RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 1

El cuadro 3 contiene las condiciones reproductivas previas de los animales que se incorporaron al estudio, como puede observarse el 86.1% de las hembras se encontraban en anestro al comenzar el programa. Las demás variables consideradas como estado ovárico, días postparto, intervalo entre partos y número de parto, estuvieron balanceadas ($p>0.05$) antes de colocar el dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR-B).

El cuadro 4 muestra la condición corporal evaluada al momento de insertar el CIDR-B y la ganancia o pérdida de peso durante los 90 días que duró el empadre. Resalta que en los grupos tratados más de la mitad de las vacas (62.5%), tuvo una condición corporal menor a 2.0 puntos, este aspecto es reforzado por el hecho de que un 75% de ellas, se ubicó en los grupos de animales que ganaron un máximo de 2 kilogramos y perdieron hasta 135, es decir dos de las tres categorías construidas por percentiles, por lo que se puede afirmar que en general las vacas perdieron peso a lo largo del experimento (fig. 2). En el rango de -36 a -135 kilogramos la pérdida de peso fue en promedio de -566 ± 318 g, en la de -35 a 2 kilogramos de -153 ± 115 g y en la categoría en la que hubo ganancia de peso, esta fue en promedio de 318 ± 258 g diarios

Con respecto a la presentación de celo y ovulación, en el cuadro 5 puede observarse, que en el grupo CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B+E), únicamente 3 animales no mostraron conducta estral, por lo que fué estadísticamente diferente ($P<0.05$) a los grupos sin tratamiento (ST), y al que no se le inyectó benzoato de estradiol (CIDR-B-E); siendo la diferencia más notoria con respecto al grupo ST, en el que 57% menos hembras fueron detectadas en celo. En el mismo cuadro puede observarse que el 48.7% de las vacas a las que se aplicó el CIDR-B, y que manifestaron celo no ovularon, independientemente si el CIDR-B iba acompañado o no de la inyección de benzoato de estradiol. En el caso del grupo ST el 57.1% tampoco ovuló, de acuerdo a las concentraciones séricas de progesterona encontradas. Es interesante resaltar, que independientemente del tratamiento se detectaron en celo casi el 70% de las hembras, sin embargo solo ovulan casi la mitad.

Al analizar los resultados de gestaciones en el cuadro 6, puede verse que del total de gestaciones logradas, un 77.4% (24/122) se agrupó en los 0 a 26 días posteriores al retiro del CIDR-B y sólo un 22.6% fue en los tres periodos restantes. La gestación total incluyendo a los tres grupos fue únicamente de 25.4% (Fig. 3). Además, en cuanto a la gestación acumulada como en los demás periodos no existió diferencia estadística significativa ($P>0.05$) entre los grupos.

Considerando el bajo porcentaje de gestaciones, se relacionaron las condiciones reproductivas previas de las vacas, con las variables de respuesta porcentaje de celos, de ovulaciones y gestaciones, no encontrándose diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$), cuando los animales se agruparon por estado ovárico, días postparto, intervalo entre partos y número de parto (Cuadro 7).

De igual forma, como se observa en el cuadro 8, pudo verse que la condición corporal evaluada al momento de colocar el CIDR-B tuvo un efecto significativo sobre las variables celo, ovulación y gestación ($P\leq 0.05$). Asimismo, que la ganancia o pérdida de peso durante los 90 días de empadre mostró, que a pesar de hacerse una división por percentiles, no hubo diferencia estadística significativa ($P>0.05$).

Finalmente en el cuadro 9, puede verse que de las hembras utilizadas en el estudio, dos tercios de ellas (80/122) no tuvieron actividad ovárica, a pesar de que fueron expuestas a un programa reproductivo por 90 días. En contraste, se observó que solamente el 9.0% (11/122) inició actividad reproductiva; Sin embargo, este número de animales al ser agregados a los 31 que quedaron gestantes, nos indican que de 42 animales con actividad ovárica el 73.8% quedo gestante durante el estudio (31/42).

3.1 RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 2

Como puede observarse todas las novillas ganaron peso a lo largo de los 34 días que duró el experimento (Cuadro 10), el aumento de peso total tuvo un rango de 39 kilogramos y la ganancia diaria de peso fue de $1.177 \pm .272$ Kg. Por otra parte, la prueba de homogeneidad indica que la distribución de los animales en los tres grupos fue similar en cuanto a la ganancia de peso ($P > 0.05$).

El cuadro 11 contiene información con respecto a la presentación de celos y ovulaciones, en el grupo testigo (ST), ninguna de las novillas mostró celo durante los 6 días posteriores al retiro del CIDR-B en los animales tratados, sin embargo 3 de ellas ovularon de acuerdo a las concentraciones de progesterona encontradas y a los hallazgos de la ultrasonografía. En el grupo CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B-E), de los 10 animales, 6 ovularon y solamente 5 estuvieron en celo. En contraste en el grupo CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B+E), de los 10 animales, 9 mostraron celo y solamente ovularon 3. En forma global se observa, que un 46.7% (14/30) presentó celo y 40.0% (12/30) lograron ovular. Al analizar los porcentajes de ovulación entre los grupos, no se encontró diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) a pesar de las diferencias numéricas observadas lo cual posiblemente sea atribuible al tamaño de la muestra.

Del cuadro 12 es importante señalar que de los grupos tratados, las hembras del grupo CIDR-B-E presentaron celos en promedio, 10 horas antes en relación a las del grupo CIDR-B+E ($P < 0.05$). Además, el error estándar e intervalo de confianza de los datos nos indica que a pesar de que en el grupo CIDR-B+E la respuesta fue más tardía, esta fue más compacta y por lo tanto la detección de celo y la inseminación artificial fue más precisa. En el número de horas del retiro del CIDR-B a la inseminación artificial en general, a pesar de existir también casi una diferencia de 10 horas ($P < 0.05$), el error estándar fue similar, ya que el tiempo transcurrido de la detección del celo a la inseminación artificial fue semejante.

En cuanto al estado ovárico posterior al retiro del CIDR-B, se encontró que en los grupos tratados un 60.0% (6/10) y 50.0% (5/10) de las novillas comenzaron a ciclar, a diferencia del grupo ST en el que solo 10.0% (1/10) tuvo esa respuesta. (Cuadro 13).

El cuadro 14 muestra el número de gestaciones considerando 5 periodos, pueden observarse que un 82.3% de las hembras gestantes en los tres grupos, lo estuvieron durante los primeros 5 días de retirado el CIDR-B y los 2 siguientes ciclos estrales. Por otro lado, al analizarlas por grupo, se encontró que en el grupo CIDR-B-E, 3 de 7 gestaciones ocurrieron en el primer periodo (0 a 5 días); y en el grupo CIDR-B+E todas las gestaciones sucedieron durante los tres primeros periodos, y que en el grupo ST, 5 de las 6 gestaciones que tuvo, se concentraron a los 5 días de retirado el CIDR-B en los grupos tratados y en los dos ciclos estrales siguientes. A pesar de no haber diferencias estadísticas significativas en cuanto al número de animales gestantes entre los grupos tratados y el testigo, en el grupo CIDR-B+E sólo un 40.0% (4/10) de las novillas presentó gestación (Fig. 4).

En cuanto al número de folículos por categoría, considerando los tres periodos del estudio, en el cuadro 15 se puede ver que únicamente en el tamaño folicular de 4 a 6 mm se encontró diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) del grupo CIDR-B+E, en relación con los demás. Posteriormente en el cuadro 16, al hacerse una división de los folículos por etapa, se observa también una diferencia numérica en la etapa 2 en la categoría de 4 a 6 mm en el grupo CIDR-B+E, pero además en la categoría de 11 a 13 mm en el grupo CIDR-B-E, por lo que en el cuadro 17 se divide lo ocurrido en la etapa 2, analizando en este caso además del tamaño folicular, el efecto del número de días de colocado el CIDR-B en las vacas. En este caso, los folículos se dividieron únicamente en tres categorías tratando de agrupar un número mayor de folículos en cada una de ellas. A pesar de esto, la cantidad de folículos en cada celda fue pequeña, aunque permite ver que no existió un patrón definido en el crecimiento folicular ya que en los tres grupos, en algún momento hubo más folículos en alguna de las categorías.

En cuanto a los niveles promedio de progesterona (ng/ml) alcanzados durante los días posteriores a la colocación del CIDR-B (cuadro 18), se encontró que desde el primer día del tratamiento, la cantidad de progesterona fue superior a 2 ng/ml en los grupos como consecuencia de la aplicación del CIDR-B y aún en el que no tuvo tratamiento porque ya había tres novillas ciclando. Siguiendo este mismo esquema hasta el día 8 y a partir de allí en el grupo ST descendió a menos de 1 ng/ml y en los dos grupos tratados se mantuvieron con promedios de 2.28 y 3.42 ng/ml durante los días 10 y 12 respectivamente, por lo que en

ese lapso hubo diferencia estadística significativa de los grupos tratados con respecto al grupo al cual no se le administró progesterona exógena. Aún cuando del día 1 al día 8, todos los grupos alcanzaron niveles superiores a 2 ng/ml de progesterona, y no hubo diferencia estadística significativa ($P > 0.05$), los datos muestran que los grupos con CIDR-B como era de esperarse, tuvieron mayores cantidades de la hormona durante todo el periodo 2.

Cuando se dividieron los folículos en 3 categorías y por etapa del experimento, en el periodo 1 (cuadro 19), únicamente hubo diferencia estadística ($P < 0.05$) en el tamaño de folículos mayores a 9 mm, observándose una mayor cantidad en el grupo ST, debido a que en la etapa previa al tratamiento un número mayor de novillas se encontraban ciclando en este grupo. En la etapa 2 (cuadro 20), el grupo CIDR-B+E tuvo más folículos pequeños (3 a 5 mm), y el grupo CIDR-B-E más en el tamaño de 6 a 9 mm, siendo en el último tamaño (>9 mm) diferentes todos, teniendo más folículos grandes los animales del grupo CIDR-B-E (Fig. 5,6 y 7). Por último, en el periodo 3 (cuadro 21) se siguió observando una tendencia a tener más folículos pequeños en el grupo CIDR-B+E, por otra parte, en la categoría de 6 a 9 mm el grupo ST agrupó más y finalmente en la de folículos mayores a 9 mm el grupo CIDR-B-E fue diferente a los otros dos ($P < 0.05$), hecho que posiblemente repercutió en un mayor número de ovulaciones en estos animales.

CAPITULO IV. DISCUSION

4.0 DISCUSIÓN DEL EXPERIMENTO 1

En el presente trabajo, el hecho de proporcionar una inyección intramuscular adicional de 1 mg de benzoato de estradiol (BE) al terminar un tratamiento de 10 días con progesterona, incrementó el número de animales que mostraron conducta estral y permitieron la monta. Es sabido que los estrógenos facilitan la manifestación de la conducta estral; así, Stumpf *et al.* (1989) demostraron que el estradiol producido por los folículos, tiene la capacidad de aumentar la amplitud de los pulsos de LH, por un aumento en el número de receptores para la hormona liberadora de las gonadotropinas en la hipófisis (GnRH). Durante la fase folicular del ciclo estral, facilitando el crecimiento de un folículo estrogénico que promueva la conducta de celo.

Por otra parte, se ha visto que cuando se administra estradiol exógeno, ocurre algo similar ya que las vacas muestran conducta estral. Larson y Kiracofe (1995) basándose en las observaciones previas hechas por MacGuire *et al.* (1990), realizaron una serie de experimentos para verificar si los animales ovariectomizados presentan estro en respuesta a un tratamiento con SMB. Los resultados mostraron que un 58% de las hembras se detectaron en celo y que las concentraciones de estradiol en los animales que lo presentaron, fueron más altas que en las que no lo hicieron. Asimismo, que el 83% de las vacas con estro tuvieron un pico de LH entre las 32 y 52 horas posteriores al retiro del implante.

Se han realizado algunos trabajos, para evaluar el efecto del tratamiento de progesterona más BE sobre la presentación de celo. MacDougall *et al.* (1992), utilizaron un CIDR-B durante 5 días más 600 µg de BE aplicados a las 48 horas de retirar la progesterona, reportando que 81% de los animales presentaron celo y que solamente un 39% de los del grupo testigo lo hizo. Por otra parte, Macmillan *et al.* (1994), encontraron con vacas lecheras en anestro postparto, que un 78% de ellas presentaron estro en un lapso menor a 120 horas, después de un tratamiento con CIDR-B por 5 días, más una inyección de 0.75 mg de BE a las 48 horas de retirado el dispositivo y que la respuesta aumentó a 91% cuando la dosis de BE fue de 1 mg y se aplicó a las 24

horas. Otra forma de combinar el CIDR-B y el BE fue probado por Cavestany y De Nava (1996), ya que al momento de colocar el CIDR-B aplicaron una inyección intramuscular de 5 mg de BE, mientras que el dispositivo estuvo colocado durante 7 días y al retirarlo se inyectaron 400 UI de PMSG. El porcentaje de IA durante 7 días con este método fue del 40% y en el control de 12.5.

Como puede verse, cuando los tratamientos con progesterona incluyen una aplicación posterior de BE, los porcentajes de presentación de estros son altos como pudo verificarse en el presente trabajo, ya que los resultados obtenidos son semejantes a los de los estudios antes descritos, y las pequeñas diferencias encontradas podrían atribuirse a la dosis y al momento de la aplicación del estradiol con respecto al retiro de la progesterona (Anderson *et al.* 1982; Dailey *et al.* 1983; Kinder *et al.* 1996).

En el caso de los hallazgos de Cavestany y De Nava (1996), se observó un porcentaje de celos menor, lo cual puede deberse a que el BE se aplicó al inicio de un tratamiento de 7 días, por lo que la posibilidad de que el producto se degrade antes de finalizar este periodo, es una hipótesis que merece ser evaluada. Está comprobado que el tipo de estradiol utilizado influye sobre el número de animales que son detectados en celo. Larson y Kiracofe (1995), evaluaron este efecto utilizando un tratamiento con SMB, y en uno de los grupos sustituyeron el valerato de estradiol (VE) por 17β estradiol (17β E), encontrando que el porcentaje de estros con este último fue del 25%, y que con VE del 100%; además, se observó que en el grupo con 17β E las concentraciones endógenas de estradiol se elevaron rápidamente al inicio del tratamiento y que con VE se tuvieron concentraciones más altas a partir del día dos hasta el final de la prueba, lo que demuestra que el 17β E se distribuye más rápido y tiene una vida media más corta que VE, por lo que en este caso la presentación del celo es atribuible al efecto residual de VE. En el caso de los tratamientos que se utilizaron en el presente trabajo, la progesterona se acompañó con BE, el cual tiene una vida media intermedia con relación al 17β E y VE. Aunque en este estudio no se realizaron mediciones para determinar las concentraciones de estradiol, uno puede asumir que las concentraciones de estradiol si se elevaron y esto provocó una adecuada respuesta de celo.

En cuanto a los porcentajes de ovulación de los animales involucrados en el presente estudio, no se encontraron diferencias estadísticas entre ninguno de los grupos, aún en los animales que no fueron sincronizados. Un hecho que se debe considerar, para tratar de explicar esto, es que los animales pudieron haber presentado manifestación de signos de estro como una respuesta de imitación (Alelolimetricia), al haberse formado un grupo sexualmente activo provocado por el tratamiento. En algunos trabajos se ha probado este efecto, por ejemplo Orihuela *et al.* (1983) encontró que para que las vacas manifiesten estro, es necesario previamente el establecimiento de un orden de jerarquía, por lo que a lo largo de un tratamiento con progesterona los animales tienen el tiempo necesario para hacerlo, antes de que el estro se manifieste. En experimentos recientes en Costa Rica, Castro (1995) y Jiménez, (1997) encontraron que un 27% de las vacas sin tratamiento, presentaron estro conjuntamente con animales que habían sido tratados con progestágenos, y al examinar los niveles de progesterona posteriores se determinó que no ovularon. El hecho de que los animales que mostraron celo en los grupos tratados fuera alto y el porcentaje de ovulación bajo, podría sugerir que los tratamientos aplicados no tuvieron efecto sobre esta variable, a pesar de que se ha probado que cuando se suministra estradiol después de un periodo de administración de progesterona, existe una mayor probabilidad de que la conducta estral se acompañe de ovulación (McDougall *et al.*, 1992; Macmillan y Burke, 1996; Fike *et al.*, 1997). Resulta difícil explicar la baja tasa de ovulación, aún en el grupo testigo, aunque podrían considerarse diversos factores que pudieron haber influido, como son que la detección de estros no haya sido precisa es decir, los observadores detectaron vacas en celo que no lo estaban. Es bien sabido que en el ganado *Bos indicus* esto resulta particularmente complejo, de este modo, Orihuela *et al.* (1983) reportan en este tipo de ganado un 65% de eficacia, después de 100 horas de observación continua. Algunos autores, atribuyen este hecho a pautas de conducta propias de esta especie (Galina *et al.* 1982) y a influencias de la jerarquía social en el hato (Orihuela, 1985; Gutiérrez, 1990).

Todos estos aspectos resultan interesantes, ya que en el presente estudio, las muestras sanguíneas para hacer las determinaciones de progesterona y corroborar la ovulación, se tomaron únicamente en los animales que presentaron conducta estral y

fueron inseminados, por lo que existe la posibilidad de que algunas vacas aún cuando no hubieran presentado estro, hubieran ovulado (Dawuda *et al.* 1989).

Otra explicación al bajo porcentaje de ovulaciones en los tres grupos, es que la condición corporal de los animales utilizados fue baja y que éstos en su mayoría perdieron peso a lo largo del estudio. Esta influencia de la CC sobre la ovulación fue evidenciada por Short *et al.*(1981), quienes inyectaron de manera intermitente GnRH a vacas en anestro y no pudieron inducir la ovulación, hecho que ellos atribuyeron a una CC inadecuada de las hembras que utilizaron en el experimento. Por otra parte, en un estudio realizado por Fike *et al.* (1997) en el cual se utilizó un régimen similar al del presente estudio, pero con el CIDR-B por 7 días, y con animales que tenían buena CC. Los investigadores encontraron que los porcentajes de ovulación fueron satisfactorios, ya que en el tratamiento de CIDR-B+BE hubo una relación estro ovulación de 84%, con el CIDR-B sin la inyección adicional de BE, 70% y en el grupo testigo un porcentaje del 66%. Este porcentaje de ovulación global, es 50% mayor al alcanzado en el presente trabajo, diferencia que podría deberse a que los animales utilizados por ellos, posiblemente estuvieran ganando peso y por ende la respuesta es mejor. En el caso del ensayo motivo del presente reporte las hembras tenían una pobre condición corporal y estaban perdiendo peso. Sin embargo, también es posible que existiera influencia adicional de las razas utilizadas en el estudio de Fike *et al.*, ya que éstas fueron cruza de razas *Bos taurus*, los cuáles genéticamente se consideran reproductores más eficaces que los animales *Bos indicus*. Además, los animales no estuvieron sometidos al estrés producido por el calor y la humedad elevada, que ocasionan una mayor necesidad en el nivel de reservas corporales, debido a la existencia de requerimientos de mantenimiento superiores. (Dziuk y Bellows, 1983; Chenoweth, 1994).

La mala CC que presentaba en su mayoría los animales utilizados en el presente estudio, también influyó en la fertilidad del hato, ya que al igual que en la ovulación, los resultados fueron pobres, independientemente del tratamiento aplicado y de que las vacas tuvieran una oportunidad de 90 días para quedar gestantes. De igual manera, De los Santos *et al* (1979) en un estudio realizado en el norte de México, encontraron que un tratamiento del progestágeno SC21009 y VE, más alguna forma de manejo de la

lactancia aplicado a vacas en anestro, en lactación y en malas condiciones físicas, resultaba en únicamente un 26% de animales gestantes en un periodo de 45 días y que en el grupo sin tratar fue de 7.4%. Asimismo, Selk *et al.* (1988), evaluaron la relación entre la nutrición antes del parto, la condición corporal y los cambios de peso sobre el comportamiento reproductivo posterior, en vacas en pastoreo. Los animales se alimentaron con un suplemento, de modo que un grupo consumiera una dieta que le permitiera tener un peso constante, otro perdiera peso durante todo el periodo, otro perdiera peso y luego se mantuviera constante y otro perdiera y luego ganara peso. Encontrando porcentajes de gestación, de 71%, 42%, 51% y 58% para cada una de las dietas. Por lo que concluyeron que existe un efecto importante de la alimentación antes del parto sobre el porcentaje de gestación subsecuente. Además, la existencia de un mecanismo fisiológico que impide a las vacas tener una gestación, cuando pierden más del 25 al 30 % de su peso corporal adulto durante el periodo postparto, ya había sido postulado como un valor que limita la eficiencia reproductiva en vacas postparto (Oliver y Richarson, 1976).

En otros estudios, en los cuales se han empleado esquemas de aplicación de progesterona, seguida por una inyección intramuscular de BE, los porcentajes de gestación encontrados han sido variables. Gatica, (1998), encontró con ganado lechero en anestro, con un tratamiento de esponjas intravaginales impregnadas con 1.5 g de progesterona y una inyección intramuscular de 2.5 mg de BE a las 24 horas del retiro de la esponja, un porcentaje de gestación a primer servicio de 37% y un acumulado a los 25 días de 75%. Por otro lado, Barrientos (1999), aplicando un CIDR-B por 9 días, más una inyección de 1 mg de BE a ganado de doble propósito en condiciones de trópico húmedo, reportó un 64% de gestaciones totales, durante un programa de tres servicios. Estos resultados muestran que las gestaciones a primer servicio en estos estudios no fueron satisfactorias, sin embargo, esto puede atribuirse a que se utilizaron animales que en su mayoría estaban en anestro, además, puede concluirse que las vacas en algún momento iniciaron la actividad ovárica, lo que se ve reflejado en que los porcentajes de gestación van aumentando con un mayor número de servicios.

Además, de la gran influencia que tuvo el estado nutricional de los animales sobre los porcentajes de gestación obtenidos en el presente estudio, algunos autores mencionan un efecto negativo de la presencia de estradiol en este parámetro, cuando se encuentra en concentraciones elevadas en un momento cercano a la fertilización (Sánchez *et al.* 1993; Savio *et al.* 1993). Este hecho, ha servido para explicar la baja fertilidad obtenida después de retirar un tratamiento con progestágenos, ya que en estos casos se ha demostrado que se desarrollan folículos persistentes, los cuales provocan concentraciones altas de estradiol en el tracto reproductivo, que podrían provocar maduración anormal del ovocito liberado (Mihn *et al.*, 1994; Revah y Butler, 1996). Aunque, otros autores mencionan al respecto, que las bajas tasas de fertilidad se deben principalmente a la fertilización de un ovocito producido por un folículo persistente, mas que a las concentraciones elevadas de estradiol presentes (Fike *et al.*, 1997^b). El hecho de que en el presente trabajo, se observó en todos los grupos porcentajes de gestación bajos, no permiten inferir sí en este caso, el tratamiento con BE pudiera haber tenido un efecto negativo sobre la fertilidad pero este concepto merece investigación posterior.

En el presente estudio, es notorio que una gran proporción de las vacas utilizadas se encontraba en anestro postparto, por lo que en estos casos se considera importante aplicar un tratamiento que promueva un reinicio de la actividad estral. Esta estrategia puede proporcionar beneficios económicos considerables para las explotaciones destinadas a la producción de becerros, ya que el hecho de que las vacas no se gesten aproximadamente a los 85 días postparto, no permite que tengan un intervalo entre partos de un año (Fike *et al.*, 1997^a).

En diversos estudios, se ha demostrado que las vacas que se encuentran en anestro durante el periodo postparto lo están por dos razones principales; por un anestro lactacional, ocasionado por estímulo del amamantamiento o en anestro nutricional provocado por un inadecuado almacenamiento de energía. En el caso de los animales utilizados en el presente trabajo, existe la posibilidad que estas dos causas se hubieran presentado solas o en interacción, ya que las vacas comenzaron a perder peso paulatinamente desde la gestación anterior, por lo que al momento del parto y periodo

postparto su CC era inadecuada. Además de que durante la fase experimental tuvieron la presencia del becerro.

Este aspecto es importante de considerar en los resultados que se obtuvieron en el presente estudio, ya que se ha probado que la eficacia de los tratamientos para disminuir el periodo de anestro, puede diferir entre animales con anestro nutricional o lactacional. En el caso del anestro lactacional, este se ha superado con un tratamiento de pulsos de GnRH, ya que en vacas postparto, se ha inducido ovulación y formación de cuerpo lúteo. Estos resultados indican que hay una liberación limitada de GnRH por el hipotálamo, más que incapacidad de la hipófisis para secretar LH (Walters *et al.* 1982; Jagger *et al.* 1987). Por otro lado, en otro estudio observaron que cuando se aplica este mismo tratamiento a vacas en anestro nutricional, no se induce ovulación, ya que en estos casos los animales se encuentran en anestro profundo (Short *et al.*, 1981).

Además, para disminuir el anestro se recomienda utilizar tratamientos cortos con progesterona, para tratar de inducir la ovulación temprana en algunas vacas, incrementar el porcentaje de animales que presentan conducta de estro y tratar de aumentar el porcentaje de animales gestantes a primer servicio (Hanlon *et al.*, 1996). El mecanismo por medio del cual la progesterona induce actividad ovárica en vacas en anestro no está completamente establecido, sin embargo se ha detectado un incremento en la secreción de LH, después de retirar un tratamiento con progesterona en vacas lactantes en anestro (García Winder *et al.*, 1987) y novillas prepúberes (Anderson y Day., 1996). Debido a lo anterior, una explicación lógica podría ser que este incremento de LH, permite a la hipófisis almacenarla por lo que su secreción aumenta y produce un efecto de retroalimentación positiva con estradiol, lo cuál incrementa la maduración del folículo, hasta que ocurre la ovulación.

En el caso del presente trabajo, pudo notarse que dos terceras partes de los animales, no reinició la actividad ovárica después de un periodo de servicios de 90 días, a pesar del tratamiento aplicado, lo que se reflejó en un bajo porcentaje de ovulación y gestación. Sin embargo, pudo observarse que las gestaciones obtenidas, se agruparon en su mayoría en los días 0 a 26 post retiro del dispositivo, lo cual nos da

indicios de que a pesar que el tratamiento fue poco efectivo, si existió un efecto del mismo. Además, el hecho de que estos animales presentaran actividad estral, sirvió posiblemente de estímulo para que las demás vacas lo hicieran, ya que de este porcentaje de gestaciones, la mitad se logró durante el ciclo siguiente a los 6 días en los cuales se esperaba el efecto principal del CIDR-B. Esto permite asumir, que existió un efecto de bioestimulación dentro del hato, ya que los tres grupos de vacas permanecieron juntos durante el tratamiento. Este hecho, ya había sido observado por algunos autores en ovejas y cabras, denominándose “efecto hembra” (Zarco *et al.* 1995). De esta manera, Wright *et al.* (1994), encontraron en vacas productoras de carne en anestro, que un 81% de ellas comenzaron a ciclar a los 91 días postparto, cuando eran expuestas a vacas en celo. Por otra parte, Cortés, (1996) realizó un estudio en el cuál sincronizó vacas cebú con SMB de forma escalonada, y encontró este mismo efecto, concluyendo además, que hay mayor probabilidad de que esto ocurra en animales que presentan crecimiento folicular y/o cuerpo lúteo.

En el caso de otros estudios, los tratamientos basados en progesterona, han sido efectivos para que los animales reinicien la actividad estral. Fike *et al.* (1997), aplicaron diferentes tratamientos a vacas en anestro encontrando que en general los esquemas basados en el uso de progesterona fueron más eficientes, y que de estos, el que incluía una aplicación posterior de BE fue capaz de terminar el anestro en un 84% de los animales. Además, Barrientos (1997), utilizando un CIDR-B más BE adicional, encontró que un 66% de las vacas anéstricas que utilizó se gestaron. Aunque, habría que considerar en este tipo de tratamientos todos los factores que puedan influir en los resultados, ya que la respuesta dependerá de la condición corporal, de que los animales se encuentren ganando peso y del manejo del amamantamiento (Odde, 1990; Zarco y Hernández, 1997).

Por otra parte, se menciona que los porcentajes de gestación son superiores en animales que se encuentran ciclando que en aquellos que están en anestro, ya que las vacas que presentan crecimiento folicular, son las que tienen mayores probabilidades de presentar celo y la formación de cuerpo lúteo (Beal *et al.*, 1984; Porras *et al.*, 1993). Por lo que esto de alguna manera, sirve para explicar porque a pesar

de los tratamientos la tasa de gestación fue limitada, ya que la mayor parte de las vacas estaban en anestro. Aunque, en algunos estudios en los cuales se ha analizado la gestación obtenida en animales que se encuentran en anestro y los que están ciclando, los resultados no permiten llegar a esta conclusión de manera definitiva. Barrientos, (1997), no encontró diferencia estadística entre los dos tipos de animales, ya que en vacas ciclando el porcentaje de gestación fue de 57% y en las anéstricas 68%; Beal *et al.* (1984), tampoco encontró diferencias ya que en este caso los porcentajes de gestación en un periodo de 5 días fueron de 42 y 47% en vacas ciclando y en anestro respectivamente.

4.1 DISCUSIÓN DEL EXPERIMENTO 2

Los resultados del presente estudio confirman lo encontrado por otros autores que demuestran una respuesta de celo muy notoria, así se observó que un 90% de las novillas del grupo CIDR-B+E presentaron conducta estral, en otros estudios en los cuales se ha utilizado estradiol, los resultados muestran también esta tendencia. Por ejemplo, Tribulo, (1995), comparó diferentes esquemas de sincronización, como son la aplicación de PGF, CIDR-B por 14 días, CIDR-B durante 10 días + 17BE al día 9, CIDR-B por 9 días + 17BE al retiro del dispositivo, encontrando porcentajes de presentación de estro durante 72 horas, de 82 y 60% para PGF y CIDR-B y de 93% para los dos últimos tratamientos. Hanlon *et al.*, (1995), empleando un CIDR-B durante 12 días en novillas de un año, reportó una respuesta total de estros de 94%. También, Johnson *et al.* (1997), obtuvieron resultados semejantes, utilizando el CIDR-B por 7 días y en otro grupo de novillas además de esto, aplicaron 1 mg de BE adicional, en el primer tratamiento el porcentaje de estros fue de 37% y en el que incluyó BE de 81%. De igual forma, Lammoglia *et al.* (1998), trataron novillas con el CIDR-B y dosis desde 0.2 a 0.75 mg de BE, aplicado a las 24 a 30 horas posteriores al retiro del dispositivo, encontrando un mayor número de estros con una dosis de 0.38 mg (86%). Como puede notarse, el hecho de aplicar el estradiol favorece el porcentaje de presentación del estro,

ya que en ausencia de progesterona, tiene un efecto de retroalimentación positiva en la liberación de LH.

Por otra parte, como se ha reportado que el estradiol puede provocar la presentación de celos anovulatorios (Roche y Mihn, 1997), se consideró importante evaluar los porcentajes de ovulación con este tipo de tratamiento. En un experimento preliminar al estudio de Tribulo *et al.* (1995), en el cual trataron a novillas de carne con un CIDR-B por 7 días, más 100 mg de progesterona y 5 mg de 17BE intramuscular al momento de insertar el CIDR-B, encontraron por medio de ultrasonografía que un 75% de ellas ovularon. También, Johnson *et al.* (1997), encontraron porcentajes de ovulación mejores en los animales tratados con BE adicional (66%), que en los que tuvieron el CIDR-B solo (44%). A diferencia de estos trabajos, en el presente estudio el porcentaje de ovulación fue mejor en el grupo al cual no se le aplicó la dosis adicional de BE, a las 24 horas del retiro de la progesterona, aunque una posible explicación a este hecho, es que en este caso la dosis de BE fue de 2 mg, es decir dos veces mayor a la que ellos emplearon, por lo que es posible suponer que una cantidad mayor de estradiol podría favorecer la presencia de celo que no es seguido de ovulación (Lammoglia *et al.* 1998).

Por otra parte, al observar los porcentajes de ovulación obtenidos en el presente ensayo, puede notarse que a pesar de no existir diferencia estadística significativa, hay una disparidad numérica del 50% en el porcentaje de novillas que ovularon en el grupo CIDR-B-E, con relación a los otros dos grupos, por lo que podría pensarse que el tamaño de la muestra afectó la sensibilidad de la prueba para detectar diferencias. Por lo tanto los resultados deberán ser considerados con reserva y merecen investigación futura. Además, es importante mencionar que en el grupo sin tratamiento, un 30% de los animales ovularon sin haber sido detectados en celo, a pesar de que los grupos estaban juntos, por lo que en teoría esto pudo facilitar la observación; aunque cabe la posibilidad, de que como el celo en los grupos tratados fue más evidente, pudo provocarse que los observadores prestaran menos atención a este grupo de animales. Este porcentaje de ovulaciones, sin tener manifestación de estro, esta de acorde a lo mencionado por otros autores que han encontrado valores similares en animales sin ningún tratamiento hormonal (Dawuda *et al.* 1989). Con lo que se corrobora la

importancia de aplicar alguno, para facilitar la detección del estro, ya que en otro estudio en el cual se utilizaron tratamientos basados en el uso de progesterona por 5 o 7 días, más la adición al finalizar estos periodos, de gonadotropina coriónica equina (eCG) o BE, el porcentaje de ovulaciones sin estro detectado, incluyendo a todos los tratamientos, fue en promedio de 7% (Macmillan y Burke, 1996).

Dentro de los objetivos de la aplicación de estradiol al terminar un tratamiento de progesterona, está el de lograr tener una mayor presentación de celos, y que éstos sean más homogéneos, con el propósito de facilitar la detección del estro en condiciones de campo y en un momento dado permitir la utilización de la inseminación a tiempo fijo. Con los tratamientos utilizados en este trabajo, se pudo notar que el utilizar BE resultó en una mejor sincronía del celo, lo cual está de acuerdo con los hallazgos de otros autores que han realizado experimentos con este objetivo. Johnson *et al.* (1997), encontró que un 94% de las novillas tratadas con progesterona más BE presentaron estro durante las 48 horas siguientes al tratamiento, y que en este mismo lapso un grupo sin BE alcanzó el 80%. El experimento de Tribulo *et al.* (1995), también consideró esta hipótesis, encontrando ellos, que un tratamiento con CIDR-B durante 10 días y 5 mg de 17BE aplicados a las 24 horas de insertar el dispositivo, permitió que el 93% de las novillas presentaran celo durante las 48 horas siguientes al tratamiento. De igual manera, Lammoglia *et al.* (1998) reportaron que al acompañar un CIDR-B con BE, las novillas requieren menos tiempo para iniciar el estro que aquellas sin el BE. Además, con el primer tratamiento un 89% de los animales que muestran conducta estral lo hicieron entre las 36 y 48 horas siguientes al retiro del dispositivo.

En estos casos, el efecto de sincronía se alcanza, ya que se ha visto que las concentraciones altas de estradiol y progesterona al inicio del tratamiento suprimen a la LH y FSH (Twagiramungu *et al.* 1995), y la disminución de estas hormonas hacen que el folículo acompañante o el folículo dominante sufran regresión, terminando la oleada folicular con lo que se produce una nueva onda de crecimiento a los 3 a 5 días (Bo *et al.* 1993).

Otro de los aspectos que se evaluaron en el presente estudio, fue el de determinar si el tratamiento de progesterona sola o acompañada con BE, es capaz de iniciar la

actividad ovárica en novillas púberes, ya que en el caso de este experimento, la mayoría de ellas (86.6%) se encontraban sin actividad estral. Los resultados mostraron que al finalizar el tratamiento, un 55% de los animales de los grupos tratados con el CIDR-B independientemente, si se les aplicó o no BE, tuvieron un CL y niveles de progesterona mayores a 1 ng/ml, y en el grupo sin tratar solo un 10%, lo cuál es indicativo de un efecto positivo del tratamiento.

Se ha propuesto, que el mecanismo por medio del cual la progesterona tiene este efecto en las novillas, es acelerando la declinación prepuberal en la retroalimentación negativa de estradiol sobre la LH (Anderson *et al.* 1996); por medio de la reducción, en sitios específicos, en el número de neuronas que contienen receptores para estradiol en el hipotálamo (Anderson y Day 1996).

En otros estudios, también han evaluado la capacidad de un tratamiento con progesterona sola o con BE para inducir la actividad estral en novillas. De este modo, Johnson *et al.* (1995), encontraron que los esquemas que incluyeron progesterona, aumentaron el número de novillas que presentaron estro (59%) y formaron un CL funcional (55%), comparándolos con un grupo sin tratar (21 y 12%). Además, el grupo donde se utilizó el BE tuvo mejores porcentajes de celos y ovulación, que aquel donde la progesterona se utilizó sola (81 y 66%), siendo la relación estro, ovulación del 81%. También, Lammoglia *et al.* (1998), utilizando diversas dosis de BE (0, 0.2, 0.38 y 0.75 mg) acompañando un CIDR-B, que se colocó durante 7 días, encontró un promedio para todas las dosis, de 64% de animales que presentaron estro y que un 76% de ellas, tuvo una oleada preovulatoria de LH.

Haciendo una comparación de lo obtenido por los autores anteriores, con los resultados del presente estudio, podemos observar que el comportamiento de las novillas en este último, fue satisfactorio, considerando que se utilizaron animales tipo *Bos indicus*, los cuales se alimentaron principalmente con base a forrajes, siendo conocido que en este tipo de sistemas no hay un control sobre la condición nutricional de los animales ya que la disponibilidad de los forrajes varía con el cambio de las estaciones del año, puesto que es dependiente de las condiciones climáticas (Cuenca, 1998). Así por ejemplo, los animales utilizados por Johnson *et al.* (1995) y Lammoglia *et al.*

(1998), eran animales de razas *Bos taurus*, alimentados bajo un sistema controlado por lo que los resultados con el presente estudio son algo difíciles de comparar. Aunque, habría que considerar que a pesar de esta diferencia, las novillas en los tres estudios presentaban un peso promedio similar (306 ± 32 kg, 292 ± 45 kg y 310 kg, respectivamente), pero diferían en cuanto a la edad promedio para llegar a este peso, ya que los animales utilizados por ellos, tenían una edad promedio de 12 meses, y las del presente estudio de 20. Por lo tanto, si se considera que en la raza Brahman los pesos y edad ideales a la concepción son de 320 kg y 15 meses y que el peso promedio al nacimiento es de 30 kg (Soto, 1997), podemos calcular que las novillas ganaron un peso promedio diario de 459 g, por lo que para tener el peso de 320 kg a los 15 meses de edad, debieron ganar 644 g. Por otra parte, habría que tomar en cuenta que durante el periodo intensivo de estudio (34 días), todas las novillas estaban ganando un peso promedio de $1.177\pm .272$ kg, lo cual explicaría la respuesta al tratamiento.

En cuanto a los porcentajes de gestación obtenidos, se observó un número menor en el grupo CIDR-B+E, con relación al grupo CIDR-B-E y al que no tuvo tratamiento, aunque estadísticamente esta diferencia no se probó. Este punto es importante, si se considera que en los dos grupos tratados, se había visto que una mayor cantidad de las novillas iniciaron la actividad estral, por lo que tenían mayores probabilidades de quedar gestantes, sin embargo, durante un periodo de 90 días, el grupo sin tratamiento tuvo un porcentaje acumulado del 60%, que equivale a una diferencia de 10% con relación al grupo CIDR-B-E, que es el que presentó una mejor respuesta. Aunque, también habría que examinar, que en el grupo sin tratamiento tres de las novillas ya estaban ciclando al inicio del periodo de estudio y que en el grupo CIDR-B-E, solo una y en el de CIDR-B+E, ninguna. Este hecho pudo haber promovido que el grupo sin tratamiento presentara un número de gestaciones aceptable, las cuales se obtuvieron en el periodo entre 6 a 47 días posteriores al retiro del dispositivo en los grupos tratados. Por lo tanto, uno puede suponer que en los animales ciclando y aún en los que no lo estaban, se facilitó la bioestimulación por parte de los animales tratados al estar todas las novillas en contacto durante el estudio (Cortés, 1996; Bolaños *et al.* 1998).

En cuanto al porcentaje de gestación, Kerr *et al.* (1991), evaluaron tres métodos de sincronización, aplicados en novillas *Bos indicus* y *Bos indicus* x *Bos taurus*, manejadas en condiciones extensivas y con edad de 12 a 15 meses. Los regímenes fueron dos aplicaciones de un análogo de PGF2 α (Luprostiol), CIDR-B durante 10 días y 400 UI de PMSG más 7.5 mg de luprostiol al retirar el dispositivo y SMB por 10 días más 400 UI de PMSG y 7.5 mg de luprostiol al retirar el implante. En este estudio fue posible demostrar a los 51 días un porcentaje de gestación de 19% para luprostiol, 49% con el CIDR-B y 53% para el SMB. Los resultados obtenidos en este estudio, con los tratamientos basados en progesterona son comparables a los del presente trabajo ya que en este último caso el promedio de los grupos con CIDR-B fue de 55%; aunque es importante mencionar que en el estudio de Kerr *et al.* un 78% de las novillas presentaba ciclicidad al inicio del estudio, por lo que tenían mayor probabilidad de gestarse (Lammoglia *et al.* 1998), y todas estaban ganando un peso promedio de 0.6 kg por día, aunque también hay que resaltar, que el porcentaje de gestación, ellos la evaluaron a los 51 días, y que en la prueba motivo del presente trabajo solo un 13% de las novillas se encontraban ciclando, aunque tenían ganancias de peso superiores a las de ellos y la gestación fue la acumulada durante 90 días.

Lammoglia *et al.* (1998), también, evaluaron la gestación en novillas, aunque ellos utilizaron un CIDR-B por 7 días más una dosis de PGF2 α al día 6, y a las 24 a 30 horas de retirado el dispositivo aplicando diferentes dosis de BE (0, 0.2, 0.38 y 0.75 mg). Los resultados mostraron que no hubo diferencias en la gestación a las 120 horas post retiro del dispositivo, entre ninguna de las dosis de BE y el promedio de todas ellas fue de 33%. Sin embargo al evaluarla a los 21 días, los grupos que recibieron BE tuvieron un porcentaje de 65% y el que no lo recibió 43%, lo que nos indica que los animales con BE adicional se siguieron gestando, y que en el otro grupo solo se gestó un 8% adicional. En el período de 21 días, el porcentaje de gestación acumulada, incluyendo todas las dosis fue del 60%. Asimismo, cabe mencionar que se encontraron diferencias cuando además de la dosis, se considero el estado ovárico previo de las novillas, ya que de las que estaban ciclando se gestaron un 30% más. De estos resultados, los investigadores concluyeron que aunque el BE incrementó el número de novillas que

mostraron estro, la gestación no se modificó por la dosis de BE utilizada, siendo posible que los folículos en crecimiento y dominancia se hayan atresiado, resultando en una nueva oleada folicular promovida por una liberación prematura de LH, la cual pudo haber interferido con la sincronía entre el celo y la ovulación. Otra alternativa podría ser que existió una liberación prematura de LH que provocó una luteinización del folículo dominante, de modo que la ovulación no ocurrió. Finalmente, otra posibilidad es que existieran fallas en la ovulación porque el BE hubiera inducido conducta estral y liberación de LH sin el desarrollo de un folículo preovulatorio.

Por otra parte, el propósito de colocar un CIDR-B, es el que este producto libere cantidades de progesterona semejantes a las que se encuentran normalmente durante la fase lútea del ciclo estral (Macmillan y Peterson, 1993). En el presente estudio, al igual que lo que se ha encontrado en otros trabajos, los niveles de la hormona se elevaron rápidamente después del suministro de progesterona exógena, encontrándose cantidades superiores a 1 ng/ml desde el primer día (Roche, 1979; Munro y Moore, 1986). Aunque, el valor promedio de 2.75 ng/ml de progesterona, encontrado a las 24 horas posteriores a la colocación del CIDR-B en el presente trabajo, es inferior al reportado en este mismo lapso, en novillas ovariectomizadas (6.7 ng/ml) y en novillas ciclando (4.9 ng/ml). es posible pensar que en el primer caso, el CIDR-B se colocó junto con una cápsula que contenía 10 mg de BE, lo que pudo reducir las concentraciones plasmáticas de progesterona (CPP). (Macmillan *et al.* 1991). En un trabajo realizado en vacas de la raza Holstein lactantes (Van Cleeff, *et al.* 1992) se colocó un CIDR-B por 9 días encontrándose que los valores máximos en las CPP, se observaron al día 2, teniendo un promedio y rango de 3.4 ± 0.23 ng/ml y de 2.8 a 4.4. Los valores mínimos se detectaron al día 8, siendo de 1.7 ± 0.24 ng/ml en promedio, y rango de 1.1 a 3.2. En el presente estudio, se pudo observar que las CPP más altas se detectaron al día 3 (6.56 ng/ml), lo cual coincide con lo reportado en el trabajo anterior, considerando que en este caso, los muestreos para determinar progesterona se realizaron cada tercer día por lo que este valor es el inmediato posterior al día en que ellos encontraron sus máximos valores. Sin embargo, difieren en cuanto al día de presentación del valor menor, que en el presente estudio ocurrió durante el día 10 (2.28 ng/ml). Además, se observa diferencia, en ambos

estudios, en cuanto a los valores promedios de las CPP durante estos días la que podría deberse a que Van Cleeff *et al.* utilizaron animales ovariectomizados; además de que en otro estudio, los hallazgos indican que cada CIDR-B pierde de manera consistente 1 g de la hormona durante un periodo de inserción de 15 días, lo que permite proponer que la variación en las CPP, durante un periodo de tratamiento no se debe a la cantidad de progesterona liberada por cada dispositivo, sino a variaciones individuales en el metabolismo de la hormona entre vacas (Peterson, 1991).

En cuanto a la población folicular, pudo observarse que durante el periodo previo a la colocación del dispositivo, su distribución fue homogénea en las categorías de folículos pequeños y medianos. Sin embargo, se encontró diferencia en la categoría de folículos mayores a 9 mm, ya que en el grupo sin tratar se presentó un número mayor en el grupo sin tratamiento debido posiblemente a que tres de las novillas ya habían iniciado la actividad estral y por lo tanto ya presentaban una dinámica folicular, por lo que es posible que en el momento en el cual se hizo la evaluación ultrasonográfica, hubieran existido folículos en la fase de selección o dominancia. Durante la etapa en la cual el CIDR-B estuvo colocado, en las tres categorías foliculares se encontraron diferencias entre los grupos. En la clase de folículos de 3 a 5 mm el grupo CIDR-B+E presentó una mayor cantidad y en la de 6 a 9 mm, el grupo CIDR-B-E, sin embargo, habría que considerar que durante esta etapa a pesar de estar considerados como dos grupos separados, los animales estaban en las mismas condiciones de tratamiento, ya que tenían colocado un CIDR-B acompañado de la cápsula con 10 mg de BE y aún no se les aplicaba la inyección adicional de 2 mg de BE, por lo que el hecho de que presentaran diferencias pudo deberse simplemente al azar. En la categoría de folículos grandes, los tres grupos fueron diferentes, habiendo una menor cantidad en el grupo CIDR-B+E, pero al igual que en la etapa 1 debe de tomarse en cuenta que en los grupos sin tratamiento había novillas ciclando y que en el grupo CIDR-B-E una de ellas también lo estaba. Otra interrogante que se tendría que considerar durante esta etapa, es la posible presencia de folículos que pudieron haber persistido en los ovarios, ya que existió la posibilidad de que esto sucediera, en vista de que el CIDR-B estuvo colocado durante 13 días, por lo que tal vez las concentraciones de progesterona presentes no

fueron suficientes para suprimir los pulsos de LH, lo que pudo provocar el crecimiento del folículo y que este persistiera en el ovario (Sánchez, 1997). Es importante mencionar que a pesar de que el planteamiento original era el de incluir exclusivamente novillas en anestro esto no fue posible por lo que en futuras experiencias será necesario controlar esta variable o aumentar la muestra para poder comparar hembras anéstricas y ciclando.

Durante la etapa 3, se percibieron diferencias en las tres categorías de folículos, así, en la del tamaño de 3 a 5 mm en el grupo CIDR-B+E se encontraron más observaciones. Sin embargo en este caso, esto se pudo deber a una cuestión aleatoria, ya que cuando se realizó un análisis de la población folicular, considerando los tres periodos del estudio (cuadro 15), únicamente se encontró diferencia estadística en la categoría de folículos de 4 a 6 mm, del grupo CIDR-B+E con respecto a los otros grupos, y de igual forma al observar el número de folículos en esta categoría, por periodo, siempre se observó diferencia numérica favorable. Otra posible explicación, es que estos animales recibieron la inyección adicional de 2 mg de BE, por lo que puede pensarse que la población folicular presente en ese momento, se entrarán en regresión y se hubiera iniciado otra oleada de crecimiento folicular, existiendo la posibilidad de que esos folículos pequeños fueran producto de una nueva ola folicular (Bo *et al.* 1995). Esta teoría es reforzada por el hecho, de que en el grupo CIDR-B-E existió una cantidad significativamente mayor de folículos mayores a 9 mm y un porcentaje de ovulación superior a la que presentaron los demás grupos, ya que al retirarse la progesterona y no aplicarse el BE, se suprimió el efecto de retroalimentación negativa sobre la LH, con lo que los folículos presentes completaron su desarrollo (Hanlon *et al.* 1996).

4.2 DISCUSIÓN GENERAL.

A pesar de que en el experimento 1 y 2 los tratamientos aplicados fueron similares, existen algunas diferencias que sería interesante considerar al hacer una evaluación de la utilización del CIDR-B en animales *Bos indicus*, mantenidos bajo condiciones de trópico húmedo. Una primera variable la constituye el tipo de animales utilizados, ya que en el experimento 1, se emplearon vacas que presentaban características reproductivas que constituyen una fuente de variación en la respuesta,

como es el número de días postparto al tratamiento, intervalo entre partos, número de parto y estado ovárico previo. Además, de otros puntos muy importantes como son la presencia de un becerro y el estado nutricional de los animales. En el caso del experimento 2, se utilizaron novillas en las cuáles no inciden tantos parámetros previos, sin embargo, habría que considerar que un aspecto crítico sobre su desempeño, es que se trata de animales que están terminando su desarrollo y que por primera vez tienen que iniciar una gestación y lactación, por lo que es muy importante un control estricto del aspecto nutricional (Odde, 1990; Galina, 1997).

Con respecto a la presentación de estros, en ambos experimentos, se observaron respuestas similares, excepto en el grupo que no tuvo tratamiento, en el cuál un 35% de las vacas fueron detectadas en celo, siendo opuesto en las novillas, en donde ningún animal manifestó conducta estral. Esta diferencia, tal vez se explique, si se consideran las conclusiones derivadas de un estudio de Orihuela (1985), en el cual se puso de manifiesto la importancia de la jerarquía social en la manifestación de celos de los animales dentro del hato. Por lo que se podría pensar que las novillas no tenían bien definida su estructura social (Gutiérrez, 1990), además, de que tuvieron que interactuar con animales de mayor jerarquía, ya que durante el experimento no fueron separadas del hato. En el caso de los dos experimentos, fue posible observar una mejor respuesta de celo, en los grupos que recibieron la inyección adicional de BE, siendo ésta en promedio de 91%, no encontrándose diferencias significativas entre los dos tipos de animales, a pesar de existir variación en la dosis de BE, que se utilizó en ambos estudios (cuadro 22). De este modo, Lammoglia *et al.* (1998), evaluaron el efecto de la dosis de BE, sobre la presentación del estro, en vacas y novillas que se encontraban en anestro o ciclando, en este estudio fue posible encontrar que una dosis de 0.38 y 0.75 mg ocasionó que un 100% de las novillas que estaban ciclando, presentara celo y en las que estaban en anestro un 75% respondió, con una dosis de 0.38 mg. En el caso de vacas multíparas que se encontraban ciclando, un 100% presentó estro cuando se aplicaron 0.5 y 1 mg, y en las que estaban en anestro, este mismo porcentaje se obtuvo con la dosis de 1 mg. De estos resultados, se puede concluir que la dosis óptima para lograr una buena respuesta de estro, en vacas multíparas fue de 1 mg y en novillas de 0.38, observándose, además,

que los datos señalan que en animales ciclando, puede haber una mayor variabilidad en la dosis aplicada. En el presente trabajo, en las novillas se utilizó una dosis de BE mayor (2 mg), y los resultados obtenidos (90%), son comparables a los del estudio de Lammoglia *et al.* Sin embargo, en el estudio realizado en Martínez de la Torre, no se evaluaron los resultados tomando en cuenta el estado ovárico previo de las novillas ya que un 87% estaban en anestro.

Aunque era factible encontrar una mejor respuesta en el experimento 2, ya que las condiciones de nutrición de las novillas eran mejores que en las vacas, los porcentajes de ovulación encontrados en los dos experimentos no difieren significativamente (cuadro 22). La explicación de este fenómeno es que a pesar que las primeras se encontraban ganando peso, además de no tener la presencia de una cría, lo cual repercute en un mayor gasto energético, por la lactancia y un efecto inhibitorio sobre la ovulación (Short *et al.* 1981; Williams y Griffith, 1995), hacen posible pensar en un efecto negativo de la dosis de estradiol que se utilizó en las novillas, ya que en los esquemas en los que se incluye la aplicación de BE, después de un método de sincronización, la cantidad de BE empleada ha sido menor, así, en estudios iniciales, se utilizó una dosis de 0.5 mg a las 28 horas y de 0.4 mg a las 48 horas posteriores, a una inyección de PGF2 α (Nancarrow y Radford, 1975; Peters *et al.* 1977), posteriormente, McDougall *et al.* (1992) emplearon 0.6 mg, al retiro de un tratamiento con progesterona, en vacas multíparas, encontrando que un 85% de los animales ovulan; de igual forma Macmillan *et al.* (1995), emplearon dosis de 0.75 y 1 mg, en animales adultos. En contraste, Gatica (1998), uso 2.5 mg de BE, después del retiro de una esponja impregnada de progesterona, en vacas anéstricas, reportando que un 62% de ellas ovularon, es decir un valor similar al que se observó en el experimento 2. La presencia de un efecto negativo del estradiol, en el presente trabajo, debe considerarse como una posibilidad, ya que a pesar de que no se encontró diferencia estadística entre los experimentos 1 y 2 en cuanto a los porcentajes de ovulación por grupo, sí la hubo cuando se conjuntaron los resultados de los grupos CIDR-B+E (35%) y CIDR-B-E (54%), independientemente, de sí los animales eran vacas o novillas. Además, es importante recalcar que en varios de los estudios consultados, en los cuales se ha

empleado estradiol después de un tratamiento con progesterona, no se ha reportado el porcentaje de ovulación, dato muy importante si se toma en cuenta la posible presentación de estros anovulatorios (Mc Guire *et al.* 1990). Otro aspecto importante de considerar, es que se ha probado que en ausencia de progesterona, los efectos de 17BE en la secreción de la LH dependen de las concentraciones circulantes, método de administración y al momento en el cual las concentraciones de LH se miden con relación a la aplicación del estradiol. Se ha visto que cuando se administra el estradiol en cantidades que resultan en concentraciones suprafisiológicas, tiene un efecto biofásico en la secreción de las gonadotropinas (Kesner *et al.*, 1981; Butler *et al.*, 1983). Esta se inhibe inicialmente por varias horas y es seguida por una oleada de liberación de LH y FSH (Kinder *et al.* 1996), por lo que al aplicar una dosis elevada, pudiera resultar en una falta de sincronía entre la oleada de LH y la ovulación, afectando en consecuencia el momento óptimo para el servicio, sobre todo si se toma en cuenta que en novillas el estro se manifiesta 9.4 horas más pronto que en las vacas (Peters, 1986).

En relación con los porcentajes de gestación, se encontró diferencia significativa cuando se consideró la acumulada durante un periodo de servicios de 90 días, ya que esta fue de 25% en las vacas y 57% en las novillas (cuadro 22). De igual manera, esta disparidad se observó, cuando se evaluó la gestación total por grupo de tratamiento, comparando los experimentos 1 y 2. La presentación de un mejor resultado en la fertilidad de las novillas con relación a las vacas previamente sincronizadas, ya ha sido demostrada al encontrarse que un 20% más se gestan (Peters, 1986).

Este mejor porcentaje de gestaciones obtenido en el experimento 2, era factible de encontrar en vista de la diferencia que presentaban los animales en cuanto a CC y ganancias de peso, además del factor adverso del amamantamiento que tenían las vacas. Con relación a esto, Imakawa *et al.* (1986), mencionan tasas de gestación del 30%, en animales alimentados bajo sistemas de pastoreo de corta duración, con forrajes de crecimiento rápido, lo cuál probablemente repercuta en una deficiencia de energía en la dieta. Esta restricción, produce una disminución de la actividad lútea y de las concentraciones de progesterona. Además, estos mismos autores demostraron que las concentraciones de LH, después del retiro de un implante de progestágeno, son menores

en novillas que estaban en anestro, como consecuencia de una dieta baja en energía (Imakawa *et al.*, 1984). En vista de estos hechos, es posible que un proceso de esta naturaleza afectara la respuesta de las vacas, ya que aunque no se documenta en la metodología, por no ser parte del estudio, durante la época en la que se efectuaron los experimentos del presente trabajo, se hacían muestreos de los forrajes y en ellos se encontraron porcentajes de proteína aceptables, por lo que es probable que la principal limitante fuera el contenido de energía de la dieta.

Cuando se realizó un análisis de la ocurrencia de las gestaciones, considerando un lapso de 0 a 47 días, no se encontraron diferencias estadísticas entre vacas y novillas (84% y 82%). Sin embargo, si existió divergencia cuando además del tipo de animal se incluyó el tratamiento. Encontrándose que en el grupo CIDR-B+E un 100% de las novillas lo hizo en este tiempo, y en las vacas un 75%, en el grupo CIDR-B-E, las vacas tuvieron más gestaciones (93%) que las novillas (71%), y como era de esperarse, en el grupo sin tratamiento no existieron diferencias (80% y 83%) (cuadro 23). Estos datos resultan diferentes a lo que podía esperarse, ya que se observa que todas las novillas del grupo CIDR-B+E, que se gestaron lo hicieron en este periodo, es decir un lapso en el cuál era factible esperar que la administración del BE repercutiera negativamente, sin embargo, este efecto es posible de advertirse, cuando se toman en cuenta el número de gestantes en los periodos de 0 a 5 días, periodo más cercano a la administración del BE, observándose que no existieron diferencias estadísticas entre vacas y novillas del grupo CIDR-B+E, teniendo ambos grupos porcentajes bajos de 11.7 y 10% respectivamente; y que en el tratamiento de CIDR-B-E las vacas tuvieron una respuesta menor (11.7%), que las novillas (30%). Durante el ciclo subsecuente (día 6 a 26), en el grupo CIDR-B-E no difirió el número de gestantes entre los dos tipos de animales, pero en el CIDR-B+E, sí existió desigualdad ya que un número mayor de novillas se gestó (22 vs 4%) (cuadro 23). De estos resultados se deriva, que pudo haber un efecto negativo de la adición de BE, ya que en estos periodos, tanto en el experimento 1 como en el 2, en el grupo CIDR-B+E el porcentaje de gestantes fue menor. Además, es importante resaltar que en el grupo sin tratamiento no se encontraron diferencias significativas entre vacas y novillas.

CAPITULO V. CONCLUSIONES

1. - El hecho de suministrar una dosis adicional de 1 ó 2 mg de benzoato de estradiol a las 24 horas de retirar un tratamiento de progesterona natural, resulta en una mayor cantidad de animales que manifiestan conducta estral, pero no aumenta el porcentaje de ovulaciones ni de gestaciones en las vacas y novillas de estos grupos.

2. - En el experimento 1, existió una interferencia con los resultados en cuanto al número de ovulaciones y gestaciones producida por las condiciones de nutrición que presentaban los animales al momento y después del tratamiento, y una posible influencia del amamantamiento.

3. - En cuanto al experimento 2, los datos proporcionan indicios de un efecto negativo de la dosis de estradiol utilizada sobre la ovulación y gestación, a pesar de que a diferencia de las vacas, las novillas se encontraban ganando peso.

4. - En el caso de los animales a los que se les aplicó estradiol adicional, fue posible detectar que el celo se presentó de un modo más compacto, lo cuál en condiciones de campo facilitaría la detección del estro.

5. - En el presente trabajo se encontró un efecto positivo al aplicar un tratamiento hormonal a animales que en su mayoría se encontraban en anestro, ya que algunos de ellos iniciaron la actividad ovárica por un efecto directo del tratamiento o de un modo indirecto, es decir, debido a una estimulación producida por la presencia de un número considerable de animales que manifestaron conducta estral (bioestimulación).

6. - A pesar de que en el experimento se hicieron evaluaciones de la población folicular por medio de ultrasonografía, la frecuencia con que se hicieron al retirar el dispositivo y aplicar el estradiol, no permitió tener una idea precisa sobre los cambios producidos sobre los folículos por el estradiol que se utilizó.

CAPITULO VI. LITERATURA CITADA

Román PH. Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México. *Ciencia Veterinaria* 1981; 3: 394-431.

Galina CS, Russell JM. Research and publishing trends in cattle reproduction in the tropics: Part 1. A global analysis. *Anim Breed Abstr* 1987; 55 (10): 743-749.

Anta E, Rivera JA, Galina C, Porras A, Zarco L. Análisis de la información publicada en México sobre la eficiencia reproductiva de los bovinos. II Parámetros reproductivos. *Vet Mex* 1989; 20: 11-18.

Escobar FJ. Estudio del intervalo entre partos en bovinos productores de carne en una explotación del altiplano y otra en la zona tropical húmeda (tesis de maestría). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1980.

Hurnik JF, King GJ, Robertson HA. Estrus and related behaviour in postpartum Holstein cows. *Appl Animal Ethology* 1975; 2: 55-68.

Gatica R. Improvement of fertility in dairy cattle. Proceedings of the 4th SIPAR Follow-Up Seminar on Animal Reproduction and Biotechnology for Latin América. Vol. I; 1998 febrero 8-20; Belém/Castanhal/Pará/Brazil (Brazil). Brazil: Karin Österson & William G. Vale, 1998: 54-61.

Galina CS, Arthur GH. Review on cattle reproduction in the tropics. Part 4. Oestrus cycles. *Anim Breed Abstr* 1990; 58: 697-707.

Plasse D, Warnick AC, Koger M. Reproductive behaviour of *Bos indicus* females in a subtropical environment. IV. Length of estrus cycle, duration of estrus, time of ovulation, fertilization and embryo survival in grade Brahman heifers. *J Anim Sci* 1970; 30: 63-72.

Vaca ALA. Algunas características del ciclo estral en vacas Indobrasil (tesis de maestría). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1982.

Orihuela TA. La conducta estral en la vaca Indobrasil (tesis de doctorado). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1985.

Boyd LJ. Fertility of oestrus synchronized dairy cattle treated with gonadotropins and inseminated at a predetermined time. *Vet Rec* 1974; 89: 632.

Lamothe ZC, Fredrikson G, Kindhal H. Reproductive performance of Zebu cattle in México. 1. Sexual behaviour and seasonal influence on estrous cyclicity. *Theriogenology* 1991; 36: 887-896.

Dawuda PM, Eduvie LO, Esievo KAN, Molokwu ECI. Silent oestrus manifestation in Nigerian Bunaji Zebu cows. *Anim Reprod Sci* 1989; 21: 79-85.

Basurto CH. Sincronización del estro en bovinos en el trópico Mexicano. *Memorias avances de farmacología aplicada en la clínica bovina*; 1997 octubre 7-10; México (DF). México (DF): Colegio de Medicos Veterinarios Zootecnistas del Distrito Federal, AC, 1997: 131-142.

Roche JF, Crowe MA, Boland MP. Postpartum anoestrus in dairy and beef cows. *Anim Reprod Sci* 1992; 28: 371-378.

Milvae RA, Hinckley ST, Carlson JC. Luteotropic and luteolytic mechanisms in the bovine corpus luteum. *Theriogenology* 1996; 45: 1327-1349.

Peters AR. Hormonal control of the bovine oestrus cycle. II Pharmacological principles. *Br Vet J* 1986; 142: 20-29.

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

King ME, Kiracofe GH, Stevenson JS, Schalles RR. Effect of stage of the estrous cycle on interval to estrus after PGF₂ α in beef cattle. *Theriogenology* 1982; 18: 191-200.

Beal WE, Chenault JR, Day ML, Corah LR. Variation in conception rates following synchronization of estrus with melengestrol acetate and prostaglandin F₂ α . *J Anim Sci* 1988; 66: 599-602.

Beal WE, Perry RC, Corah LR. Follicular development in cows fed melengestrol acetate to synchronize estrus. *J Anim Sci* 1990; 12 (suppl. 1): 68 (abstr.).

Hoffman DP, Stevenson JS, Mac Kee RM, Nichols DA, Krehbiel CL. Pregnancy rates in virgin heifers and suckled beef cows after synchronized ovulation using PGF₂ α , norgestomet and GnRH. *J Anim Sci* 1995; (suppl. 1): 89 (abstr.).

Lucy MC, Thatcher WW, Macmillan KL. Some identification of follicular populations and return to estrus in early postpartum dairy cows given intravaginal progesterone for 15 days. *Theriogenology* 1990; 34: 325-340.

Macmillan KL, Taufa VK, Day AM, McDougall S. Some effects of using progesterone and oestradiol benzoate to stimulate oestrus & ovulation in dairy cows with anovulatory anestrus. *Proc NZ Soc Anim Prod* 1995; 55: 239-241.

Hanlon DW, Williamson NB, Wichtel JJ, Steffert IJ, Craigie AL, Pfeiffer DV. 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.

Lamond DR. Synchronisation of ovarian cycles in sheep and cattle. *Anim Breed Abstr* 1964; 32: 269-285.

Gordon I. Controlled breeding in cattle. Part. 1. Hormones in the regulation of reproduction, oestrus control, and set-time artificial insemination. *Anim Breed Abstr* 1976; 44: 265-275.

Christian RE, Casida LE. The effect of progesterone in altering the estrus cycle of the cow. *J Anim Sci* 1948; 7: 540 (abstr.).

Dutt RH, Casida LE. Alteration of the estrual cycle in sheep by use of progesterone and its effect upon subsequent ovulation and fertility. *Endocrinology* 1948; 43: 208-217.

Ulberg LC, Grummer RH, Casida LE. The effects of progesterone upon ovarian function in gilts. *J Anim Sci* 1951; 10: 665-671.

Knox JW, Rabb JL, Oakes JY, Vicent CK. Progestin injections and ear implants for control of estrus in cattle. *J Anim Sci* 1972; 34: 354.

Sreenan JM. Effect of long and short-term intravaginal progestagen treatments on synchronization of oestrus and fertility in heifers. *J Reprod Fert* 1975; 45: 479-485.

Roche JF. Effect of short-term progesterone treatment on oestrous response and fertility in heifers. *J Reprod Fert* 1974; 40: 433-440.

Wiltbank JN, Ingalls JE, Rowden WW. Effects of various forms and concentrations of estrogens alone or in combination with gonadotropins on the estrous cycle of beef heifers. *J Anim Sci* 1961; 20: 341-346.

Rowson L, Tervit R, Brand A. The use of prostaglandins for synchronization of oestrus in cattle. *J Reprod Fert* 1972; 29: 145-154.

Wiltbank JN, Kasson CW. Synchronization of estrus in cattle with an oral progestational agent and an injection of an estrogen. *J Anim Sci* 1968; 27: 113-116.

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

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

Roche JF, Mihm M. Physiology and practice of induction and control of oestrus in cattle. *The bovine Practitioner* 1997; 31 (2): 4-10.

Beal WE, Good GA. Synchronization of estrus in postpartum beef cows with melengestrol acetate and prostaglandin F_{2α}. *J Anim Sci* 1986; 63: 343-347.

Curl SE, Durfey W, Patterson R, Zina DW. Synchronization of oestrus on cattle with subcutaneous implants. *J Anim Sci* 1968; 27: 1189.

Carrick MJ, Shelton JN. The synchronization of oestrus in cattle with progestagen impregnated intravaginal sponges. *J Reprod Fert* 1967; 14: 21-32.

Shimuzi H, Toyoda Y, Takeochi S, Kawai T, Adachi S. Synchronization of oestrus and subsequent fertility of beef cattle following the intravaginal administration of gestagen. *J Reprod Fert* 1967; 13: 555-558.

Beal WE. Application of knowledge about corpus luteum function in control of estrus and ovulation in cattle. *Theriogenology* 1996; 45: 1399-1411.

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

González PE, Ruíz DR, Wiltbank JN. Inducción y sincronización del estro en vaquillas prepúberes mediante la administración de estrógenos y un progestágeno. *Téc Pec Méx* 1975; 28: 17-22.

Roche JF. Calving rate of cows following insemination after a 12-day treatment with silastic coils impregnated with progesterone. *J Anim Sci* 1976; 43: 164.

Sprott LR, Wiltbank JN, Songster WN, Webel S. Estrus and ovulation in beef cows following use of progesterone-release devices, progesterone and estradiol valerate. *Theriogenology* 1984; 21 (2): 349-356.

Roche JF, Ireland J, Mawhinney S. Control and induction of ovulation in cattle. *J Reprod Fert* 1981; 30 (suppl.): 211-222.

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.

Wheaton JE, Carlson KM, Windels 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.

Hamra AH, Massri YG, Marcek JM, Wheaton JE. Plasma progesterone levels in ewes treated with progesterone-controlled internal drug-release dispensers, implants and sponges. *Anim Reprod Sci* 1986; 11: 187-194.

Carlson KM, Pohl HA, Marcek JM, Muser RH, Wheaton JE. Evaluation of progesterone controlled internal drug release dispensers for synchronization of estrus in sheep. *Anim Reprod Sci* 1989; 18: 205-218.

Ritar AJ, Salamon S, Ball PD, O'May PJ. Ovulation and fertility in goats after intravaginal device-PMSG treatment. *Small Ruminant Res* 1989; 2: 323-331.

Asher GW, Thompson JGE. Plasma progesterone and LH concentrations during oestrous synchronization in female fallow deer (*Dama dama*). *Anim Reprod Sci* 1989; 19: 143-153.

Macmillan KL, Taufa VK, Barnes DR, Day AM, Henry R. Detecting oestrus in synchronized heifers using tail paint and aerosol raddle. *Theriogenology* 1988; 30: 1099-1114.

Lauderdale JW. Effects of PGF₂ α on pregnancy and estrous cycle of cattle. *J Anim Sci* 1972; 35: 246 (abstr.).

Hafs HD, Manns JG, Drew B. Onset of oestrus and fertility on dairy heifers and suckled beef cows treated with prostaglandin F₂ α . *Anim Prod* 1975; 21: 13-20.

Ireland JJ, Roche JF. Effect of progesterone on basal LH and episodic LH and FSH secretion in heifers. *J Reprod Fert* 1982; 64: 295-302.

Kesner JS, Padmanabhan V, Convey EM. Estradiol induces and progesterone inhibits the preovulatory surges of luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone in heifers. *Biol Reprod* 1982; 26: 571-578.

Schallenberger E, Schams D, Bullerman B, Walters DL. Pulsatile secretion of gonadotrophins ovarian steroids and ovarian oxytocin during prostaglandin induced regression of the corpus luteum in the cow. *J Reprod Fert* 1984; 71: 493-501.

Tanabe TY, Hahn RC. Synchronized estrus and subsequent conception in dairy heifers treated with prostaglandin F₂α. I. Influence of stage of cycle at treatment. *J Anim Sci* 1984; 58: 805-811.

Berardinelli J, Adair R. Effect of prostaglandin F₂α dosage and stage of estrous cycle on the estrous response and corpus luteum function in beef heifers. *Theriogenology* 1989; 32: 169-183.

Cornwell DG, Hentges JF, Fields MJ. Lutalyse as a synchronizer of estrus in Brahman heifers. *J Anim Sci* 1985; 61 (suppl. 1): 614 (abstr.).

Fralix KD, Patterson DJ, Schillo KK, Stewart RE, Bullock KD. Changes in morphology of corpora lutea, central luteal cavities and steroid secretion patterns of postpartum suckled beef cows after melengestrol acetate with or without prostaglandin F₂ alpha. *Theriogenology* 1996; 45 (6): 1255-1263.

Zarco QL, Hernández CJ. Sincronización de estros en bovinos utilizando progestágenos: Factores que influyen en la presentación del estro y fertilidad. Memorias séptimo curso internacional de reproducción bovina; 1997 mayo 19-22; México (DF). México (DF): Academia de Investigación en Biología de la Reproducción, AC, 1997: 279-284.

Brown LN, Odde KG, King ME, LeFever DG, Neubaver CJ. Comparison of melengestrol acetate-prostaglandin F₂α to Syncro-mate B for estrus synchronization in beef heifers. *Theriogenology* 1988; 30: 1-12.

Moody EL, Lauderdale JW. Fertility of cattle following PGF₂α controlled ovulation. *J Anim Sci* 1997; 45 (suppl. 1): 189 (abstr.).

Sirois J, Fortune JE. Lengthening the bovine estrous cycle with low levels of exogenous progesterone: A model for studying ovarian follicular dominance. *Endocrinology* 1990; 127: 916-925.

Mihn M, Baguisi A, Boland MP, Roche JF. Association between the duration of dominance of the ovulatory follicle and pregnancy rate in beef heifers. *J Reprod Fert* 1994; 102: 201-221.

Savio JD, Thatcher WW, Badinga L, De la Sota RL, Wolfenson D. Regulation of dominant follicle turnover during the oestrous cycle in cows. *J Reprod Fert* 1993; 97: 197-203.

Fortune JE. Follicular dynamics during the bovine estrous cycle: A limiting factor in improvement of fertility?. *Anim Reprod Sci* 1993; 33: 111-125.

Sánchez-Torres ET.: Efecto de la concentración de progesterona en la pulsatilidad de hormona luteinizante en Bovinos. Memorias séptimo curso internacional de reproducción bovina; 1997 mayo 19-22; México (DF). México (DF): Académia de Investigación en Biología de la Reproducción, AC, 1997:101-108.

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 Fert* 1993; 98: 77-84.

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.

Roberson MS, Wolfe MW, Stumpf TT, Kittok RJ, Kinder JE. Luteinizing hormone secretion and corpus luteum function in cows receiving two levels of progesterone. *Biol Reprod* 1989; 41: 997-1003.

Custer EE, Beal WE, Hall SJ, Meadows AW, Berardinelli JG, Adair R. Effect of melengestrol acetate (MGA) or progesterone-releasing intravaginal devices (PRID) on follicular development, estradiol-17 β and progesterone concentrations and luteinizing hormone release during an artificially lengthened bovine estrous cycle. *J Anim Sci* 1994; 72: 1282-1289.

Kojima FM, Chenault JR, Wehrman ME, Bergfeld EG, Cupp AS, Werth LA, Mariscal V, Sánchez T, Kittok RJ, Kinder JE. Melengestrol acetate at greater doses than typically used for estrous synchrony in bovine females does not mimic endogenous progesterone in regulation of secretion of luteinizing and 17 β -Estradiol. *Biol Reprod* 1995; 52: 455-463.

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 17 β -estradiol in heifers. *Biol Reprod* 1995; 52: 464-469.

Bo GA, Pierson RA, Mapletoft RJ. The effect of estradiol valerate on follicular dynamics and superovulatory response in cows with syncro-mate-B implants. *Theriogenology* 1991; 36 (2): 169-183.

Anderson LH, Day ML. Acute progesterone administration regress persistent dominant follicles and improves fertility of cattle in which estrus was synchronized with melengestrol acetate. *J Anim Sci* 1994; 72: 2955-2961.

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

Bodensteiner KJ, Kot K, Wiltbank MC, y Ginther OJ. Synchronization of emergence of follicular waves in cattle. *Theriogenology* 1996; 45: 1115-1128.

Savio JD, Keenan L, Boland MP, Roche JF. Pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle of heifers. *J Reprod Fert* 1988; 83: 663-671.

Ginther OJ, Kastelic JP, Knopf L. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim Reprod Sci* 1989; 20: 187-200.

Adams GP. Control of ovarian follicular wave dynamics in cattle: Implications for synchronizacion & superstimulation. *Theriogenology* 1994; 41: 19-24.

Bo GA, Adams GP, Pierson RA, Mapletoft RJ. Effect of progestogen plus estradiol-17- β treatment on superovulatory response in beef cattle. *Theriogenology* 1996; 45: 897-910.

Wehrman ME, Roberson MS, Cupp AS, Kojima FN, Stumpf TT, Werth LA, Wolfe MW, Kittok RJ, Kinder JE. Increasing exogenous progesterone during synchronization of estrus decreases endogenous 17 β estradiol and increases conception in cows. *Biol Reprod* 1993; 49: 214-220.

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.

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

Twagiramungu H, Guilbault AL, Dufour JJ. Synchronization of ovarian follicular waves with a Gonadotropin-Releasing Hormone Agonist to increase the precision of estrus in cattle: A review. *J Anim Sci* 1995; 73: 3141-3151.

Bo GA, Adams GP, Pierson RA, Mapletoft RJ. Exogenous control of follicular wave emergence in cattle. *Theriogenology* 1995; 43: 31-40.

Bodensteiner KJ, Kot K, Wiltbank MC, Ginther OJ. Synchronization of emergence of follicular waves in cattle. *Theriogenology* 1996; 45: 1115-1128.

Thatcher WW, Drost M, Savio JD, Macmillan KL, Entwistle KW, Morris GR. New clinical uses of GnRH and its analogues in cattle. *Anim Reprod Sci* 1993; 33: 27-49.

Schmitt EJP, Díaz T, Drost M, Thatcher WW. Use of a GnRH-Agonist or hCG for timed-insemination in cattle. *J Anim Sci* 1996; 74:

Anderson GW, Babonis GD, Riesen JW, Woody CO. Control of estrus and pregnancy in dairy heifers treated with Syncro-Mate-B. *Theriogenology* 1982; 17: 623-633.

Welch JA, Hackett AJ, Cunningham CJ, Heishmann JO, Ford SP, Nadaraja R, Hansel W, Inskoop EK. Control of estrus in lactating beef cows with prostaglandin F 2α and estradiol benzoate. *J Anim Sci* 1975; 41: 1686-1692.

Peters JB, Welch JA, Lauderdale JW, Inskoop EK. Synchronization of estrus in beef cattle with PGF 2α and estradiol benzoate. *J Anim Sci* 1977; 45: 230-235.

Dailey RA, James RE, Inskeep EK, Washburn SP. Synchronization of estrus in dairy heifers with prostaglandin F_{2α} with or without estradiol benzoate. *J Dairy Sci* 1983; 66: 881-886.

McDougall S, Macmillan KL, Williamson NB. The effect of oestradiol-17β on the rising and plateau dominant follicle in anoestrous cows. *Theriogenology* 1994; 41: 252 (abstr.).

Williams GL. Sucking as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: A review. *J Anim Sci* 1990; 68: 831-852.

Savio JD, Boland MP, Hynes N, Roche JF. Resumption of follicular activity in the early post-partum period of dairy cows. *J Reprod Fert* 1990; 88: 569-597.

Wagner WC, Hansel W. Reproductive physiology of the postpartum cow. I. Clinical and Histological findings. *J Reprod Fert* 1969; 18: 843-851.

Pierson RA, Ginther OJ. Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology* 1984; 21: 495-504.

Murphy MG, Boland MP, Roche JF. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in postpartum beef suckler cows. *J Reprod Fert* 1990; 90: 523-533.

Stagg K, Diskin MG, Sreenan JM, Roche JF. Follicular development in long-term anoestrous suckler beef cows fed two levels of energy postpartum. *Anim Reprod Sci* 1995; 38: 49-61.

Lamming GE, Wathes CD, Peters AR. Endocrine patterns of the post-partum cow. *J Reprod Fert* 1981; 30: 155-170.

Williams GL, Griffith MK. Sensory and behavioural control of gonadotrophin secretion during suckling-mediated anovulation in cows. *J Reprod Fert* 1995; 49 (suppl.): 463-475.

Jolly PD, McDougall S, Fitzpatrick LA, Macmillan KL, Entwistle KW. Physiological effects of undernutrition on postpartum anoestrus in cows. *J Reprod Fert* 1995; 49 (suppl.): 477-492.

Rhodes FM, Fitzpatrick LA, Entwistle KW, De'ath G. Sequential changes in ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* heifers before and after nutritional anoestrus. *J Reprod Fert* 1995; 104: 41-49.

Lucy MC, Staples CR, Michel FM, Thatcher WW. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *J Dairy Sci* 1991; 74: 473-482.

Dimmick MA, Gimenez T, Spitzer JC. Ovarian endocrine activity and development of ovarian follicles during the postpartum interval in beef cows. *Anim Reprod Sci* 1991; 24: 173-183.

Perry RC, Corah LR, Kirakofe GH, Stevenson JS, Beal WE. Endocrine changes and ultrasonography of ovaries in suckled beef cows during resumption of postpartum estrous cycles. *J Anim Sci* 1991; 69: 2548-2555.

Cavestany D. Postpartum anoestrus in dairy cattle. Proceedings of the 4th SIPAR Follow-Up Seminar on Animal Reproduction and Biotechnology for Latin América. Vol. I; 1998 febrero 8-20; Belém/Castanhal/Pará/Brazil (Brazil). Brazil: Karin Österson & William G. Vale, 1998:102-109.

Silveira PA, Spoon RA, Ryan DP, William GL. Evidence for maternal behaviour as a requisite link in suckling-mediated anovulation in cows. *Biol Reprod* 1993; 49: 1338-1346.

Cuenca L.: Nutritional anestrus in beef cattle at pasture. Proceedings of the 4th SIPAR Follow-Up Seminar on Animal Reproduction and Biotechnology for Latin América. Vol. I; 1998 febrero 8-20; Belém/Castanhal/Pará/Brazil (Brazil). Brazil: Karin Österson & William G. Vale, 1998:94-101.

Lussier JG, Matton P, Difour JJ. Growth rates of follicles in the ovary of the cow. *J Reprod Fert* 1987; 81: 301-307.

Richars MW, Wetteman RP, Schoeneman HM. Nutritional anestrus in beef cows: Body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum & ovarian activity. *J Anim Sci* 1989; 67: 1520-1526.

Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Anim Sci* 1989; 72: 68-78.

Breuel KF, Lewis PE, Inskeep EK, Butcher RL. Endocrine profiles and follicular development in early-weaned postpartum beef cows. *J Reprod Fert* 1993; 97: 205-212.

Crowe MA, Goulding D, Baguisi A, Boland MP, Roche JF. Induced ovulation of the first postpartum dominant follicle in beef suckler cows using a GnRH analogue. *J Reprod Fert* 1993; 99: 551-555.

Hunter MG. Characteristics and causes of the inadequate corpus luteum. *J Reprod Fert* 1991; 43 (suppl.): 91-99.

McDougall S, Burke CR, Macmillan KL, Williamson NB. The effect of pretreatment with progesterone on the oestrus response to oestradiol-17 β benzoate in the post-partum dairy cow. *Proc NZ Soc Anim Prod* 1992; 52: 157-160.

Macmillan KL, Taufa VK, Day AM, McDougall S. Some effects of using progesterone and oestradiol benzoate to stimulate oestrus and ovulation in dairy cows with anovulatory anoestrus. *Proc NZ Soc Anim Prod* 1995; 55: 239-241.

Macmillan KL, Taufa VK, Day AM. Varyng the form of oestradiol administration in anoestrous cows previously treated with progesterone. *Proc NZ Soc Anim Prod* 1996; 56:

De Nava G, Cavestany D. Efecto de la utilización de dos fuentes de progesterona en el tratamiento del anestro posparto en vacas Holando en producción (Resultados preliminares). *Memorias Primer Congreso Uruguayo de Producción Animal*; 1996 octubre 2-4; Montevideo (Uruguay). Uruguay, 1996:210.

Dabas YPS, SC Sud, UK Atheya, BD Lakchauray. LH-RH induced oestrus and blood plasma progesterone profiles in cattle. *Indian J Anim Sci* 1990; 60 (5): 536-538.

Rao AVN. Induction of ovulation and luteal function by gonadotropin releasing hormone in acyclic cows. *Indian J Anim Sci* 1991; 61 (1): 63-64.

Mc Guire WJ, Larson RL, Kiracofe GH. Syncro-mate B® induces estrus in ovariectomized dairy cows and heifers. *Theriogenology* 1990; 34 (1): 33-37.

Murphy BD, Pescador N. Métodos para mejorar la respuesta ovulatoria en el ganado. *Memorias séptimo curso internacional de reproducción bovina*; 1997 mayo 19-22; México (DF). México (DF): Academia de Investigación en Biología de la Reproducción, AC, 1997: 87-100.

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

Griffin PG, Ginther OJ. Research applications of ultrasonic imaging in reproductive biology. *J Anim Sci* 1992; 70: 953-972.

Reeves JJ, Rantanen NW, Hauser M. Transrectal real-time ultrasound scanning of the cow reproductive tract. *Theriogenology* 1984; 21 (3): 485-494.

García A. y Bo GA.: Uso de la ultrasonografía para el estudio de los eventos reproductivos en el bovino. *Memorias XVIII Congreso Nacional de Buiatría*; 1993 noviembre 11-13; México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 1993: 152-160.

Pierson RA, Kastelic JP, Ginther OJ. Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. *Theriogenology* 1988; 29: 21-37.

Pierson RA, Ginther OJ. Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology* 1984; 21 (3): 495-504.

Ginther OJ, Kastelic JP, Knopf L. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim Reprod Sci* 1989; 20: 187-200.

Sirois J, Fortune JE. Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol Reprod* 1988; 39: 308-317.

Kähn W. Ultrasonography in the cow. In: Schlütersche, Hannover and Mosby-Wolfe. *Veterinary reproductive ultrasonography*. London, 1994: 83-185.

Fortune JE, Sirois J, Quirk SM. The growth and differentiation of ovarian follicles during the bovine estrous cycle. *Theriogenology* 1988; 29 (1): 95-109.

Fortune JE. Ovarian follicular growth and development in mammals. *Biol Reprod* 1994; 50: 225-232.

Matton P, Adalakoun V, Couture Y, Dufour JJ. Growth and replacement of the bovine ovarian follicles during the estrous cycle. *J Anim Sci* 1981; 52 (4): 813-820.

Driancourt MA. Follicular dynamics in sheep and cattle. *Theriogenology* 1991; 35 (1): 55-79.

Hansel W, Convey EM. Physiology of the estrous cycle. *J Anim Sci* 1983; 57 (suppl. 2): 404-424.

Roche JF, Boland MP. Turnover of dominant follicles in cattle of different reproductive states. *Theriogenology* 1991; 35 (1): 81-90.

Adams GP, Matteri RL, Kastelic JP, Ko JCH, Ginther OJ. Association between surges of follicle-stimulating hormone and emergence of follicular waves in cattle. *J Reprod Fert* 1992; 94: 177-188.

Campbell BK, Scaramuzzi RJ, Webb R. Control of antral follicle development and selection in sheep and cattle. *J Reprod Fert* 1995; 49 (suppl.): 335-350.

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

Rahe CH, Owens RE, Fleeger JL, Newton HJ, Harms PG. Pattern of plasma luteinizing hormone in the cyclic cow: Dependence upon the period of the cycle. *Endocrinology* 1980; 107: 498-503.

Savio JD, Thatcher WW, Badinga L, de la Sota RL, Wolfenson D. Regulation of dominant follicle turnover during the oestrus cycle in cows. *J Reprod Fert* 1993; 97: 197-203.

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

Pierson RA, Ginther OJ. Follicular populations during the estrous cycle in heifers. I. Influence of day. *Anim Reprod Sci* 1987; 14: 165-176.

García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. México, D.F.: Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, 1988.

Méndez RI, Guerrero DN, Moreno AL, Sosa MC. El protocolo de investigación. Lineamientos para su elaboración y análisis. 2ª ed. México, D.F.: Edit. Trillas, 1994.

Zar JH. Bioestatistical analysis. 3ª ed. New Jersey, USA.: Prentice Hall, 1996.

SAS. SAS User's Guide: Statistics. 5ª ed. Cary NC : SAS Inst. Inc, 1989.

Hampton RE. Introductory biological statistics. Central Michigan University: Wm. C. Brown Publishers, 1994.

SAS. SAS User's Guide: Statistics. Version 6.10 ed. Cary NC : SAS Inst. Inc, 1994.

Stumpf TT, ML Day, JA Stotts, MW Wolfe, PL Pennel, RJ Kittok, JE Kinder. Effect of estradiol on luteinizing hormone secretion during the follicular phase of the bovine estrous cycle. *Biol Reprod* 1989; 41: 91-97.

Larson LR, Kiracofe GH. Estrus after treatment with synchromate-B in ovariectomized heifers is dependant on the injected estradiol valerate. *Theriogenology* 1995; 44: 177-187.

Macmillan KL, McDougall S, Taufu VK, Day AM. Ovulation and oestrus among dairy cows with anovulatory anoestrus following progesterone pre-treatment. *Proc Aust Soc Reprod Biol* 1994; 26: 74.

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.

Orihuela A, Galina CS, Escobar FJ, Riquelme E. Estrous behaviour following PGF₂ α injection in zebu cattle under continous observation. *Theriogenology* 1983; 19: 795-809.

Castro A. Factores que influyen en el reinicio de la actividad ovárica postparto en vacas cebú combinando tratamientos de Syncro-Mate B® y destete temporal por 48 horas en la zona de San Carlos, Alajuela (tesis de licenciatura). Heredia (Heredia) Costa Rica: Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela de Medicina Veterinaria. Univ. Nacional, 1995.

Jiménez PR. Posible conducta de imitación (alelolimetría) en la manifestación de celo en hembras *Bos indicus* sometidas al estímulo de vacas en celo, post-sincronización con progestágenos (tesis de licenciatura). Heredia (Heredia) Costa Rica: Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela de Medicina Veterinaria. Univ. Nacional, 1997.

Fike KE, Day ML, Inskeep EK, Kinder JE, Lewis PE, Short RE, Hafs HD. Estrus and luteal function in suckled beef cows that were anestrous when treated with an intravaginal device containing progesterone with or without a subsequent injection of estradiol benzoate. *J Anim Sci* 1997; 75: 2009-2015.

Galina CS, Calderon A, McCloskey M. Detection of sings of oestrus in the Charolais cow and its Brahman cross under continous observation. *Theriogenology* 1982; 20: 485-498.

Gutierrez ACG. Influencia de la jerarquía social del hato sobre la presentación del estro en novillonas cebú (tesis de licenciatura). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1990.

Short RE, EM Convey, RB Staigmiller, RA Bellows. Effects of intermittent small-dose injections of GnRH in anestrus postpartum beef cows. *J Anim Sci* 1981; 53 (Suppl.): 366 (abstr.).

Dziuk PJ, Bellows RA. Management of reproduction of beef cattle, sheep and pigs. *J Anim Sci* 1983; 57 (suppl. 2): 355-379.

Chenoweth PJ. Aspects of reproduction in female *Bos indicus* cattle: A review. *Australian Veterinary Journal* 1994; 71 (12): 422-426.

De los Santos VSG, Taboada SJJ, Montaña BM, González PE, Ruíz DR. Efecto de la lactación controlada, y tratamiento con hormonas esteroides en la inducción y sincronización del estro en vacas encastadas de cebú. *Téc Pec Méx* 1979; 36: 9-14.

Selk GE, Wettemann RP, Lusby KS, Oltjen JW, Mobley SL, Rasby RJ, Garmendia JC. Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J Anim Sci* 1988; 66: 3153-3159.

Oliver J, Richardson FD. Relationship between conception rate in beef cattle and weight change. *Proceedings, Beef Cattle Production in Developing Countries, Edinburgh, UK. 1976. 154-157.*

Barrientos MM. Evaluación del efecto de dispositivos vaginales que contienen progesterona natural de liberación prolongada (CIDR) y benzoato de estradiol, sobre la fertilidad y actividad ovárica en ganado bovino, bajo las condiciones del trópico húmedo mexicano (tesis de maestría). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1999.

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 synchronise time of estrus in cows and heifers. *Biol Reprod* 1993; 49: 1102-1107.

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

Fike KE, Wehrman ME, Bergfeld EGM, Kojima FN, Kinder JE. Prolonged increased concentrations of 17 β -estradiol associated with development of persistent ovarian follicles do not influence conception rates in beef cattle. *J Anim Sci* 1997^b; 75: 1363-1367.

Walters DL, Short RE, Convey EM, Staigmiller RB, Dunn TG, Kaltenbach CC. Pituitary and ovarian function in postpartum beef cows. III. Induction of estrus, ovulation and luteal function with intermittent small-dose injections of GnRH. *Biol Reprod* 1982; 26: 655-662.

Jagger JP, AR Peters, GE Lamming. Hormone responses to low-dose GnRH treatment in post-partum beef cows. *J Reprod Fert* 1987; 80: 263-269.

García-Winder M, Lewis PE, Townsend EC, Inskeep EK. Effects of norgestomet on follicular development in postpartum beef cows. *J Anim Sci* 1987; 64: 1099-1109.

Anderson LH, ML Day. Site-specific reductions in the number of hypothalamic estradiol receptor-containing neurons during progestin-induced puberty in heifers. *Biol Reprod* 1996; 54 (suppl. 1): 178 (abstr.).

Zarco L, Rodríguez EF, Angulo MRB, Valencia J. Female to female stimulation of ovarian activity in the ewe. *Anim Reprod Sci* 1995; 39: 251-258.

Wright IA, Rhind SM, Smith AJ, Whyte TK. Effects feromones from cows in oestrus on the duration of the post-partum anoestrous period in beef cows. *Anim Prod* 1992; 54: 465 (abstr.).

Cortés HJR. Características de conducta estral en ganado cebú dentro de un programa de sincronización con un progestágeno (tesis de maestría). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1996.

Beal WE, Good GA, Peterson LA. Estrus synchronization and pregnancy rates in cyclic and noncyclic beef cows and heifers treated with syncro-mate B or norgestomet and alfaprostol. *Theriogenology* 1984; 22: 59-65.

Porras AAI, Galina HC. Utilización de progestágenos para la manipulación del ciclo estral bovino. *Vet Méx* 1992; 22 (1): 31-36.

Tribulo HE, Bo GA, Kastelic JP, Pawlyshyn V, Barth AD, Mapletoft RJ. Estrus synchronization in cattle with estradiol-17 β and CIDR-B vaginal devices. *Theriogenology* 1995; 43: 340 (abstr.).

Johnson SK, Day ML, Lynch JM, Kinder JE, Rasby R, Short RE, Wettemann RP, Hafs HD. Onset of estrus and luteal function in peripubertal heifers given an intravaginal

progesterone releasing insert with or without a subsequent injection of estradiol benzoate. *J Anim Sci* 1997; 75 (suppl. 1): 231 (abstr.).

Lammoglia MA, Short RE, Bellows SE, Bellows RA, MacNeil MD, Hafs HD. Induced and synchronized estrus in cattle: dose titration of estradiol benzoate in peripuberal heifers and postpartum cows after treatment with an intravaginal progesterone-releasing insert and prostaglandin F 2α . *J Anim Sci* 1998; 76: 1662-1670.

Bo GA, Adams GP, Nasser LF, Pierson RA, Mapletoft RJ. Effect of estradiol valerate on ovarian follicles emergence of follicular waves and circulating gonadotropins in heifers. *Theriogenology* 1993; 40: 225-239.

Anderson LH, McDowell CM, Day ML. Progestin-induced puberty and secretion of luteinizing hormone in heifers. *Biol Reprod* 1996; 54: 1025-1031.

Soto CR. Algunos estudios de los efectos de la suplementación alimenticia sobre el desempeño productivo y reproductivo de hembras Brahman en condiciones tropicales (tesis de doctorado). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1997.

Bolaños JM, Forsberg M, Kindahl H, Rodríguez-Martínez H. Bioestimulatory effects of estrous cows and bulls on resumption of ovarian activity in postpartum anestrous zebu (*Bos indicus*) cows in the humid tropics. *Theriogenology* 1998; 49: 629-636.

Kerr DR, McGowan MR, Carroll CL, Baldock FC. Evaluation of three estrus synchronization regimens for use in extensively managed *Bos indicus* and *Bos indicus/taurus* heifers in Northern Australia. *Theriogenology* 1991; 36 (1): 129-141.

Roche JF. Control of oestrus in cattle. *Wld Rev Anim Prod* 1979; 14: 49-56.

Munro RK, Moore NW. Plasma concentrations of progesterone in ovariectomized and prepuberal heifers following intravaginal and intramuscular administration of progesterone. *Anim Reprod Sci* 1986; 26: 25-40.

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

Peterson AJ, Henderson HC. Plasma concentrations in ovariectomized dairy cows treated with a CIDR-B breeding device. *J Reprod Fert* 1991; 43 (suppl.): 308 (abstr.).

Galina CS. Esquemas prácticos de manejo reproductivo en ganaderías de carne. Memorias séptimo curso internacional de reproducción bovina; 1997 mayo 19-22; México (DF). México (DF): Academia de Investigación en Biología de la Reproducción, AC, 1997: 43-55.

Kesner JS, Convey EM, Anderson CR. Evidence that estradiol induces the preovulatory LH surge in cattle by increasing pituitary sensitivity to LHRH and then increasing LHRH release. *Endocrinology* 1981; 108: 1386-1391.

Butler WR, Katz LS, Arriola J, Milvae RA, Foote RH. On the negative feedback regulation of gonadotropins in castrate and intact cattle with comparison of two FSH radioimmuno-assays. *J Anim Sci* 1983; 56: 919-929.

Imakawa K, Day ML, Zalesky DD, García-Winder M, Kittok RJ, Kinder JE. Influence of dietary-induced weight changes on serum luteinizing hormone, estrogen and progesterone in the bovine female. *Biol Reprod* 1986; 35: 377-384.

Imakawa K, Kittok RJ, Kinder JE. Luteinizing hormone secretion after withdrawal of exogenous progestogen in heifers fed three levels of dietary energy. *J Anim Sci* 1984; 58: 151-158.

CAPITULO VII ANEXOS

CUADRO 3. CONDICIONES PREVIAS AL ESTUDIO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS ANIMALES EN LOS GRUPOS, sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimento 1).

CARACTERISTICA	GRUPOS			TOTAL
	ST N=20	CIDR-B - E n=51	CIDR-B + E n=51	
ESTADO OVÁRICO ^a				
Anestro	16 (80.0)	46 (90.2)	43 (84.3)	105 (86.1)
Ciclando	4 (20.0)	5 (9.8)	8 (15.7)	17 (13.9)
DIAS POSTPARTO-TRATAMIENTO ^a				
32-51	4 (20.0)	15 (29.4)	14 (27.5)	33 (27.0)
52-73	9 (45.0)	18 (35.3)	23 (45.0)	50 (41.0)
74-116	7 (35.0)	18 (35.3)	14 (27.5)	39 (32.0)
INTERVALO ENTRE PARTOS ^a				
316-378	8 (44.4)	11 (24.4)	12 (25.5)	31 (28.2)
379-665	6 (33.3)	20 (44.4)	26 (55.3)	52 (47.3)
666-1142	4 (22.2)	14 (31.1)	9 (19.2)	27 (24.5)
NÚMERO DE PARTO ^a				
1	2 (10.0)	6 (11.8)	4 (7.8)	12 (9.8)
2	13 (65.0)	23 (45.0)	30 (58.8)	66 (54.1)
3	4 (20.0)	22 (43.2)	13 (25.5)	39 (32.0)
4	1 (5.0)	0 (0.0)	4 (7.8)	5 (4.1)

Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

^aNo se encontraron diferencias estadísticas entre los grupos en ninguno de los niveles (P>0.05)

CUADRO 4. CONDICIÓN CORPORAL PREVIA Y GANANCIA O PÉRDIDA DE PESO DURANTE EL ESTUDIO, DE LAS VACAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B-E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimento 1).

CONDICIÓN CORPORAL * ^a	GRUPOS			TOTAL
	ST n=20	CIDR-B - E n=51	CIDR-B + E n=51	
≤ 2.0	10 (50.0)	31 (64.6)**	29 (60.4)**	70 (60.3)
> 2.0	10 (50.0)	17 (35.4)	19 (39.6)	46 (39.7)
GANANCIA O PÉRDIDA DE PESO (kg) ^a				
-135 a -36	7 (35.0)	15 (29.4)	9 (17.6)	31 (25.4)
-35 a 2	9 (45.0)	20 (39.2)	32 (62.7)	61 (50.0)
3 a 94	4 (20.0)	16 (31.4)	10 (19.6)	30 (24.6)

*Se consideró una escala de 1 (delgada) a 5 (obesa)

**Se midió la condición corporal en 48 animales, debido a que en 3 animales de cada grupo no se hizo por problemas de manejo.

Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

*No se encontraron diferencias estadísticas entre los grupos en ninguno de los niveles (P>0.05)

CUADRO 5. CELOS Y OVULACIÓN EN VACAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimento 1).

RESPUESTA	GRUPOS			
	ST n= 20	CIDR-B - E n=51	CIDR-B + E n=51	TOTAL n=122
CELO*	7/20 (35.0) ^a	31/51 (60.8) ^a	47/51 (92.2) ^b	85/122 (69.7)
OVULACIÓN**	3/7 (42.8) ^a	17/31 (54.8) ^a	23/47 (48.9) ^a	43/85 (50.5)

^{a, b} Los valores en la línea con literales diferentes son estadísticamente significativos (P < 0.05)

* Las vacas que no mostraron celo no fueron muestreadas para determinación de progesterona

** Se consideró como ovulación niveles de progesterona sérica > 1 ng/ml.

Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

CUADRO 6. GESTACIÓN EN VACAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimento 1).

GESTACIÓN (días)	GRUPOS				TOTAL
	ST n=20	CIDR-B - E n=51	CIDR-B + E n=51		
0 - 5 ^a	1/20 (5.0)	6/51 (11.8)	6/51 (11.8)	13/122 (10.6)	
6 - 26 ^a	3/19 (15.8)	6/45 (13.3)	2/45 (4.4)	11/109 (10.1)	
27 - 47 ^a	0/16 (0.0)	1/39 (2.6)	1/43 (2.3)	2/98 (2.0)	
48 - 68 ^a	1/16 (6.2)	1/38 (2.6)	2/42 (4.8)	4/96 (4.2)	
69 - 90 ^a	0/15 (0.0)	0/37 (0.0)	1/40 (2.5)	1/92 (1.1)	
Acumulada^a	5/20 (25.0)	14/51 (27.5)	12/51 (23.5)	31/122 (25.4)	

^aNo se encontraron diferencias estadísticas entre los grupos en ninguno de los niveles ($P > 0.05$). Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

CUADRO 7. ESTRO, OVULACIÓN Y GESTACIÓN EN LAS VACAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B-E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B+E), EN RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS PREVIAS AL ESTUDIO (Experimento 1).

CARACTERÍSTICA	GRUPOS											
	ST n = 20				CIDR-B - E n = 51				CIDR-B + E n = 51			
	n	ET	OV	GT	n	ET	OV	GT	n	ET	OV	GT
Estado ovárico^a												
Anestro	(16)	4	1	3	(46)	28	15	13	(43)	39	12	9
Ciclando	(4)	3	1	2	(5)	3	1	1	(8)	8	5	3
Días postparto^a												
32 - 51	(4)	1	0	1	(15)	9	4	4	(14)	14	3	1
52 - 73	(9)	5	2	4	(18)	12	8	4	(23)	19	7	4
74 - 116	(7)	1	0	0	(18)	10	4	6	(14)	14	7	7
Intervalo entre partos^a												
316 - 378	(8)	2	0	2	(11)	6	2	0	(12)	12	5	4
379 - 665	(6)	3	0	2	(20)	11	3	4	(26)	23	9	5
666 - 1142	(4)	2	2	1	(14)	10	7	8	(9)	8	2	2
Número de parto^a												
1	(2)	0	0	0	(6)	4	4	2	(4)	4	1	1
2	(13)	4	2	3	(23)	15	6	6	(30)	27	9	7
3	(4)	2	0	1	(22)	12	6	6	(13)	13	5	3
4	(1)	1	0	1	(0)	0	0	0	(4)	3	2	1

^a No hubo significancia estadística entre los grupos en ninguno de los niveles (P>0.05)

ET= estro OV= ovulación GT= gestación

CUADRO 8. ESTRO, OVULACIÓN Y GESTACIÓN EN LAS VACAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E), en relación con la condición corporal previa y la ganancia o pérdida de peso durante el estudio (Experimento 1).

CARACTERÍSTICA	GRUPOS											
	ST n = 20				CIDR-B - E n = 51				CIDR-B + E n = 51			
	ET	OV	GT	GT	ET	OV	GT	GT	ET	OV	GT	GT
*Condición corporal ^a												
≤ 2.0	1 (10)	0	0	(31)	18	5	3	(29)	25	5	5	5
> 2.0	7 (10)	2	5	(17)	12	9	8	(19)	18	10	10	6
Ganancia o pérdida de peso (kg) ^b												
-36 a -135	1 (7)	0	0	(15)	7	3	1	(9)	9	4	4	1
2 a -35	6 (9)	2	3	(20)	12	8	7	(32)	30	11	11	5
3 a 94	0 (4)	0	2	(16)	12	5	6	(10)	8	2	2	6

ET= estro OV= ovulación GT= gestación
Los números entre paréntesis representan el número de animales en cada categoría.

^aCondición corporal vs celo P=0.0506
Condición corporal vs ovulación P=0.0002
Condición corporal vs gestación P=0.0016
^bNo hubo significancia estadística entre los grupos en ninguno de los niveles (P>0.05)
^cSe midió la condición corporal en 48 animales, debido a que en 3 animales de cada grupo no se hizo por problemas de manejo.

CUADRO 9. ESTADO REPRODUCTIVO DE LAS VACAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E), sometidas a 90 días de empadre (Experimento 1).

CONDICIÓN*	GRUPOS			TOTAL
	ST n=20	CIDR-B - E n=51	CIDR-B + E n=51	
Vacía en anestro ^a	14 (70.0)	31 (60.8)	35 (68.6)	80 (65.6)
Vacía ciclando ^a	1 (5.0)	6 (11.8)	4 (7.8)	11 (9.0)
Gestante ^a	5 (25.0)	14 (27.4)	12 (23.5)	31 (25.4)
TOTAL	20	51	51	122

* Determinada por ultrasonografía y palpación rectal.
Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

^aNo hubo significancia estadística entre los grupos en ninguno de los niveles (P>0.05)

CUADRO 10. GANANCIA DE PESO (kg) DE LAS NOVILLAS DURANTE EL TRATAMIENTO Y SU DISTRIBUCION POR GRUPO (Experimento 2).

CATEGORÍA (Kg)**.	GRUPOS*			TOTAL
	ST n=10	CIDR-B - E n=10	CIDR-B + E n=10	
19 a 34.9	4	3	2	9
35 a 47.9	4	4	3	11
48 a 58	2	2	4	8
TOTAL	10	9	9	28

*Los grupos son homogéneos ($P > 0.05$).

**La ganancia diaria de peso promedio fue de 1.177 ± 0.272 Kg

CUADRO 11. CELOS Y OVULACIÓN EN NOVILLAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimento 2).

RESPUESTA	GRUPOS			TOTAL
	ST n= 10	CIDR-B - E n=10	CIDR-B + E n=10	
CELO	0/10 (0.0) ^a	5/10 (50.0) ^b	9/10 (90.0) ^b	14/30 (46.7)
OVULACIÓN*	3/10 (30.0) ^a	6/10 (60.0) ^a	3/10 (30.0) ^a	12/30 (40.0)

^{a, b} Los valores en la línea con literales diferentes son estadísticamente significativos (P < 0.05).

* se consideró ovulación, niveles de progesterona mayores a 2 ng/ml y presencia de un cuerpo lúteo, determinado por ultrasonografía.

Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

CUADRO 12. HORAS DEL RETIRO DEL CIDR-B A LA PRESENTACIÓN DE CELO, DE LA DETECCIÓN DE CELO A LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL Y DEL RETIRO DEL CIDR-B A LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL DE LAS NOVILLAS DE LOS GRUPOS CIDR-B SIN INYECCIÓN DE BENZOATO DE ESTRADIOL (CIDR-B - E) Y CIDR-B CON INYECCIÓN DE BENZOATO DE ESTRADIOL (CIDR-B + E) (Experimento 2).

HORAS	GRUPOS					
	CIDR-B - E	DS*	EE**	CIDR-B + E	DS	EE
Retiro/celo***	38:14 ^a	7.4	3.3	48:01 ^b	5.3	1.9
Celo/I.A.	11:20 ^a	2.5	1.1	11:02 ^a	2.0	0.7
Retiro/I.A.	50:00 ^a	4.9	2.2	59:21 ^b	7.7	2.7

^{a,b} Los valores en la línea con literales diferentes son estadísticamente significativos ($P < 0.05$)

* Desviación estándar

**Error estándar

***I de C al 95%: CIDR-B-E (47.41;29.26) CIDR-B+E (53.14;43.48).

CUADRO 13. ESTADO OVÁRICO DE LAS NOVILLAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimento 2).

ETAPA	GRUPOS					
	ST n = 10		CIDR-B - E n = 10		CIDR-B + E n = 10	
	Anestro*	Ciclando**	Anestro*	Ciclando**	Anestro*	Ciclando**
Antes del tratamiento	7 (70.0)	3 (30.0)	9 (90.0)	1 (10.0)	10 (100.0)	0 (0.0)
Al retiro del CIDR-B	6 (60.0)	4 (40.0)	3 (30.0)	7 (70.0)	5 (50.0)	5 (50.0)
Novillas en anestro que ciclaron	+1	(10.0)	+6	(60.0)	+5	(50.0)

* Progesterona sérica <1ng/ml

** Progesterona sérica >1ng/ml

CUADRO 14. GESTACIÓN EN NOVILLAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimento 2).

GESTACIÓN (días)	GRUPOS			TOTAL
	ST n=10	CIDR-B - E n=10	CIDR-B + E n=10	
0 - 5 ^a	0/10 (0.0)	3/10 (30.0)	1/10 (10.0)	4/30 (13.4)
6 - 26 ^a	3/10 (30.0)	1/7 (14.3)	2/9 (22.2)	6/26 (23.1)
27 - 47 ^a	2/7 (28.7)	1/6 (16.7)	1/7 (14.3)	4/20 (20.0)
48 - 68 ^a	0/5 (0.0)	1/5 (20.0)	0/6 (0.0)	1/16 (6.2)
69 - 90 ^a	1/5 (20.0)	1/4 (25.0)	0/6 (0.0)	2/15 (13.3)
Acumulada^a	6/10 (60.0)	7/10 (70.0)	4/10 (40.0)	17/30 (56.7)

^aNo hubo significancia estadística entre los grupos en ninguno de los niveles (P > 0.05)
Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

CUADRO 15. NÚMERO DE FOLÍCULOS POR CATEGORÍA EN LAS NOVILLAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimento 2).

CATEGORÍA (mm)	GRUPOS			TOTAL
	ST n=10	CIDR-B - E n=10	CIDR-B + E n=10	
2 - 3	5 (22.7) ^a	6 (27.3) ^a	11 (50.0) ^a	22 (5.0)
4 - 6	68 (31.6) ^a	57 (26.5) ^a	90 (41.9) ^b	215 (48.8)
7 - 10	65 (38.5) ^a	59 (34.9) ^a	45 (26.6) ^a	169 (38.3)
11 - 13	6 (21.4) ^a	15 (53.6) ^a	7 (25.0) ^a	28 (6.3)
> 13	2 (28.6) ^a	3 (42.8) ^a	2 (28.6) ^a	17 (1.6)
TOTAL	146 (33.1)	140 (31.7)	155 (35.1)	441 (100.0)

^{a, b} Los valores en la línea con literales diferentes son estadísticamente significativos ($P < 0.05$)

Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

CUADRO 16. NÚMERO DE FOLÍCULOS EN EL PERIODO 1 (antes del tratamiento), PERIODO 2 (durante el tratamiento) y PERIODO 3 (después del tratamiento), EN LAS NOVILLAS DE LOS GRUPOS, sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B-E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B+E) (Experimento 2).

	GRUPOS				TOTAL
	ST n=10	CIDR-B - E n=10	CIDR-B + E n=10		
PERIODO 1					
CATEGORÍA FOLICULAR (mm)					
2-3	2	2	6	10	
4-6	22	22	27	71	
7-10	14	13	12	39	
11-13	1	1	2	4	
>13	0	2	0	2	
PERIODO 2					
CATEGORÍA FOLICULAR (mm)					
2-3	2	2	3	7	
4-6	30	25	51	106	
7-10	36	32	27	95	
11-13	4	10	2	16	
>13	2	1	0	3	
PERIODO 3					
CATEGORÍA FOLICULAR (mm)					
2-3	1	2	2	5	
4-6	16	10	12	38	
7-10	15	14	6	35	
11-13	1	4	3	8	
>13	0	0	2	2	

CUADRO 17. NÚMERO DE FOLÍCULOS DE LAS CATEGORÍAS 3 - 5 mm, 6 - 9 mm y > 9 mm, EN LAS NOVILLAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR - B - E) y CIDR - B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR - B + E), CIDR-B colocado (PERIODO 2) (experimento 2).

Días de colocado el CIDR-B	GRUPOS											Total
	ST			CIDR-B - E			CIDR-B + E			Total		
	3 - 5	6 - 9	>9	3 - 5	6 - 9	>9	3 - 5	6 - 9	>9			
1	1	10	2	7	4	4	4	5	3	40		
3	5	5	2	1	3	4	6	6	3	35		
5	1	6	4	7	3	3	9	8	1	42		
8	2	8	3	2	7	6	14	5	0	47		
10	5	4	3	1	4	4	5	4	2	32		
12	5	3	5	2	2	6	1	4	3	31		
Total	19	36	19	23	23	27	39	32	12	227		

CUADRO 18. NIVELES PROMEDIO DE PROGESTERONA SÉRICA (ng/ml) DE LAS NOVILLAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B-E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B+E), CIDR-B colocado (PERIODO 2) (Experimento 2).

Días de colocado el CIDR-B	GRUPOS						PROMEDIO DE LOS GRUPOS TRATADOS
	ST		CIDR-B-E		CIDR-B+E		
	n=10	DS	n=10	DS	n=10	DS	
1	2.56 ^a	±1.99	2.56 ^a	±0.70	2.94 ^a	±1.76	2.75
3	3.84 ^a	±4.56	5.60 ^a	±1.76	7.52 ^a	±3.58	6.56
5	2.25 ^a	±3.66	5.03 ^a	±3.78	4.80 ^a	±2.78	4.91
8	2.72 ^a	±4.94	3.62 ^a	±1.57	4.07 ^a	±2.30	3.84
10	0.50 ^a	±0.94	2.10 ^b	±1.03	2.46 ^b	±1.27	2.28
12	1.07 ^a	±1.96	3.43 ^b	±3.20	3.42 ^b	±1.47	3.42
Total	2.16±3.39		3.72±2.53		4.20±2.79		3.96

a, b Los valores en la línea con literales diferentes son estadísticamente significativos (P < 0.05)

CUADRO 19. NÚMERO DE FOLÍCULOS POR CATEGORÍA DURANTE EL PERIODO PREVIO A LA INSERCIÓN DEL CIDR-B (Periodo 1)*, EN LAS NOVILLAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimento 2).

CATEGORÍA (mm)	GRUPOS			TOTAL
	ST n= 10	CIDR-B - E n=10	CIDR-B + E n=10	
3 - 5	19 (29.2) ^a	21 (32.3) ^a	25 (38.5) ^a	65 (51.6)
6 - 9	13 (27.6) ^a	16 (34.0) ^a	18 (38.3) ^a	47 (37.3)
> 9	7 (50.0) ^a	3 (21.4) ^b	4 (28.6) ^b	14 (11.1)
TOTAL	39 (30.9)	40 (31.7)	47 (37.3)	126

^{a, b} Los valores en la línea con literales diferentes son estadísticamente significativos (P < 0.05)

* El periodo 1, incluye 3 exámenes por ultrasonografía.

Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

CUADRO 20. NÚMERO DE FOLÍCULOS POR CATEGORÍA DURANTE EL PERIODO CIDR-B COLOCADO (Periodo 2)*, EN LAS NOVILLAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimento 2).

CATEGORÍA (mm)	GRUPOS			TOTAL
	ST n= 10	CIDR-B - E n=10	CIDR-B + E n=10	
3 - 5	19 (24.3) ^a	20 (25.6) ^a	39 (50.0) ^b	78 (34.4)
6 - 9	36 (39.5) ^a	23 (25.3) ^b	32 (35.2) ^a	91 (40.0)
> 9	19 (32.7) ^a	27 (46.5) ^b	12 (20.7) ^c	58 (25.5)
TOTAL	74 (32.6)	70 (30.8)	83 (36.6)	227

a, b, c Los valores en la línea con literales diferentes son estadísticamente significativos ($P < 0.05$)

* El periodo 2, incluye 6 exámenes por ultrasonografía.
Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

CUADRO 21. NÚMERO DE FOLÍCULOS POR CATEGORÍA DURANTE EL PERIODO POSTERIOR AL RETIRO DEL CIDR-B (Periodo 3)*, EN LAS NOVILLAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimento 2).

CATEGORÍA (mm)	GRUPOS			TOTAL
	ST n=10	CIDR-B - E n=10	CIDR-B + E n=10	
3 - 5	7 (26.9) ^a	7 (26.9) ^a	12 (46.1) ^b	26 (29.5)
6 - 9	19 (48.7) ^a	13 (33.3) ^b	7 (17.9) ^c	39 (44.3)
> 9	7 (30.4) ^a	10 (43.5) ^b	6 (26.1) ^a	23 (26.1)
TOTAL	33 (37.5)	30 (34.0)	25 (28.4)	88

a, b, c Los valores en la línea con literales diferentes son estadísticamente significativos ($P < 0.05$)

* El periodo 3, incluye 2 exámenes por ultrasonografía.
Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

CUADRO 22. ESTRO, OVULACIÓN Y GESTACION DURANTE 90 DÍAS DE LAS VACAS Y NOVILLAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B-E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B+E) (Experimentos 1 y 2).

VARIABLE	GRUPOS			TOTAL
	ST n=30	CIDR-B-E n=61	CIDR-B+E n=61	
ESTRO				
Vacas*	7/20 (35.0) ^a	31/51 (60.8) ^a	47/51 (92.2) ^a	85/122 (69.7)
Novillas**	0/10 (0.0) ^b	5/10 (50.0) ^a	9/10 (90.0) ^a	14/30 (46.7)
OVULACIÓN				
Vacas	2/7 (28.6) ^a	16/31 (51.6) ^a	17/47 (36.2) ^a	35/85 (41.2)
Novillas	3/10 (30.0) ^a	6/10 (60.0) ^a	3/10 (30.0) ^a	12/30 (40.0)
GESTACIÓN (90 Días)				
Vacas	5/20 (25.0) ^a	14/51 (27.5) ^a	12/51 (23.5) ^a	31/122 (25.4)
Novillas	6/10 (60.0) ^b	7/10 (70.0) ^b	4/10 (40.0) ^b	17/30 (56.7)

^{a,b} Diferentes literales entre columnas indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

* Vacas n=51; excepto grupo ST, n=20

**Novillas n=10

Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

CUADRO 23. GESTACIONES DURANTE DIFERENTES PERIODOS, EN LAS VACAS Y NOVILLAS DE LOS GRUPOS sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B-E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B+E) (Experimentos 1 y 2).

PERIODOS	GRUPOS			TOTAL
	ST n=30	CIDR-B-E n=61	CIDR-B+E n=61	
0-5				
Vacas*	1/20 (5.0) ^a	6/51 (11.76) ^a	6/51 (11.76) ^a	85/122 (69.7)
Novillas**	0/10 (0.0) ^a	3/10 (30.00) ^b	1/10 (10.00) ^a	14/30 (46.7)
6-26				
Vacas	3/19 (15.78) ^a	6/45 (13.33) ^a	2/45 (4.44) ^a	35/85 (41.2)
Novillas	3/10 (30.0) ^a	1/7 (14.28) ^a	2/9 (22.22) ^b	12/30 (40.0)
27-47				
Vacas	5/20 (25.0) ^a	14/51 (2.6) ^a	12/51 (2.3) ^a	31/122 (25.4)
Novillas	6/10 (60.0) ^b	7/10 (70.0) ^b	4/10 (40.0) ^b	17/30 (56.7)
Total (0-47)				
Vacas	4/5 (80.0) ^a	13/14 (92.8) ^a	9/12 (75.0) ^a	26/31 (83.9) ^a
Novillas	5/6 (83.3) ^a	5/7 (71.4) ^b	4/4 (100.0) ^b	14/17 (82.4) ^a

^{a,b} Diferentes literales entre columnas indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

* Vacas n=51, excepto grupo ST n=20

**Novillas n=10

Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

CUADRO 24. NÚMERO Y PORCENTAJE DE VACAS Y NOVILLAS EN ANESTRO O CICLANDO ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO EN LOS GRUPOS (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) (Experimentos 1 y 2).

ETAPA	GRUPOS							
	ST n=30		CIDR-B - E n=61		CIDR-B + E n=61		TOTAL	
	Anestro	Ciclando	Anestro	Ciclando	Anestro	Ciclando	Anestro	Ciclando
Antes del tratamiento								
Vacas	16 (80.0)	4 (20.0)	46 (84.3)	5 (9.8)	43 (84.3)	8 (15.7)	105 (86.1) ^a	17 (13.9) ^a
Novillas	7 (70.0)	3 (30.0)	9 (90.0)	1 (10.0)	10 (100)	0 (0.0)	26 (86.7) ^a	4 (13.3) ^a
Después del tratamiento								
Vacas	14 (70.0)	1 (5.0)	31 (60.8)	6 (11.8)	35 (68.6)	4 (7.8)	80 (87.9) ^a	11 (12.1) ^a
Novillas	6 (60.0)	4 (40.0)	3 (30.0)	7 (70.0)	5 (50.0)	5 (50.0)	14 (46.7) ^b	16 (53.3) ^b

^{a,b} Diferentes literales entre columnas indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

* Vacas n=51, excepto grupo ST n=20

**Novillas n=10

Los valores entre paréntesis representan porcentajes.

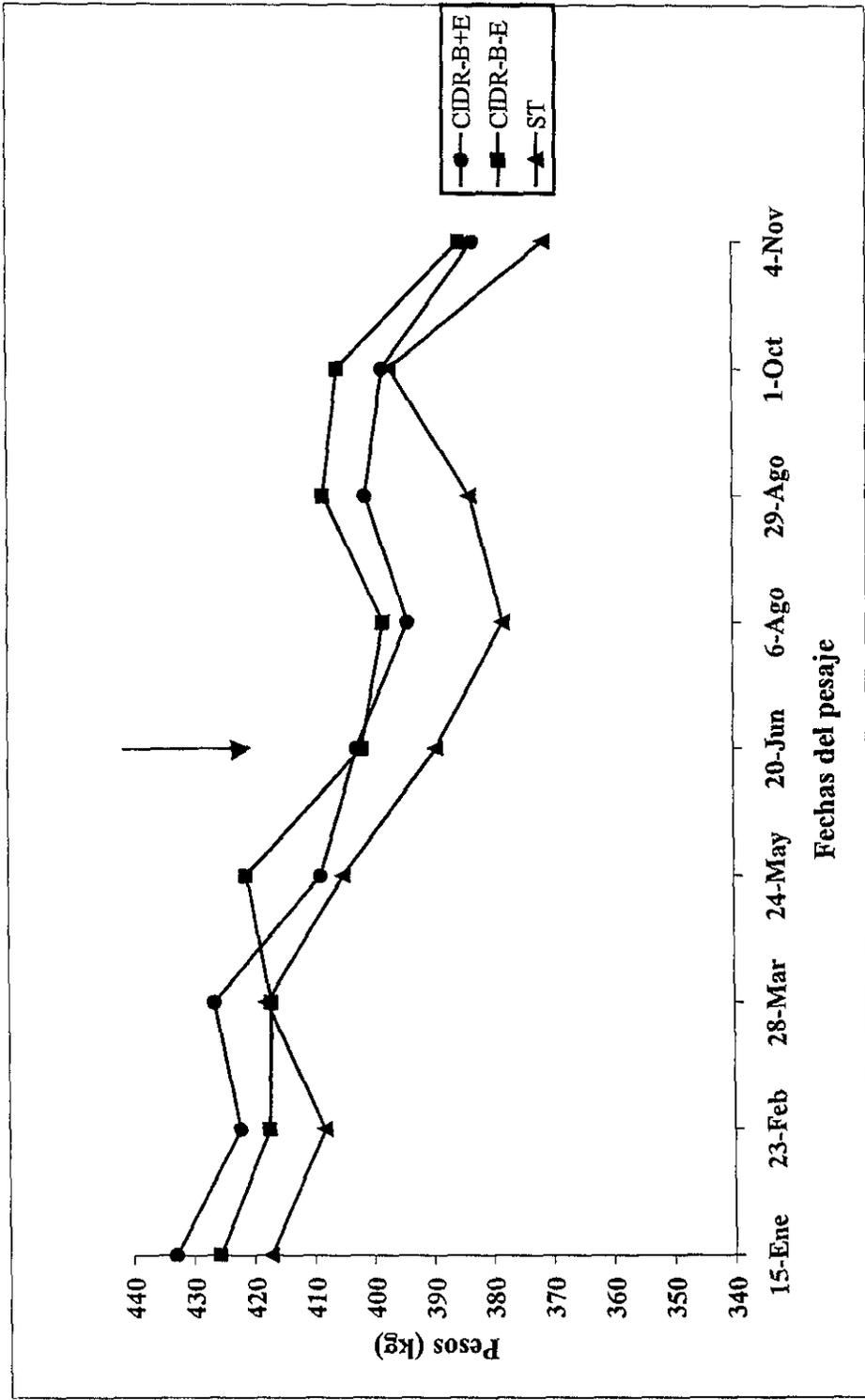


Fig. 2 Pesos de las vacas utilizadas en el experimento 1, a lo largo del año en que se realizó el estudio (la flecha indica la fecha del tratamiento)

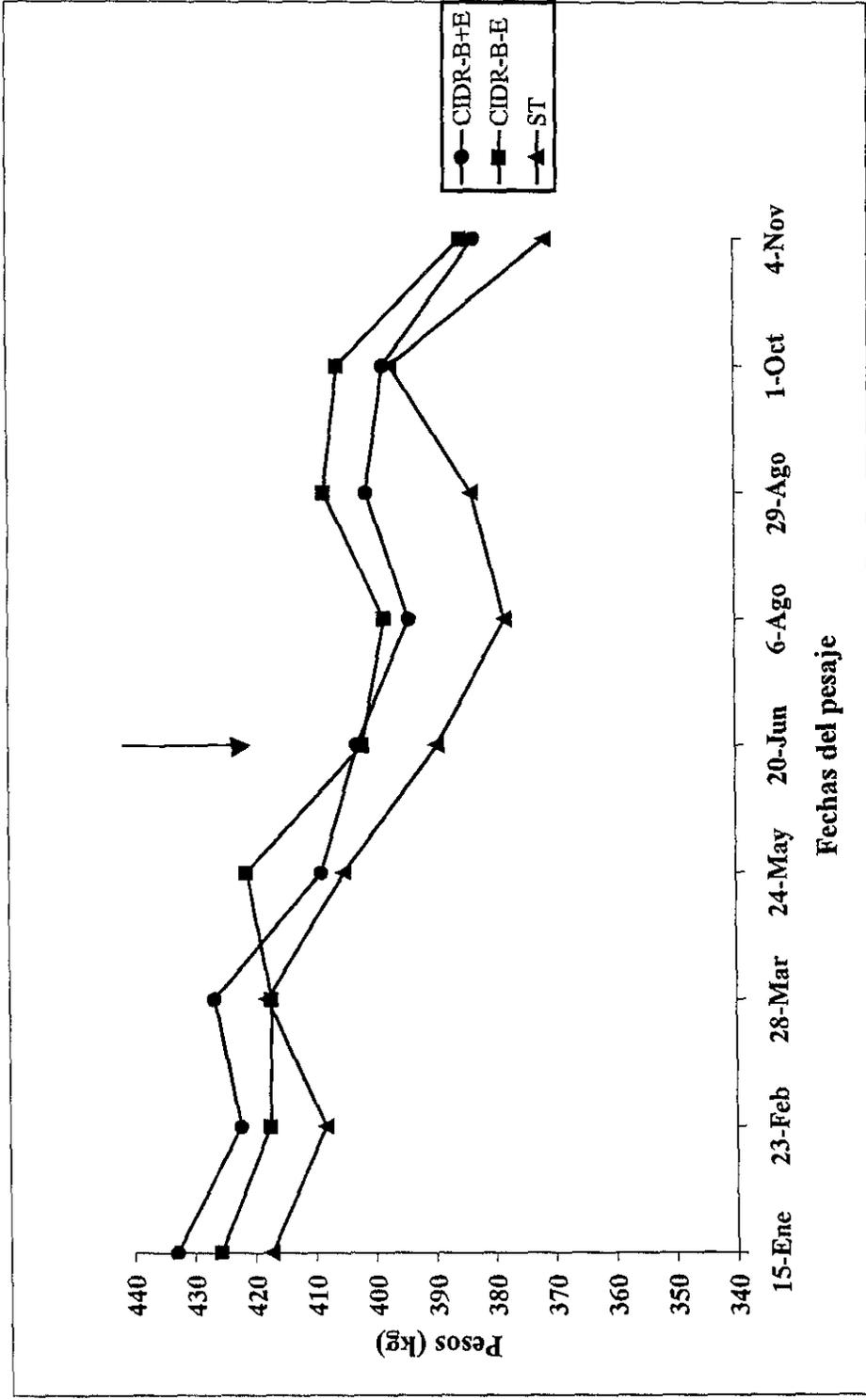


Fig. 2 Pesos de las vacas utilizadas en el experimento 1, a lo largo del año en que se realizó el estudio (la flecha indica la fecha del tratamiento)

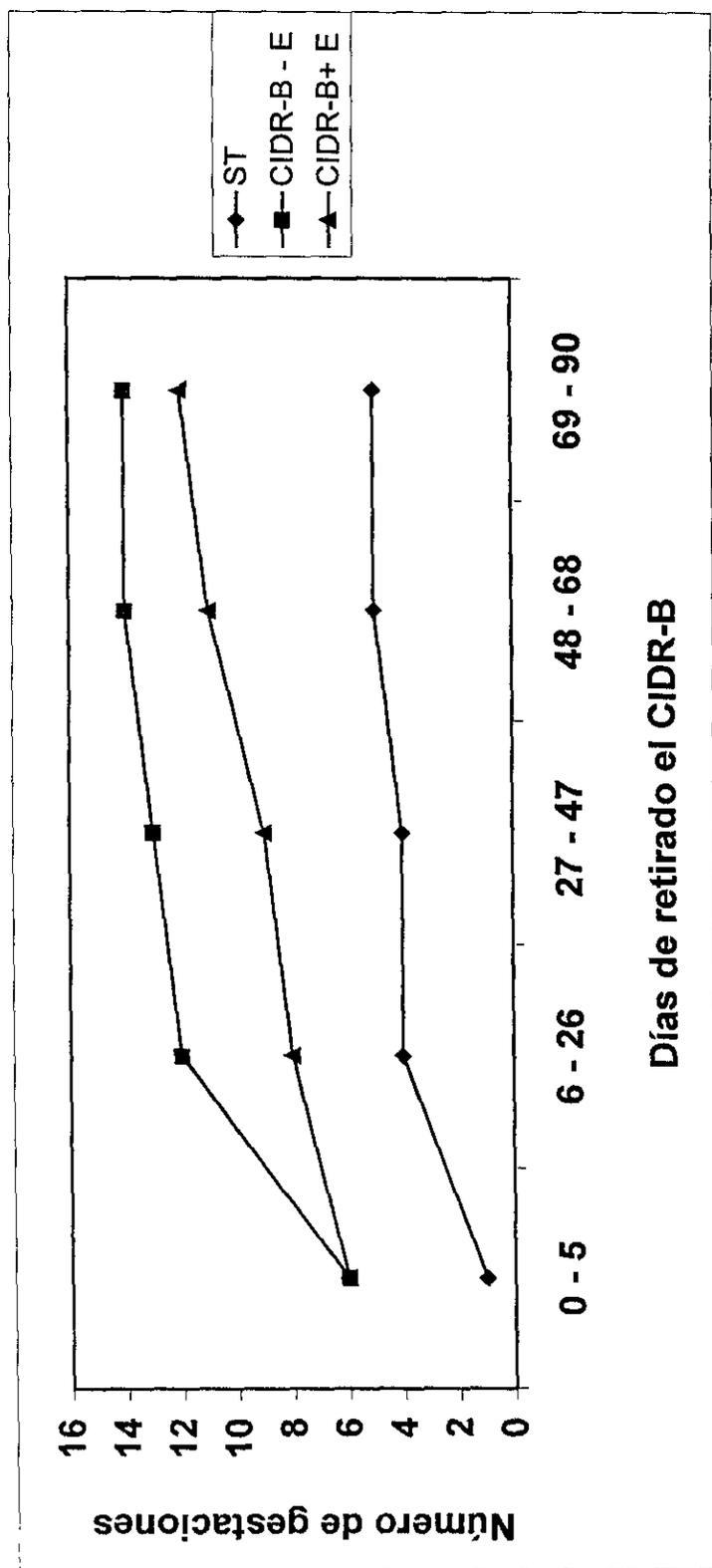


Fig.3 Gestación acumulada en el experimento 1, en las vacas de los grupos sin tratamiento (ST), CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B-E) y CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E)(n=122;gestaciones 31)

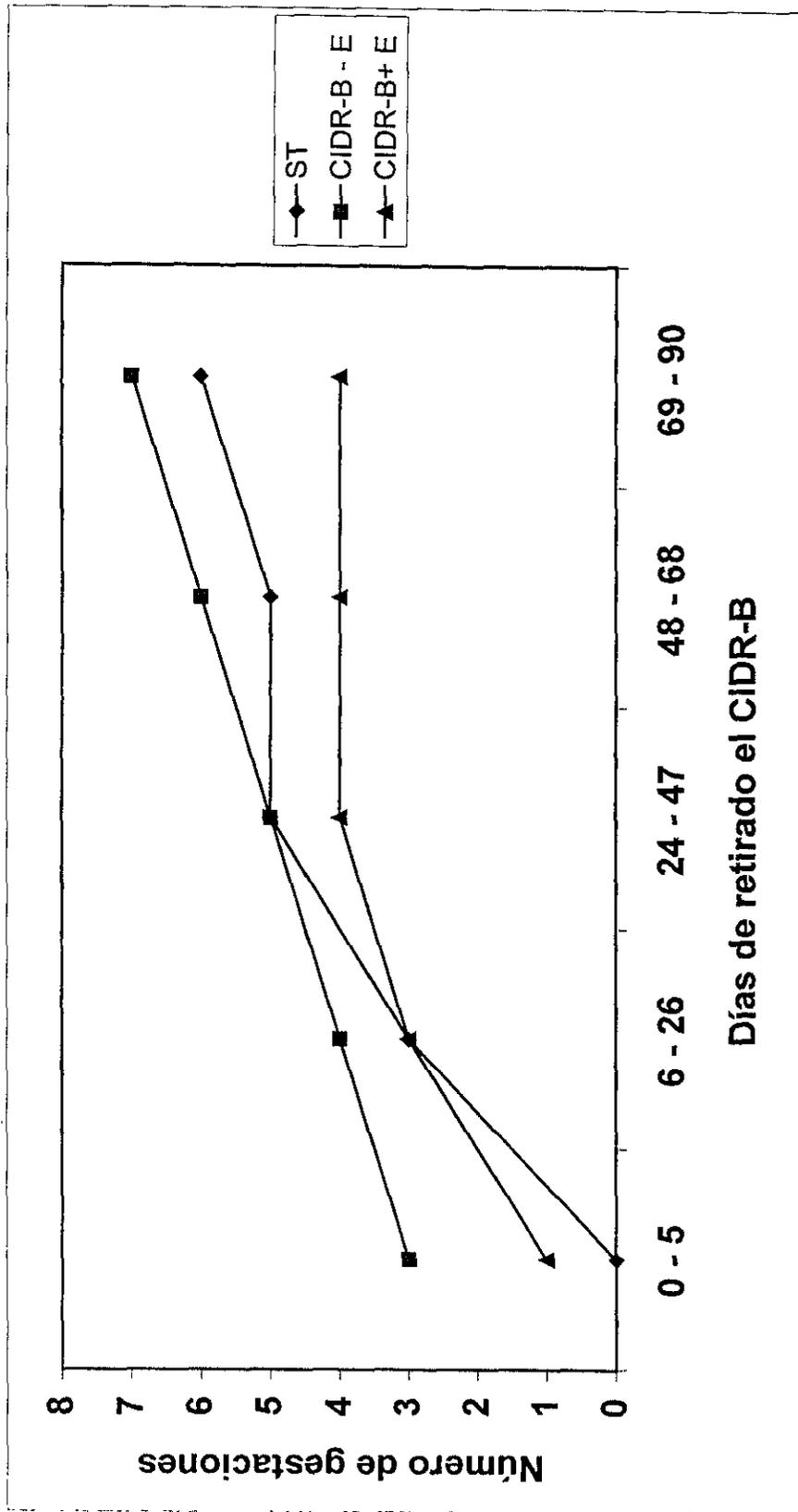


Fig. 4 Gestación acumulada en el experimento 2, en las novillas de los grupos sin tratamiento (ST), CIDR-B sin benzoato de estradiol (CIDR-B - E) y CIDR-B con benzoato de estradiol (CIDR-B+ E)(n=30;gestaciones 17)

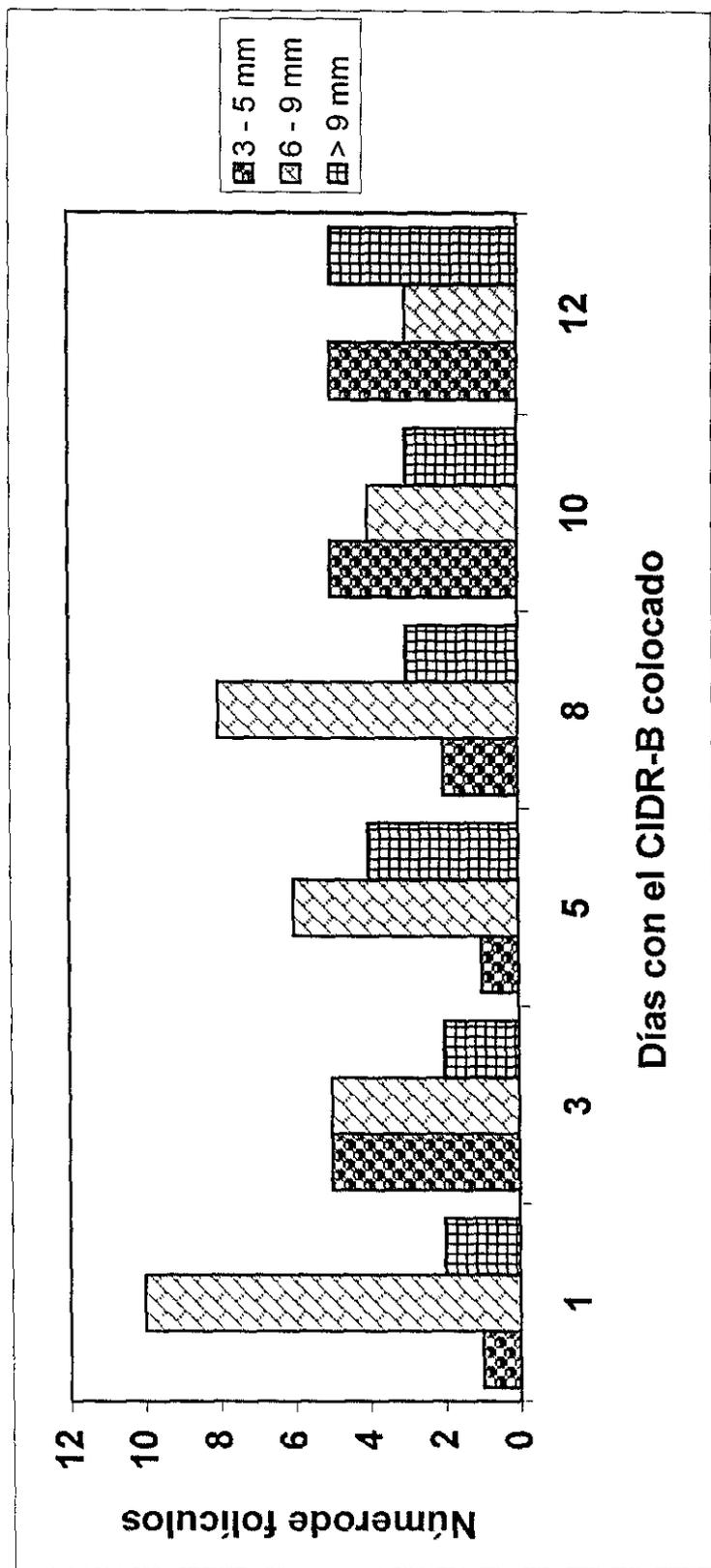


Fig. 5 Número de folículos de las diferentes categorías en el grupo sin tratamiento durante el periodo CIDR colocado.
(Experimento 2)

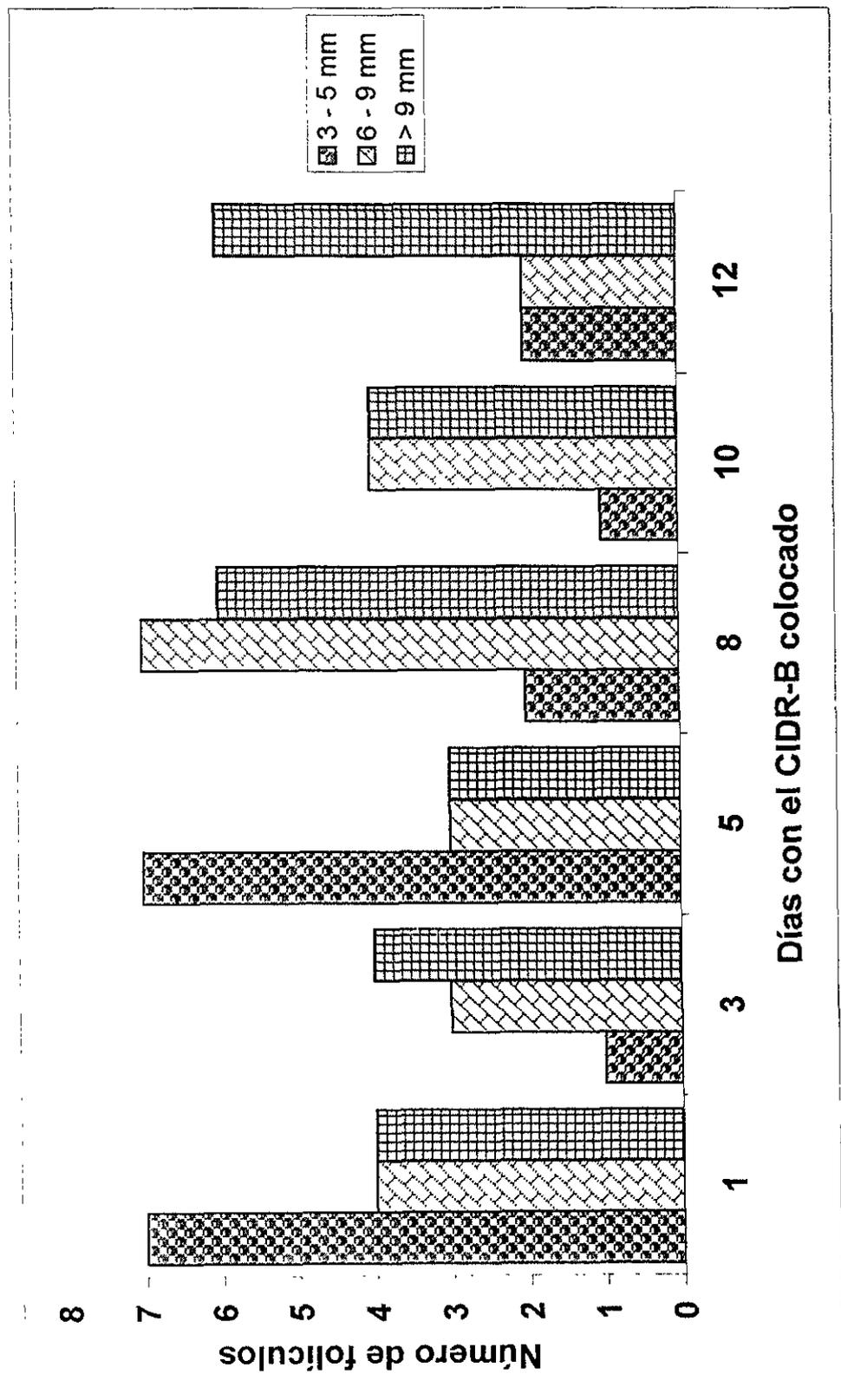


Fig. 6 Número de folículos en las novillas del grupo CIDR-B sin inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B - E) durante el periodo CIDR colocado. (Experimento 2)

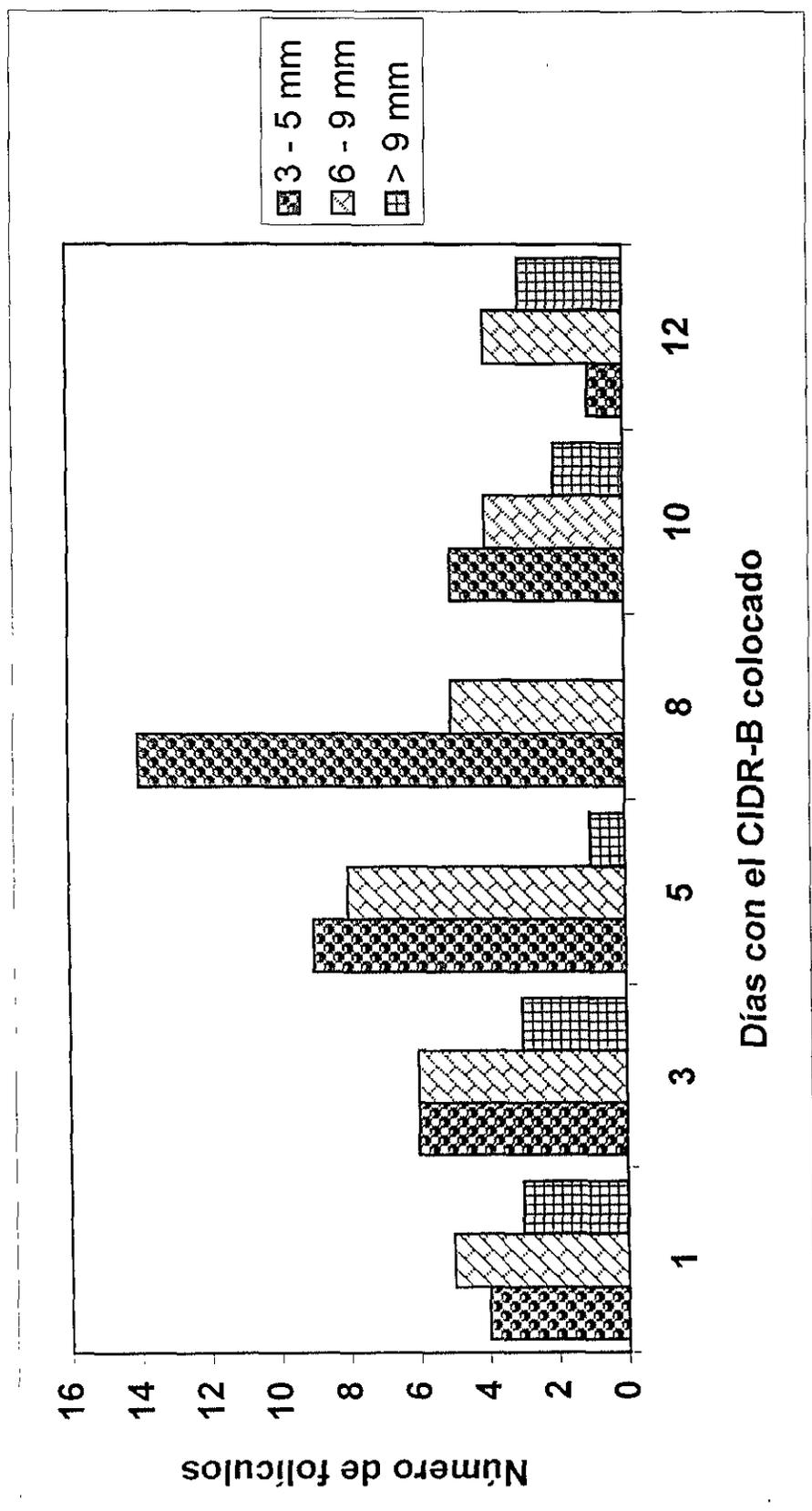


Fig. 7 Número de folículos en las novillas del grupo CIDR-B con inyección de benzoato de estradiol (CIDR-B + E) durante el período de CIDR colocado. (Experimento 2)