

Universidad Nacional
Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela de Medicina Veterinaria

**INDUCCIÓN Y SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN
GANADO *Bos indicus*, UTILIZANDO ACETATO DE
MELENGESTROL COMBINADO CON PGF2 α
YGNRH.**

Tesis para optar
por el título de Licenciatura en
Medicina Veterinaria

Autor: Leonel Navarro Rojas

Tutora: Dra Laura Castro Ramírez

Lectores: Dr. Carlos Luna Tortos
Dr. Carlos Madriz Bonilla

Campus Presbítero Benjamín Núñez
2004

DEDICATORIA

Existen muchas personas a las cuales les podría dedicar este trabajo, sin embargo, quiero dedicárselo a esa persona que me trajo a este mundo y que siempre se ha preocupado por que yo tenga todo lo necesario para salir adelante.

A pesar de todos los obstáculos que mi mamá ha tenido que enfrentar, siempre ha sido una mujer muy fuerte y a la vez muy frágil, pero ha podido superar cada uno de ellos.

El hecho de tener que convertirse en padre y madre lo ha realizado de tal manera, que mi padre desde el cielo y nosotros, sus hijos, debemos sentirnos orgullosos de ella.

Si me preguntaran ¿Cuál es la mejor madre del mundo?, mi respuesta sería: la mía. Por eso te dedico este trabajo a ti mamá.

AGRADECIMIENTO

Son muchas las personas a las que quiero y debo darles las gracias, ya que sin ellos hubiese sido imposible que yo pudiese llevar a cabo esta investigación. Por esta razón, he decidido realizar una lista de todos y cada uno de ellos.

Quiero agradecerles la colaboración a las siguientes personas:

- Dra. Laura Castro Ramírez, tutora de este trabajo.
- Dr. Carlos Luna Tortos y Dr. Carlos Madriz Bonilla, lectores y grandes colaboradores en esta investigación.
- Empresa San Julián, quienes accedieron a la realización de este trabajo en su explotación ganadera y además, proporcionaron algunas de las hormonas utilizadas.
- Un agradecimiento especial al señor Gilberto Rojas, administrador de la Empresa San Julián, por toda su colaboración.
- Luis Alvarez Monge, Marvin Alvarez Ortega y demás trabajadores de la finca.
- Marvin Solis, asistente de la Cátedra de Reproducción de la Escuela de Medicina Veterinaria de la UNA.
- A mis hermanos, en especial a mi hermana Elsa y su familia, por permitirme tomar un espacio en su hogar durante los años de mi estudio universitario.
- A mi compañera, amiga, novia y futura esposa Grethel, quien desde hace muchos años es parte fundamental de mi vida.

- Para finalizar, quiero agradecer de una forma muy especial a mi padre Leonel; yo sé que desde el cielo él siempre me ha guiado y ayudado, y también a mi hijo Leonel, quien además de nacer cuando se inició este trabajo, se ha convertido en el regalo más hermoso que me ha dado la vida.
- Por supuesto un agradecimiento a Dios.

RESUMEN

Un protocolo de sincronización e inducción de celos denominado 7-11 Synch fue implementado en ganado Bos indicus, en la finca San Julián, ubicada en el Pacífico Central de Costa Rica. En esta se practica ganadería extensiva con animales producto del cruce entre Indobrasil, Brahman y Nelore y con un solo periodo de reproducción o de monta anual, entre los meses de febrero a julio.

El fin de este trabajo fue obtener información sobre una herramienta que no ha sido suficientemente probada con este tipo de bovinos y que puede ayudar a acelerar el mejoramiento genético del hato.

El protocolo propuesto contempla la administración de acetato de melengestrol (MGA), durante un periodo de 7 días (0.5 mg/animal/día), una inyección de prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}) en el último día de administración del MGA, una inyección de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) 4 días después del MGA y una última aplicación de PGF_{2α} 11 días después de la primera dosis de PGF_{2α}.

Para la presente investigación se seleccionaron 93 hembras que conformaron el grupo de estudio o tratamiento y 86 hembras que conformaron el grupo control. Las 93 vacas del grupo de estudio se subdividieron en lotes de 15 a 20 animales para facilitar su manejo y a todas ellas se les implementó el protocolo 7-11 Synch. Las vacas que fueron detectadas en celo se inseminaron 12 horas luego de ser detectadas y posteriormente se enviaron todos los animales a monta natural (MN). El grupo control por su parte no fue tratado y se envió a monta natural.

La confirmación de preñez se realizó mediante palpación rectal y un ultrasonido 65 días después de la IA. con el fin de verificar el índice de preñez y la edad de la gestación producto de la IA y de la MN de los dos celos posteriores a la inseminación. Al final del periodo de monta todas las vacas fueron palpadas para determinar la tasa de preñez tanto del grupo en estudio, como del grupo control.

En el presente estudio se observó un porcentaje de sincronización del 56%, con un pico de manifestación de celos entre las 48 y 80 horas después de finalizado el tratamiento con el protocolo 7-11 Synch. En las vacas sincronizadas se obtuvo un índice de concepción del 49% y un índice de preñez del 27%; no obstante, el índice de preñez al final del periodo de monta en este grupo de animales fue del 74%, lo que significativamente supera al 51% del grupo control ($P \leq 0.05$).

Estos resultados indican que el protocolo 7-11 Synch puede ser una herramienta útil para mejorar el rendimiento reproductivo de nuestros hatos cebuinos.

ABSTRACT

An estrus synchronization protocol for cattle, known as 7-11 Synch, was used in *Bos indicus* cattle, in a farm located in the Central Pacific region (San Julián) of Costa Rica. The farm is under a extensive production system, with a mixbred of Indobrasil, Brahman and Nelore and a single reproductive period going from February to July.

The main objective of the present work is to obtain information regarding the performance of the protocol with the mentioned animals.

The protocol includes the oral administration of melengestrol acetate (MGA) for 7 days (0.5 mg/animal/day), followed by PGF₂ α on the last day of MGA administration, and GnRH 4 days later, ending with PGF₂ α 11 days after the first dose of PGF₂ α .

For this study, 93 females were selected as the treatment group and 86 females as the control group. In order to facilitate the MGA administration and handling of the animals, the 93 treatment cows were subdivided in smaller lots of 15 to 20 animals. Treatment cows received the 7-11 Synch protocol, and were artificially inseminated 12 hours after detecting the estrus and were subsequently, sent for natural mating. Control animals were not treated and were sent for mated naturally during the same reproductive period.

Rectal palpation and an ultrasound were carried out 65 days after the IA to determine pregnancy and gestation age resulting from the IA and the natural mating of the two estrus periods that could have followed the IA. A rectal palpation, at the end of the reproductive period, was included to determine the pregnancy rate of the treatment and the control group.

During this study a 56% estrus synchronization rate was obtained, with a peak of estrus manifestation between 48 to 80 hours after the end of the 7-11 Synch protocol. Moreover, for the synchronized cows a conception rate of 49% and a pregnancy rate of 27% were obtained. It is noteworthy that the pregnancy rate the end of the reproductive period in the treatment group was 74%, compared with a 51% for the control group ($P \leq 0.05$). We conclude that the 7-11 Synch protocol could be an useful tool to improve the reproductive performance of our cebu cattle.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA -----	i
AGRADECIMIENTO -----	ii
RESUMEN -----	iv
ABSTRACT -----	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS -----	viii
ÍDICE DE ILUSTRACIONES -----	x
LISTA DE ABREVIATURAS -----	xii
I. INTRODUCCIÓN -----	1
1.1 ANTECEDENTES -----	3
I. 1.1 <u>Fisiología reproductiva en la hembra</u> -----	4
I. 1.1.1 Ciclo estral -----	4
I. 1.1.2 Origen de los ciclos reproductivos -----	5
I. 1.1.3 Control endocrino de la foliculogénesis -----	7
I. 1.1.4 Dinámica folicular -----	8
I. 1.1.5 Esteroidogénesis folicular -----	10
I. 1.1.6 Función de las hormonas esteroideas -----	11
I. 1.1.7 Anestro lactacional -----	13
I. 1.2 Protocolos para la sincronización e inducción de celos -----	14
II. JUSTIFICACIÓN -----	37
III. OBJETIVOS -----	38
III. 1 <u>Objetivo general</u> -----	38

III. 2 <u>Objetivos específicos</u> -----	38
IV .MATERIALES Y MÉTODOS -----	40
IV .1 MATERIALES -----	40
IV. 1.1 <u>Lugar de estudio</u> -----	40
IV. 1.2 <u>Animales</u> -----	40
IV. 1.3 <u>Alimentación</u> -----	41
IV .1. 4 <u>Fármacos</u> -----	42
IV. 1.5 <u>Otros materiales</u> -----	43
IV.2 MÉTODOS -----	43
IV. 3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO-----	47
V. RESULTADOS -----	48
VI. DISCUSIÓN -----	58
VII. CONCLUSIÓN -----	72
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	75
IX. ANEXOS -----	

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Variaciones en los niveles hormonales durante el ciclo estral de la vaca. -----	6
Figura 2: Representación esquemática de la estructura del ovario y de las diferentes fases en el desarrollo del folículo, cuerpo lúteo y cuerpo albicans. -----	9
Figura 3: Vías de la esteroidogénesis y cooperación entre las células de la teca y de la granulosa en la síntesis del estradiol, androstenediona y progesterona. -----	11
Figura 4a: Protocolo de sincronización con prostaglandinas (1 dosis). -----	16
Figura 4b: Protocolo de sincronización con prostaglandinas (2 dosis). -----	17
Figura 5a: Protocolos de sincronización con progestágenos (implante subcutáneo), EB como luteolítico. -----	18
Figura 5b: Protocolos de sincronización con progestágenos (implante subcutáneo), PGF2 α como luteolítico. -----	19
Figura 6: Protocolos de sincronización con progestágenos (implante intravaginal de P4: CIDR-B®, combinado con EB) -----	20
Figura 7: Protocolo de sincronización con progestágenos (implante intravaginal de P4: CIDR-B®, combinado con. PGF2 α -----	21
Figura 8: Protocolo de sincronización MGA-PG2 α -----	24
Figura 9: Protocolo de sincronización MGA-GnRH-PGF2 α -----	25
Figura 10: Protocolo de sincronización 7-11 Synch. -----	30
Figura 11a: Protocolo de sincronización con CIDR-B® (IA a tiempo fijo). -----	31
Figura 11b: Protocolo de sincronización con CIDR-B® (IA a tiempo fijo). -----	32
Figura 12: Protocolo de sincronización que incluye GnRH -----	33
Figura 13: Protocolo de sincronización CO-Synch detección de celos -----	35
Figura 14: Protocolo de sincronización 7-11 Synch. -----	45

Figura 15: Índice de sincronización del protocolo 7-11 Synch. -----	48
Figura 16: Sincronía de los celos. -----	49
Figura 17: Índice de concepción del protocolo 7-11 Synch. -----	50
Figura 18: Índice de preñez del protocolo 7-11 Synch. -----	51
Figura 19: Comparación en la preñez alcanzada por la IA y la cantidad de vacas vacías post-IA entre los grupos (1+2) y (3+4+5). -----	52
Figura 20: Porcentaje de preñez y porcentaje de vacas vacías, de acuerdo al celo, a los 65 días posteriores a la inseminación artificial. Protocolo de inducción y sincronización de celos 7-11 Synch. -----	53
Figura 21: Número de vacas preñadas en cada grupo de animales, mediante la IA o la monta natural durante los dos primeros celos luego de la IA. -----	53
Figura 22: Índice de preñez al final del periodo de monta en el grupo de estudio y en el grupo control-----	55
Figura 23: Preñez por categoría grupo estudio y grupo control. -----	56
Figura 24: Intervalo parto-concepción alcanzado en el grupo estudio y el grupo control. -----	57

LISTA DE ABREVIATURAS

CC	Condición corporal
CL	Cuerpo lúteo
E2	Estradiol 17 β
EB	Benzoato de estradiol
eCG	Gonadotropina corionica equina
EV	Valerato de estradiol
FG	Folículo de Graff
FP	Folículo persistente
FSH	Hormona folículo estimulante
GnRH	Hormona liberadora de las gonadotropinas
IA	Inseminación artificial
LH	Hormona luteinizante
MGA	Acetato de melengestrol
MN	Monta natural
MPA	Acetato de medroxiprogesterona
NUP	Nitrógeno ureico en el plasma
PGF2α	Prostaglandina F2 α
PRL	Prolactina

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país la reproducción de ganado *Bos indicus* se lleva a cabo, en su mayoría, mediante el uso de monta natural con empadre continuo como único método de cruce. Esto ha determinado que el mejoramiento genético del hato nacional no esté acorde con las necesidades técnicas actuales de la industria pecuaria mundial.

Dentro de las posibles soluciones a tal situación, la implementación de la inseminación artificial (IA) en el manejo reproductivo de nuestros animales es una opción muy factible y efectiva, debido a que ofrece varias ventajas, entre las que se encuentran las siguientes (Basurto y Hernández 2002):

- Disponibilidad de semen de toros de calidad superior a bajo costo.
- Las vacas de un mismo hato pueden ser apareadas individualmente, y a la vez, se puede disponer de semen de una gran variedad de toros.
- Un toro o una raza pueden ser probados a un bajo costo y con poca inversión o riesgo.
- Se puede elegir semen de toros altamente probados.
- Se reduce o elimina la necesidad de toros en la finca, con lo cual se facilita el manejo durante la época sin empadre.
- Las fechas de parto pueden ser predeterminadas facilitando el manejo.
- Cuando el precio de los toros es muy alto, se puede recuperar más rápidamente la inversión cuando se utiliza la IA.

Sin embargo, aún cuando los productores de ganado de carne decidan emplear la IA en sus fincas, este método por sí solo no garantiza el éxito de su negocio, pues antes de instaurar la IA se deben contemplar aspectos económicos, genéticos, de manejo e infraestructura, entre otros.

La inhabilidad para predecir en forma individual el momento del celo en las hembras que forman parte de un grupo de animales, a menudo hace impráctica la inseminación artificial, debido a la ardua labor requerida para la detección del estro. Otro obstáculo que se presenta para llevar a cabo la IA, es el anestro lactacional prolongado que comúnmente se manifiesta en las hembras cebú. Esta irregularidad del ciclo estral reduce el rendimiento reproductivo, expresado en el número de terneros por vaca por año, ya que se aumentan los días abiertos dentro de los índices de las fincas (Hafez, 1996).

El desarrollo de un método económico de IA en vacas de carne que tenga un alto grado de fertilidad, podría resultar en un dramático incremento en la aplicación de esta técnica en este tipo de hatos (Patterson et al., 1999). Por tales motivos, en los últimos años se han estado introduciendo los métodos de inducción y sincronización de celos, con el fin de solventar los problemas antes mencionados. Además, esta sincronización permite implementar otras técnicas reproductivas como la instauración de un empadre estacional que ayude a mejorar el manejo tanto de los sementales como de las vacas, o el transplante de embriones.

Dentro de las ventajas del tratamiento hormonal para la sincronización e inducción del estro, Basurto y Hernández (2002) mencionan las siguientes:

- Mejoramiento genético a través de la implementación y optimización de la IA, así como realización de transferencia de embriones.
- Programación de épocas definidas de empadre y en consecuencia, de partos.

- Optimización de la mano de obra calificada, permitiendo contratar o destinar personal capacitado por periodos cortos para realizar la IA o transferencia de embriones de forma efectiva, con la consecuente reducción del tiempo invertido en la detección del estro.
- Producción de lotes homogéneos en cuanto a cruza, edad y peso, lo cual facilita el manejo, la alimentación y la comercialización.
- Aumento en el número de vaquillas gestantes al inicio de la época de empadre. Las vacas primíparas requieren mayor tiempo para la siguiente concepción posparto que las múltiparas, por ello debe darse prioridad para que las vaquillas o novillonas queden gestantes un par de semanas antes que el resto de las vacas.
- Aumento en la eficiencia reproductiva, con temporadas cortas de parición e inducción de la actividad ovárica en las hembras que paren tardíamente.

I.1 ANTECEDENTES

Para lograr el éxito en el control del ciclo reproductivo de las hembras bovinas, es indispensable conocer y entender los conceptos básicos del ciclo estral normal. Por lo tanto, es importante hacer un repaso de la fisiología reproductiva de la hembra, antes de empezar a hablar de la sincronización e inducción de celos.

I. 1.1 Fisiología reproductiva en la hembra

I. 1.1.1 Ciclo estral

El ciclo estral es el tipo de ciclo reproductor que se produce en todos los mamíferos a excepción de los primates. El síntoma más característico de este ciclo reproductor es la manifestación, por parte de las hembras, de periodos de tiempo limitados pero regulares, de receptividad sexual, que se conocen con el nombre de estro (García Sacristán et al., 1998).

El ciclo estral se define como el periodo de tiempo comprendido desde la aparición de un estro hasta el comienzo del siguiente, o bien, el intervalo de tiempo comprendido entre dos ovulaciones (García Sacristán et al., 1998).

La ovulación es un proceso espontáneo en la mayor parte de los animales domésticos incluyendo los bovinos. En los animales domésticos esta es predecible, ya que el estro conductual generalmente coincide con la descarga preovulatoria del pico de LH inductora de la ovulación (García Sacristán et al., 1998).

La hembra acepta al macho para el apareamiento exclusivamente durante el periodo del estro. El origen del comportamiento de receptividad sexual durante el estro está directamente relacionado con las variaciones en la concentración sanguínea de las hormonas esteroides. Ambas hormonas, estrógenos y progesterona (P4), actúan en centros del sistema nervioso central relacionados con la conducta, determinando el comportamiento sexual (García Sacristán et al., 1998).

En todas las especies domésticas, excepto el gato y el conejo, es necesario que el hipotálamo esté previamente expuesto a la P4, secretada por el cuerpo lúteo (CL) del ciclo anterior, para que los estrógenos provoquen el estro. Esto explica porqué el estro del primer ciclo, al alcanzar la pubertad, suele ser silencioso (García Sacristán et al., 1998).

En los animales domésticos, el crecimiento de los folículos no se ve afectado durante la fase lútea, de tal manera que coincidiendo con la luteólisis existe un folículo en fase antral disponible para ser ovulado en el siguiente estro. Esto quiere decir que en los animales domésticos la fase folicular se superpone a la fase lútea y, por tanto, los ciclos estrales son cortos, con un rango promedio de 17 a 24 días (García Sacristán et al., 1998).

En los bovinos, los ciclos estrales también presentan una longitud promedio de tres semanas con un rango de 17 a 25 días, sin embargo, en las novillas se ha visto que suele ser 1 a 2 días más corto que en las vacas adultas. Además, el periodo de aceptación del macho (celo) en términos generales puede durar aproximadamente 12 a 18 horas. La ovulación ocurre alrededor de 24 a 30 horas después del inicio del celo y el primer signo del celo usualmente coincide con el comienzo del pico preovulatorio de la hormona luteinizante y la hormona folículo estimulante (Youngquist, 1997).

En las hembras *Bos indicus*, sin embargo, se reportan periodos de duración del celo más cortos, intervalos entre el inicio del celo y la ovulación de menor duración, una reducción en la magnitud de la concentración preovulatoria del pico de LH, formación de cuerpos lúteos más pequeños y bajas concentraciones de P4 durante la fase luteal (Youngquist, 1997).

I. 1.1.2 Origen de los ciclos reproductivos

La reproducción de las hembras, como se mencionó anteriormente, constituye un proceso cíclico que es inducido por la interacción del hipotálamo, la hipófisis y los ovarios. El hipotálamo es el centro donde se integra y procesa la información procedente tanto del propio sistema nervioso central, como del exterior y del ovario. El resultado de esta integración es la regulación de la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas o GnRH (García Sacristán et al., 1998).

La GnRH es secretada de forma pulsátil con una frecuencia de 70 a 90 minutos. Esto induce que las gonadotropinas sean también secretadas en pulsos. Sin embargo, como se muestra en la figura 1, los pulsos secretores de gonadotropinas varían durante el ciclo estral, aumentando en la fase folicular y disminuyendo en la fase lútea. La acción de las hormonas esteroides en el hipotálamo determina dos tipos de secreción de las gonadotropinas: *tónica*, que es la responsable de mantener niveles basales, y *cíclica*, que es la secreción característica del periodo preovulatorio de la hormona luteinizante (LH) y, en menor medida, de la hormona foliculo estimulante (FSH) (García Sacristán et al., 1998).

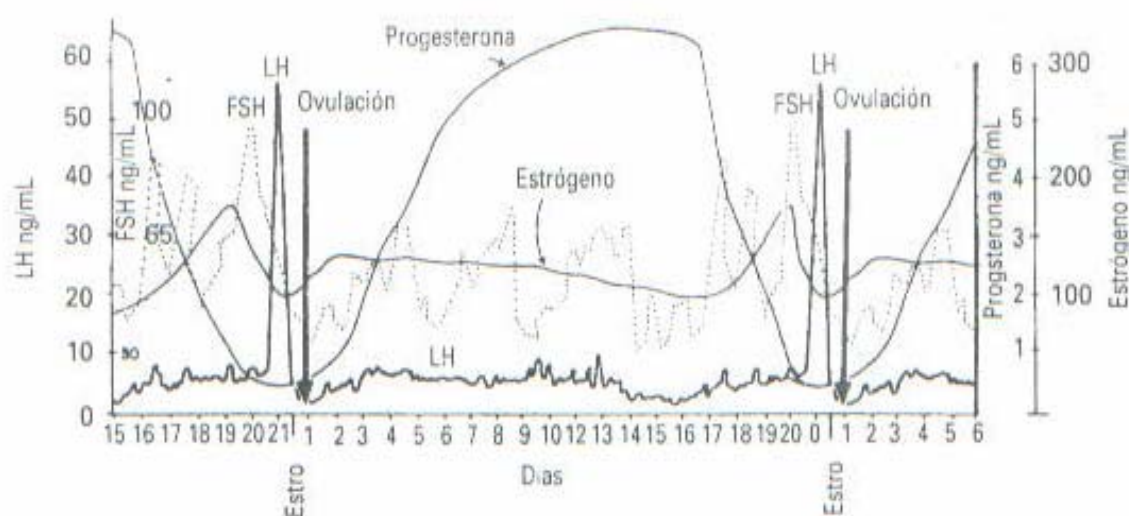


Figura 1. Variaciones en los niveles hormonales durante el ciclo estral de la vaca. (Tomado de De McDonald, L. E., y M.H. Pineda, 1991)

Al comienzo de la fase folicular existen pequeñas cantidades de estrógenos producidos por parte de los folículos inmaduros. Debido a este bajo nivel de estrógenos se induce un efecto de retroalimentación negativa en el hipotálamo e hipófisis, provocándose la secreción basal de FSH y LH. Cuando uno de los folículos alcanza la fase de folículo dominante, el aumento sostenido de los niveles circulantes de estrógenos provoca una retroalimentación positiva para que se produzca el pico de LH. Este pico desencadena la maduración final, ovulación y luteinización folicular (García Sacristán et al., 1998).

La ovulación determina el final de la fase folicular y el comienzo de la fase lútea del ciclo. En esta fase lútea, la elevada concentración de P4, producida por el CL, junto con la baja concentración de estrógenos, origina una retroalimentación negativa, de forma que las gonadotropinas retroceden a los niveles basales. Seguidamente, la luteólisis se produce por la secreción de prostaglandina F2 α (PGF2 α) en el endometrio no gestante, provocando la disminución en los niveles sanguíneos de P4 al mismo tiempo que se inicia el nuevo ciclo (García Sacristán et al., 1998).

I. 1.1.3 Control endocrino de la foliculogénesis

Como ya se mencionó anteriormente, el crecimiento y la maduración folicular constituyen un proceso que se encuentra regulado por las gonadotropinas FSH y LH, una vez que el animal ha alcanzado la pubertad y la subsiguiente madurez sexual. Esto se inicia desde el estado de folículo preantral, cuando las células de la granulosa adquieren receptores de

membrana para la FSH. La estimulación de estos receptores provoca la proliferación de las células de la granulosa, las cuales comienzan a producir estrógenos. Esta gonadotropina es también la responsable de la formación del antro en el folículo, al estimular la producción del líquido folicular (García Sacristán et al., 1998).

Durante las últimas etapas de la maduración folicular, y bajo la acción química de FSH y estrógenos, las células de la granulosa comienzan a expresar receptores para la LH. La aparición de estos receptores, junto con los ya existentes en las células de la teca, permite al folículo responder a la secreción de LH que se produce con la finalidad de desencadenar la ovulación y la luteinización folicular (García Sacristán et al., 1998).

I. 1.1.4 Dinámica folicular

Existen ondas de crecimiento folicular que se desarrollan durante el ciclo estral bovino. En cada ciclo pueden ocurrir, ya sea, dos, tres o cuatro ondas, siendo los ciclos de tres ondas los más comunes. Cada onda consiste en un grupo de folículos antrales que inician un crecimiento en diámetro desde 1 a 2 mm. Una vez que ocurre *selección folicular*, el folículo más grande llega a ser el *dominante* para continuar creciendo, mientras que los otros se tornan *subordinados* por lo que se degeneran o sufren atresia. El folículo dominante sufre tres fases de desarrollo: crecimiento (aumento del diámetro), éstasis (pocos cambios en el diámetro) y regresión (disminución del diámetro o atresia) si existe simultáneamente un CL funcional; en la figura 2 se observan los diferentes cambios que se dan en los folículos durante su desarrollo. Un folículo dominante puede madurar y ovular, si el CL ha regresado en el momento apropiado (Youngquist, 1997).

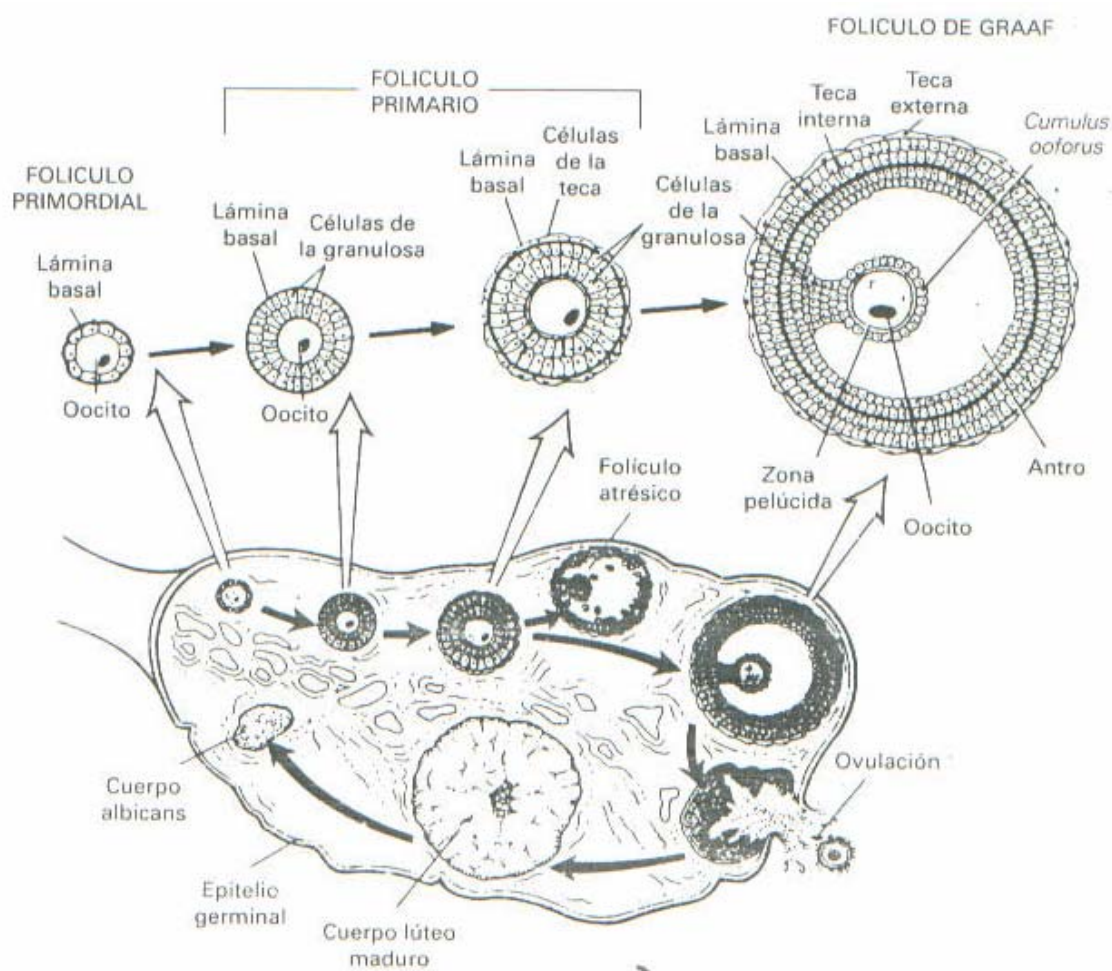


Figura 2. Representación esquemática de la estructura del ovario y de las diferentes fases en el desarrollo del folículo, CL y cuerpo albicans. (Tomado de De Berne, R. M., y M. N. Levy, 1990)

El desarrollo de cada onda folicular es iniciado por un incremento en la FSH. La primera onda se cree que se inicia debido a un aumento secundario de FSH, que sigue al pico preovulatorio de la misma, aunque existe controversia en cuanto a si el mismo pico

preovulatorio de FSH es el responsable de esa primera onda folicular. Las otras ondas son iniciadas por un incremento detectable de FSH (Youngquist, 1997).

I. 1.1.5 Esteroidogénesis folicular

Como se muestra en la figura 3, la biosíntesis de las hormonas esteroides ováricas (estrógenos y P4) constituye un proceso de cooperación entre la actividad endocrina de las células de la teca y de la granulosa, bajo el control sinérgico de las gonadotropinas hipofisarias.

Las hormonas precursoras de la biosíntesis de los estrógenos son los andrógenos, los cuales se forman en las células de la teca por estimulación de la LH. Estos andrógenos difunden a través de la lámina basal. Las células de la granulosa poseen gran cantidad de enzimas (aromasas) que catalizan las reacciones mediante las cuales los andrógenos se convierten en estrógenos. La actividad de estas enzimas es estimulada por la FSH (García Sacristán et al., 1998).

Por su parte, la síntesis de P4 se realiza en grandes cantidades en las células de la granulosa y de la teca cuando ambas, tras la ruptura folicular, se transforman en células lúteas. De esta forma, la cooperación entre ambos tipos de células no se limita a la síntesis de estrógenos, sino que también a la formación del CL y la consiguiente producción de P4 (García Sacristán et al., 1998).

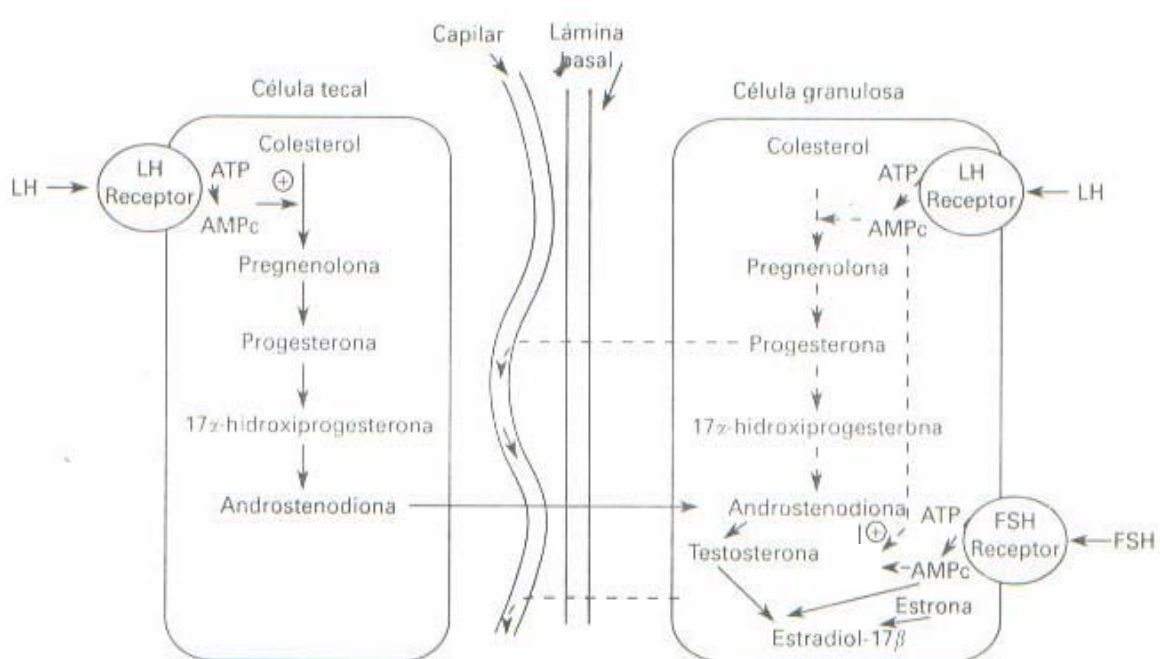


Figura 3. Vías de la esteroidogénesis y cooperación entre las células de la teca y de la granulosa en la síntesis del estradiol, androstenediona y progesterona. (Tomado de De Patton, H. D., et al., 1989)

I. 1.1.6 Función de las hormonas esteroideas

Los estrógenos son los responsables del desarrollo del tracto genital en la pubertad y los caracteres sexuales secundarios. Inducen la formación de edema en el útero, la vagina y la vulva; la hinchazón de la vulva es un síntoma del estro (García Sacristán et al., 1998).

Los estrógenos se caracterizan por sus efectos mitóticos sobre el epitelio que tapiza el tracto genital, sobre todo durante el estro. Además, originan un aumento del tono en el miometrio uterino y lo sensibilizan a la acción de la oxitocina y la PGF2α, lo que favorece el transporte de los espermatozoides en el momento del estro. Estas hormonas también aumentan el nivel de anticuerpos en el tracto genital (García Sacristán et al., 1998).

Los estrógenos son los causantes de la conducta sexual de la hembra durante el estro. Sin embargo, hay que destacar la necesidad de una secuencia determinada entre estrógenos y P4 para que se origine el estro conductual (García Sacristán et al., 1998).

Otra función importante de estas hormonas es que regulan la secreción de gonadotropinas hipofisarias mediante los dos mecanismos de retroalimentación. El mecanismo de retroalimentación negativa se origina por las bajas concentraciones de estrógenos, produciendo inhibición en la amplitud de los pulsos secretores de gonadotropinas. Mientras que el de retroalimentación positiva, se origina por el progresivo incremento en la concentración de estrógenos durante las fases de crecimiento folicular. Este efecto positivo origina un aumento en la frecuencia pulsátil de secreción de GnRH, que se traduce en la oleada o pico preovulatorio de LH (García Sacristán et al., 1998).

La P4, como se mencionó anteriormente, es la hormona producida por el CL durante la fase luteal del ciclo, y por el CL y la placenta durante la gestación en el bovino.

La P4 provoca la transición del endometrio uterino de una fase proliferativa (desarrollada en respuesta a los estrógenos) a una fase secretora. Además, es necesaria para el mantenimiento de la gestación. Su ausencia o la disminución en su concentración, resulta en aborto. Esta hormona puede ejercer actividad inmunosupresora local sobre el útero (García Sacristán et al., 1998).

Además, la P4 regula la secreción de gonadotropinas por retroalimentación negativa. Este efecto es inducido por el aumento en la concentración de P4 producida por el CL, la cual actúa disminuyendo la frecuencia de los pulsos secretores de las gonadotropinas. Por lo tanto, potencia el mecanismo de retroalimentación negativa de los estrógenos, de forma que las bajas

concentraciones de estos, junto con altas concentraciones de P4, constituyen un fuerte estímulo inhibitorio de la secreción de gonadotropinas (García Sacristán et al., 1998).

Durante el estadio medio de la fase luteal del ciclo estral normal, las concentraciones de P4 son mayores, la frecuencia de pulsos de LH disminuye, y las concentraciones de estradiol 17 β (E2) son más bajas, en comparación con los estadios temprano y final de la fase luteal (Cupp et al., 1995b). Mientras que en la fase folicular la amplitud de pulsos de LH aumenta debido al estímulo dado por la gran cantidad de E2 circulante, lo cual da como resultado el pico preovulatorio de LH (Cupp et al., 1995a; Stumpf et al., 1991).

I. 1.1.7 Anestro lactacional

En general, la alteración provocada por la lactación en la actividad reproductora, que se conoce con el nombre de anestro lactacional, se debe a que el estímulo de succión del ternero suprime la liberación de gonadotropinas, especialmente de LH, evitando el desarrollo folicular y la ovulación (García Sacristán et al., 1998).

Los periodos medios de restauración del ciclo estral en las vacas en la lactación son aproximadamente de 25 días en hembras que son ordeñadas, y de alrededor de 60 días en animales que amamantan a sus crías. Existe además una influencia importante del fotoperíodo y la nutrición en la variabilidad de este periodo en las vacas que crían a sus terneros (García Sacristán et al., 1998).

Además de lo anterior, está demostrado que los opiodes endógenos inhiben la liberación de LH y estimulan la secreción de prolactina (PRL). La liberación de estos opiodes inducida por el estímulo de succión, parece ser el principal mediador del bloqueo de la

liberación de LH durante la lactación. En cuanto a la PRL, la única acción directa demostrada es la que ejerce sobre el ovario, reduciendo la secreción folicular de estradiol (García Sacristán et al., 1998).

El anestro puede ocurrir como un problema del hato o como un problema individual dentro de un hato normal. Los problemas de hato pueden ser causados porque las vacas se encuentren en un balance energético negativo o por una pobre detección del estro que falsamente resulta en anestro (Youngquist, 1997). Es por esa razón que los programas de sincronización de celos en ganado cebuino deben contemplar rigurosamente los aspectos de nutrición y de las técnicas óptimas para detectar los animales en estro.

La eficacia de la sincronización de los estros en el periodo posparto es limitada por la proporción de vacas que han iniciado su ciclicidad al comienzo de la época de monta. Conforme aumenta la proporción de vacas que están en anestro en el inicio de la época de monta, la eficacia de los agentes luteolíticos para sincronizar estros disminuye (Odde, 1990).

En la actualidad se conocen un gran número de protocolos para sincronizar e inducir celos en las hembras bovinas. A continuación se presenta un esquema de la mayoría de estos y a la vez se describirán algunas ventajas o desventajas de cada uno.

I. 1.2 Protocolos para la sincronización e inducción de celos

El control farmacológico del ciclo reproductor de las hembras de ganado vacuno se refiere al uso de hormonas exógenas para regular el estro y la ovulación, con fines beneficiosos y convenientes para el granjero. Estos tratamientos pueden aplicarse tanto a

individuos aislados, como a grupos de tamaño variable (Lucy et al., 2001; Peters et al., 1995; Youngquist et al., 1997).

Los procedimientos que facilitan la sincronización del estro en hembras ciclando, así como la inducción de un estro ovulatorio en novillas prepúberes y en vacas posparto en anestro, sirven para aumentar los índices reproductivos y acelerar el progreso genético (Kojima et al., 2000a). Además, se debe recalcar que el uso de agentes exógenos para sincronizar estros, debe ser considerado en relación con su posible efecto sobre la concepción (Patterson et al., 1995).

El desarrollo de métodos para el control del ciclo estral de las vacas ha ocurrido en 5 distintas fases: la primera fase incluyó los esfuerzos para prolongar la fase luteal del ciclo estral o para establecer una fase luteal artificial por la administración de P4 exógena. En la segunda fase, los agentes progestacionales fueron combinados con estrógenos o gonadotropinas. En la fase 3, se involucraron las prostaglandinas (PGF2 α) y sus análogos como agentes luteolíticos. Los tratamientos que combinan agentes progestacionales con PGF2 α caracterizan la fase 4; y posteriormente, se han creado diferentes protocolos hormonales más complejos de sincronización de celos, en lo que podríamos denominar como la fase 5 (Patterson et al., 2001).

El control del ciclo estral es dependiente de la manipulación de las variaciones hormonales que ocurren durante el mismo. El factor que controla el desarrollo de un folículo ovárico, al punto de producir la ovulación en una vaca cíclica, se cree que es el proceso de luteólisis o el descenso de la secreción de P4, que aparece entre los días 17 y 18 de ciclo normal (García Sacristán et al., 1998; Peters et al., 1995).

La caída de la concentración periférica de P4 se puede manipular artificialmente de dos maneras:

1- Inducción artificial de la luteólisis utilizando sustancias luteolíticas; por ejemplo, prostaglandinas (PGF2 α) o sus análogos (Peters et al., 1995).

2- Simulación de la función del CL mediante la administración de P4 (o alguno de sus derivados sintéticos) durante varios días, seguido por una supresión drástica de la misma (Peters et al., 1995).

En el primer caso, una inyección de prostaglandinas o de sus análogos (e.g., cloprostenol, dinoprost-trometamine) aplicada entre el día 6 y el 16 (momento de la descarga natural de PGF2 α) del ciclo, inducirá la regresión del CL, con lo que finaliza la fase luteínica (Figura 4a). Como consecuencia, se inicia una nueva fase folicular y seguidamente el animal entra en celo y ovula. La fertilidad del celo inducido es similar a la del estro espontáneo (Hafez, 1996).

En la sincronización con prostaglandinas también existe la opción de la doble administración de PGF2 α con un intervalo de 11 días entre ambas. Esto se debe a que para la sincronización de un grupo de animales cíclicos, que están en diferente fase del ciclo, no basta con una inyección. Se deberá inyectar una segunda dosis 11 días después (Figura 4b), momento en el que todos los animales tendrán un CL funcional (Hafez, 1996).

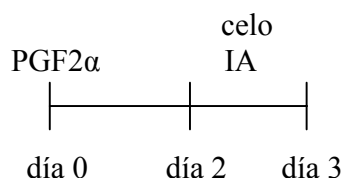


Figura 4a. Protocolo de sincronización con prostaglandinas (1 dosis).



Figura 4b. Protocolo de sincronización con prostaglandinas (2 dosis).

Sin embargo, es importante recalcar que las prostaglandinas no actúan en animales que se encuentran en anestro, debido a que en estos no hay presencia de un CL sobre el cual pueda actuar la PGF2α. Además, con este tipo de protocolos es necesario considerar el periodo durante el cual el CL es refractario a la PGF2α y el hecho de que suele darse una gran variabilidad de tiempo entre la administración de la hormona y el momento en que se muestra el celo (Hafez, 1996). Esta variabilidad se puede explicar por la dinámica folicular a lo largo del ciclo estral, la cual determina que durante cada ciclo ovárico se den dos o tres ondas de crecimiento folicular. El intervalo entre la inyección y el celo es mayor o menor en función del estado ovárico en el momento de la administración de prostaglandina, es decir, según la presencia de folículos pequeños, medianos o grandes. Un folículo grande en crecimiento, necesita menos tiempo para madurar y ovular, que uno pequeño (Hafez, 1996).

La P4 por su parte, juega un papel dominante en la regulación del ciclo estral de las vacas. La P4 natural y los progestágenos sintéticos suprimen el estro y la ovulación por un mecanismo de bloqueo hipotálamo-hipofisario, dado que ejercen retroalimentación negativa sobre el hipotálamo impidiendo la secreción cíclica de la GnRH y de las mismas gonadotropinas hipofisarias, FSH y LH. Como consecuencia, se reducen la frecuencia e intensidad de los pulsos de LH, evitando la maduración folicular. Al momento de suspender el progestágeno, se acaba el bloqueo hipotálamo-hipofisario, liberándose con mayor frecuencia

FSH y LH. Debido a esto, los folículos completan su desarrollo en un lapso de tiempo muy estrecho, terminando en una adecuada sincronización del estro y la ovulación (Basurto y Hernandez, 2002; Geoffrey et al., 1996). Sin embargo, en la actualidad se sabe que la mejor opción para una exitosa inducción y sincronización de celos, requiere no solo de la manipulación tanto del CL, sino también de la onda folicular (Downing et al., 2002; Patterson et al., 1999; Wood et al., 1999).

Los tratamientos con progestágenos en implantes subcutáneos con norgestomet aplicados en el pabellón auricular (Crestar® o Syncromate-B®), imitan la fase luteal del ciclo. Se ha fijado la duración del tratamiento en 10-12 días para simular un diestro normal y conseguir un celo fértil. Para asegurar que el CL natural haya regresado al final del tratamiento, se deben asociar los progestágenos con algún agente luteolítico. Para esto existen las siguientes opciones: administración de benzoato de estradiol (EB) al comienzo del tratamiento (Figura 5a) o aplicar una inyección de prostaglandinas al final del mismo (Figura 5b). El estradiol no solo acorta la vida media del CL, sino que también tiene un efecto en la dinámica folicular, lo cual mejora la fertilidad del celo inducido (Hafez, 1996).

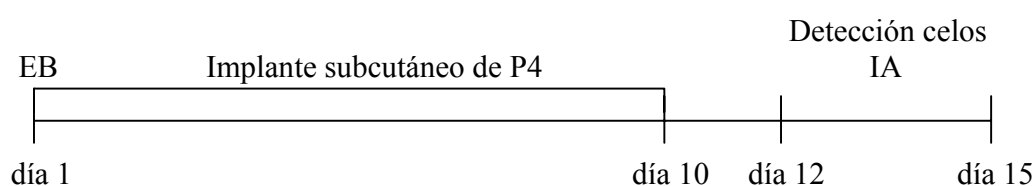


Figura 5a. Protocolo de sincronización con progestágenos (Implante subcutáneo), EB como luteolítico.

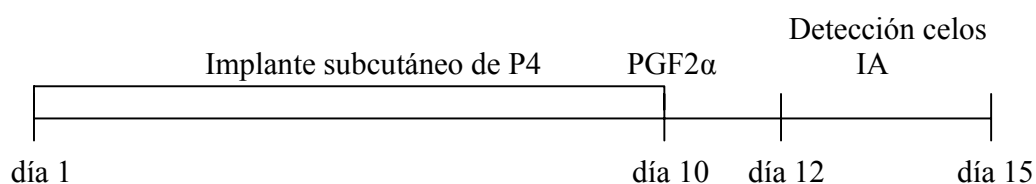


Figura 5b. Protocolo de sincronización con progestágenos (Implante subcutáneo), PGF2 α como luteolítico.

Una gran ventaja que presentan estos protocolos es que, contrario a lo que sucede con las prostaglandinas, cualquier análogo de la P4 se puede usar en animales cíclicos y no cíclicos. Esto permite la utilización de progestágenos en animales que presenten un anestro lactacional (Broers et al., 1996). Los progestágenos sensibilizan el eje hipotálamo-hipofisario-gonadal para que dé inicio a la actividad cíclica en los ovarios de aquellas vacas o novillas que se encuentran en anestro. Además, la administración adicional de la gonadotropina coriónica equina (eCG) cuando se retira el progestágeno, ayuda a estimular la maduración folicular y la ovulación, lo cual permite obtener un mejor resultado, aunque esto implica un costo adicional del protocolo (Hafez, 1996).

En los últimos años se ha venido implementando la utilización de progestágenos sintéticos diferentes a los implantes subcutáneos, dentro de estos podemos citar los dispositivos intravaginales (e.g., PRID® o CIDR-B®) y los progestágenos orales (acetato de melengestrol).

Los dispositivos intravaginales para la liberación lenta de P4 (PRID® o CIDR-B®), son productos que se aplican por vía intravaginal, se dejan allí por 7 a 12 días y cuya forma de retiro se facilita tirando de un cordón que sobresale de la vulva. Al momento de la inserción se aplica EB como agente luteolítico y supresor del folículo dominante (Figura 6). El EB se

aplica ya sea por inyección intramuscular, o bien, en una cápsula de gelatina que se adhiere al dispositivo para su absorción desde la mucosa vaginal (Macmillan y Peterson, 1993).

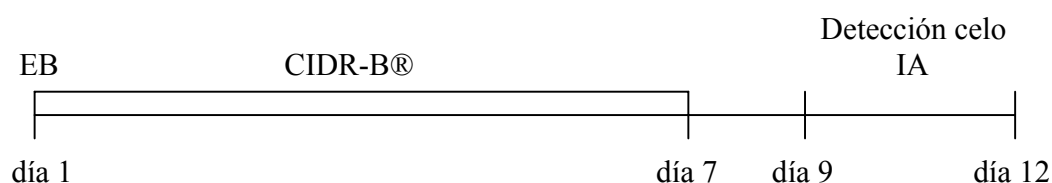


Figura 6. Protocolo de sincronización con progestágenos (implante intravaginal de P4: CIDR-B®, combinado con EB).

Los dos preparados tienen la capacidad de liberar P4 en forma constante, la cual se absorbe desde la mucosa vaginal, alcanzando niveles de 1 a 6 ng/ml en la circulación sistémica desde la primera hora de su aplicación, que son similares a los de una fase luteal normal. El uso de estos dispositivos intravaginales durante 12 días permite alcanzar un porcentaje de hembras sincronizadas mayor al 88%, con precisión en la respuesta de un 95% en un lapso de 96 horas después de retirado el tratamiento. Se ha observado un mayor grado de respuesta cuando el tratamiento no excede los 12 días (Macmillan y Burke, 1996; Macmillan y Peterson, 1993).

Otro método de utilización de estos dispositivos intravaginales es cuando se usa la $PGF2\alpha$ (Figura 7) como agente luteolítico, la cual se aplica al momento de retirar los dispositivos (Johnson y Stevenson 2002).

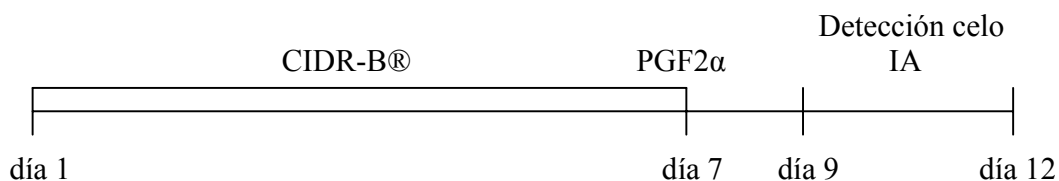


Figura 7. Protocolo de sincronización con progestágenos (implante intravaginal de P4: CIDR-B®, combinado con PGF2α).

Los programas de sincronización con progestágenos intravaginales tienen una alta efectividad. Sin embargo, presentan algunas desventajas tales como su alto costo económico comparado con los progestágenos orales, lo que los hace poco rentables cuando se trabaja con hatos de ganado de carne netamente comerciales. Además, con estos dispositivos siempre existe el riesgo de provocar infecciones intravaginales y de que se den pérdidas de los mismos, aunque se reporta que la retención del dispositivo en la vagina supera el 90% (Basurto y Hernández 2002).

Los tratamientos con progestágenos en el pienso precisan que los compuestos sean “activos oralmente”, es decir, que se absorban a la circulación sistémica sin cambios. La P4 por sí misma es relativamente inactiva por vía oral y por ello, se han desarrollado análogos sintéticos como el acetato de medroxiprogesterona (MPA) y el acetato de melengestrol (MGA) (Hafez, 1996; Peters et al., 1995). De estos, el más utilizado en la sincronización de celos es el acetato de melengestrol (MGA).

En un inicio el MGA fue empleado como promotor de crecimiento en novillas para engorde; sin embargo, posteriormente se aprobó su uso para el control del ciclo estral de novillas y vacas adultas (Peters et al., 1995). El MGA cuando es consumido por vacas o novillas diariamente, permite suprimir el estro y prevenir la ovulación (Stegner et al., 2002).

Como consecuencia, esta P4 sintética es una herramienta importante para producir un acortamiento de la estación de monta y disminuir el intervalo entre partos en ganado cebú. Además, permite a los productores reducir los costos laborales durante ambos periodos (monta y partos), especialmente cuando se trabaja en programas de inseminación artificial (Patterson, 2002).

Dentro de las ventajas del uso de MGA para la sincronización de estros se han descrito las siguientes:

- Tiene un bajo costo económico, con un valor promedio en los Estados Unidos de 2 centavos de dólar por animal por día (Patterson et al., 1999).
- Este producto fue recientemente aprobado por la FDA para su uso en la reproducción de animales de carne y leche.
- Es fácilmente administrado en el alimento, por lo cual no se requiere que los animales sean manejados o restringidos durante su administración (Patterson et al., 1999).
- Provee la oportunidad de inducir ciclicidad en novillas prepúberes (Imwalle et al., 1998) y en vacas en anestro (Fralix et al., 1996).

El MGA puede ser suministrado con granos o proteínas, en una dosis diaria de 0.5 mg/animal/día. La duración del tratamiento puede variar entre los diferentes protocolos, pero la dosis es consistente y crítica para obtener éxito. Esto porque los animales que fallan en consumir la cantidad requerida de MGA en un día, pueden retornar prematuramente a celo durante el periodo de alimentación, lo cual va a reducir la respuesta de la sincronización. Debido a esto los animales deben ser observados cada día para determinar cualquier signo de celo durante el periodo de alimentación. Esta práctica permite asegurar además, que todas las hembras están recibiendo la cantidad adecuada de MGA (Stegner et al., 2002).

Las vacas o novillas suelen exhibir estro 48 horas luego de que se retira el MGA, y se pueden observar celos durante 6 a 7 días. Es generalmente recomendado que las hembras no se inseminen o se expongan a monta natural en este periodo, debido a la reducida fertilidad obtenida en el primer celo después de retirar el MGA (Stegner et al., 2002).

Es posible que la explicación a los bajos índices de fertilidad que se obtienen cuando se insemina en el celo sincronizado únicamente con MGA, radica en el hecho de que existe una alteración en la morfología del CL después del tratamiento con MGA; los CL formados en el primer ciclo después del tratamiento suelen presentar cavidades llenas de fluido y no tienen la calidad necesaria para el mantenimiento de la preñez (Fralix et al., 1996). Como consecuencia, el MGA ha sido utilizado en varios protocolos para la inducción y sincronización de celos que involucran otras hormonas. Seguidamente se describen algunas opciones descritas para el uso del MGA.

La administración oral de MGA por 14 días, seguida por la inyección de PGF2 α 17 días después de retirar el MGA (protocolo MGA-PGF2 α), es un método efectivo para controlar el ciclo estral en novillas y vacas (Patterson y Corah, 1992). Este protocolo permite colocar un alto porcentaje de hembras cíclicas en el último estado de la fase luteal del ciclo estral al momento de la aplicación de PGF2 α , lo cual evita el bajo índice de concepción en el primer estro luego de retirar el MGA. El segundo celo sincronizado luego del MGA, ya sea espontáneo o inducido con PGF2 α , suele ser más fértil que el primero (Patterson et al., 1995). Por otra parte, existen estudios que indican que la administración de la PGF2 α al final de la fase luteal (día 10 a 15), resulta en una mayor respuesta al estro que cuando se aplica en las fases más tempranas (Yerlich et al., 1995), por lo tanto, al aplicar la PGF2 α a los 17 días de

retirar el MGA las hembras estarán entre el día 10 o 15 después del celo inducido por el retiro del MGA.

Un aspecto importante de este tipo de protocolos, es el hecho de que diversos autores han reportado un aumento en la respuesta del estro, la concepción sincronizada, el índice de preñez y la fecundidad en las vacas posparto, entre los animales tratados con MGA-PGF2 α (Figura 8), en comparación con animales tratados con PGF2 α solamente (Fralix et al., 1996; Patterson et al., 1995).

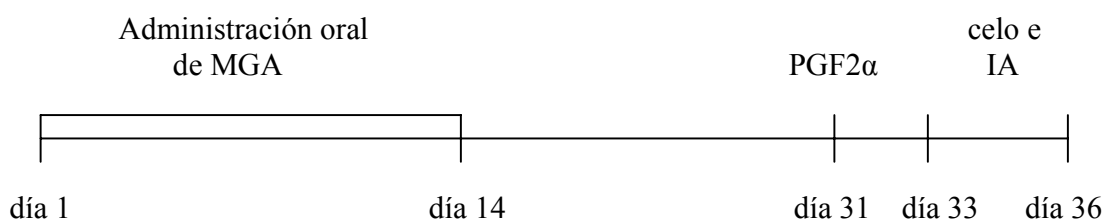


Figura 8. Protocolo de sincronización MGA-PGF2 α .

Sin embargo, las desventajas del sistema MGA-PGF2 α incluyen: a) la existencia de vacas en anestro que experimentan una fase luteal corta después del periodo de alimentación con MGA, lo cual en algunos casos hace necesaria una segunda inyección de PGF2 α ; b) el potencial incremento en la incidencia de partos gemelares, lo cual es indeseable en el manejo en muchos sistemas de producción de carne; c) la longitud del periodo de tratamiento (Patterson et al., 2001).

Otra manera de considerar el tratamiento con MGA es utilizándolo previo a protocolos de GnRH-PGF2 α (Figura 9). Dentro de las ventajas de este tratamiento (MGA-GnRH-PGF2 α) están las siguientes: a) se puede inducir exitosamente la ovulación en vacas en anestro y en novillas de carne que estén cerca de la pubertad; b) se puede reducir la incidencia de una fase

luteal corta en las vacas en anestro inducidas a ovular; c) se puede incrementar la respuesta del estro, la concepción sincronizada y el índice de preñez; y d) se puede incrementar el éxito de la inseminación a tiempo fijo (Patterson et al., 2001).



Figura 9. Protocolo de sincronización MGA-GnRH-PGF2α.

Sin embargo, la longitud del tratamiento en los protocolos MGA-PGF2α y MGA-GnRH-PGF2α crea la necesidad de incrementar el manejo y, en algunos casos, se extiende la duración del tratamiento durante un periodo más allá de los límites prácticos (Patterson et al., 2001).

Por otra parte, se ha demostrado que la administración de MGA, ha resultado en una mejor fertilidad cuando al tratamiento se inicia en la etapa temprana del ciclo estrol, pero disminuye cuando se inicia al final del ciclo (día 14 a 20) (Beal et al., 1988). Esto se debe probablemente al desarrollo de un folículo dominante persistente, el cual se relaciona con reducida fertilidad (Ahmad et al., 1995; Custer et al., 1994).

El desarrollo de este folículo persistente solamente ocurre si un CL funcional no está presente durante el periodo de administración del progestágeno (Savio et al., 1993a; Sánchez et al., 1995; Anderson y Day 1994, Custer et al., 1994; Kojima et al., 1995). Se considera que las bajas concentraciones de P4 en el plasma de vacas tratadas con MGA sin un CL funcional, resultan en un aumento de la frecuencia de pulsos de LH, pero con insuficiente liberación de

LH para causar la ovulación (Kojima et al., 1995). Esta respuesta al MGA es similar a la que previamente se reportó usando un implante de norgestomet (Rajamahendran y Taylor, 1991; Savio et al., 1993a), PRID® (Sirios y Fortune, 1990) o CIDR-B® (Savio et al., 1993b).

La P4 de fuentes tanto endógenas como exógenas, tiene una similar acción supresiva en la liberación de pulsos de LH desde la hipófisis anterior (Bergfeld et al., 1995). No obstante, pequeñas dosis de P4 que son capaces de bloquear el pico preovulatorio de gonadotropinas, no disminuyen la frecuencia de liberación de pulsos de LH a diferencia de las dosis mayores (Kinder et al., 1996). Es decir, no existe una respuesta homogénea entre las diferentes dosis de P4 exógena. Dosis administradas de P4 que resultan en concentraciones en la circulación similares a las de la fase luteal del ciclo estral (6 a 8 ng/ml de plasma), conllevan a una menor frecuencia de pulsos de LH, comparado con dosis que resultan en concentraciones de 1 a 2 ng/ml de plasma (Roberson et al., 1989; Stock y Fortune, 1993).

El patrón de secreción de LH durante los tratamientos con progestágenos es similar al patrón durante la fase folicular del ciclo estral bovino, lo cual probablemente explique por qué en muchos de estos tratamientos se desarrolla un folículo persistente (Cupp et al., 1992). Esta liberación de pulsos de LH resulta a su vez, en un aumento de secreción de estradiol (E2) desde el folículo persistente. Estos factores probablemente contribuyen a reducir la fertilidad cuando los progestágenos son usados para sincronizar el ciclo estral (Kinder et al., 1996).

La fertilidad de las vacas después de la ovulación de un folículo persistente es reducida, probablemente debido a un envejecimiento de los oocitos al momento de la ovulación, o a la muerte embrionaria temprana como resultado de daño al oviducto o de condiciones uterinas adversas en la primera semana subsiguiente a la fertilización (Ahmad et al., 1995; Kinder et al., 1996; Mihm et al., 1994b; Revah y Butler, 1995). De hecho, Ahmad et

al. (1995), reportan una reducción en la recuperación de oocitos y embriones desde folículos persistentes (FP) comparado con la recuperación desde folículos de Graff (FG). Además, los oocitos de esos FP fueron competentes para ser fertilizados, pero se comprometió su capacidad para alcanzar el estado de 16 células (Ahmad et al., 1995).

Por otra parte, se ha propuesto que existe una asincronía en la maduración nuclear y citoplasmática del oocito, pues la meiosis se reinicia probablemente antes del pico preovulatorio de LH (Mihm et al., 1994b).

Para controlar el desarrollo de un folículo persistente durante los tratamientos en los que se realice la IA en el momento de retirar los progestágenos, se han postulado dos vías como las más efectivas y que a la vez no comprometen el índice de concepción. Una de estas vías para el control del desarrollo de los folículos ováricos es permitir que se genere el folículo persistente por la administración de pequeñas dosis de progestágenos y posteriormente se induce la regresión del mismo (Kinder et al., 1996).

El tratamiento con valerato de estradiol (EV) o benzoato de estradiol (EB) causa atresia folicular, seguida por la sincronía de una nueva onda folicular emergiendo 4 a 5 días después. El estradiol sincroniza la nueva onda por un efecto de supresión de la FSH (Bo et al., 1995; Rajamahendra y Mannikkam, 1994). Wolfe et al., (1992) demostraron que concentraciones de E2 en la circulación de la vaca, que sean mayores a las típicamente presentes durante la fase folicular del ciclo estral, drásticamente suprimen la liberación de LH. Por lo tanto, la administración de estrógenos al inicio de tratamientos cortos con MGA puede causar regresión folicular, resultando en el crecimiento de un folículo dominante en el momento en que el MGA es retirado (particularmente en vacas sin CL funcional). Por lo cual, se debe esperar una mejoría en la sincronía y la fertilidad (Kastelic et al., 1996).

Sin embargo, a pesar de que el EV causa atresia folicular, el intervalo desde la aplicación hasta que emerge la onda folicular subsiguiente parece ser más variable que con el EB (Kastelic et al., 1996). Esta diferencia se considera que es causada por una incompleta supresión del folículo dominante y por un efecto más prolongado del EV cuando se compara con el EB (Bo et al., 1995). Además, se ha logrado demostrar que la administración de estradiol cuando los niveles circulantes de P4 son bajos podría inducir la liberación de LH, dando como resultado una deficiente supresión del folículo dominante, y un retraso en el desarrollo de la próxima onda folicular (Bo et al., 1994).

Algunos estudios han incorporado el E2 y una dosis aguda de P4 dentro de programas de consumo de MGA durante 7 días, aplicándose ambos en el primer día del tratamiento, resultando en una aceptable fertilidad en la IA (Kastelic et al., 1996). Este tratamiento donde se combina el E2 con un progestágeno tiene la capacidad de causar atresia folicular y el desarrollo folicular sincronizado para una exitosa sincronización de celos o para la superovulación. Cuando se aplica E2 sin una dosis de progestágeno exógena, en el día 1 después de la ovulación existe un pico de LH inducido por el estrógeno el cual no es asociado con la supresión folicular. Por lo tanto, el progestágeno exógeno debe ser suministrado junto con el estrógeno para prevenir este pico de LH en vacas sin un CL funcional (Kastelic et al., 1996).

La otra vía para controlar el desarrollo de los folículos persistentes es la administración de una dosis aguda de algún progestágeno inyectable en algún momento dado del protocolo, la cual inhibe el desarrollo de los folículos persistentes y permite obtener un mayor índice de concepción (Savio et al., 1993a; Wehrman et al., 1993). De hecho, la inyección de una dosis de P4 tan pequeña como 150 mg induce atresia de los folículos ováricos persistentes

(Rajamahendra y Mannikkam, 1994). Esto parece deberse a la dramática reducción en la frecuencia de pulsos de LH que ocurre cuando se pasa de una dosis baja a una dosis relativamente alta de P4 (Bergfeld et al., 1996). De hecho, en un estudio en el cual se administró MGA durante 14 días, el índice de concepción sincronizada en el primer celo post-MGA en novillas sin CL fue mayor en el grupo al que se le aplicó una dosis aguda de P4 en el día 12, comparado con las novillas a las que no se les aplicó (Anderson y Day, 1994).

Posteriormente, tomando en cuenta el desarrollo de los folículos persistentes, se han generado varios métodos de sincronización de celos con MGA en donde se previene el desarrollo de estos folículos. Dentro de estos protocolos se encuentra el protocolo denominado 7-11 Synch, en donde se acorta el periodo de administración del MGA sin comprometer la fertilidad, y además, se mejora la sincronía del estro debido a que se sincroniza mejor desde la primera onda folicular, el desarrollo folicular y la subsiguiente ovulación (Kojima et al., 2000a). Además, este protocolo en donde el periodo de administración del MGA es corto, ofrece más flexibilidad en el manejo de los animales, comparado con los programas en donde el periodo es más largo (Kojima et al., 2000a).

El programa 7-11 Synch (Figura 10) como tal, involucra la administración oral de MGA en dosis de 0.5 mg/vaca/día durante 7 días, una inyección de PGF2 α en el último día de la dosificación del MGA, 4 días después una inyección de GnRH y, por último, una segunda aplicación de PGF2 α 11 días después de la primera dosis de PGF2 α (Kojima et al., 1999). La inseminación artificial es llevada a cabo 12 horas luego de la detección del estro y el pico de estros sincronizados suele darse entre las 42 y las 66 horas después de la última inyección de PGF2 α , con una máxima respuesta a las 54 horas (Kojima et al., 1999).

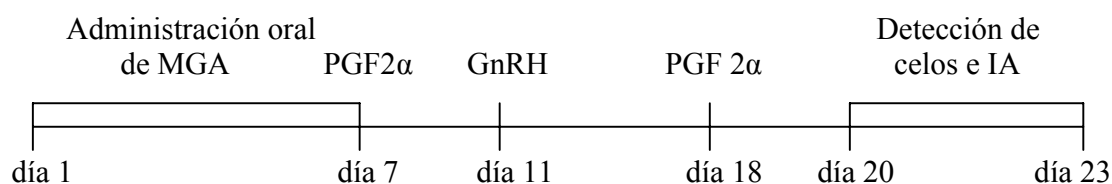


Figura 10. Protocolo de sincronización 7-11 Synch.

La inyección de GnRH dada en este protocolo 4 días posteriores al último día de administración de MGA, tiene la finalidad de asegurar la ovulación o luteinización del folículo dominante (persistente), seguido por la iniciación de una nueva onda folicular. A la vez, la segunda dosis de PGF2 α induce luteólisis ya sea del CL o del folículo luteinizado por la GnRH. Consecuentemente, los folículos de la primera onda ovulan después de la segunda inyección de PGF2 α , resultando en una respuesta al estro más temprana en comparación con el intervalo típicamente observado en vacas inyectadas con PGF2 α durante el estado medio del ciclo estral (Kojima et al., 2000a).

La relación entre el desarrollo folicular y el tiempo de la inyección de GnRH puede diferir entre vacas en anestro y ciclando; sin embargo, ambas responden igualmente bien en el protocolo 7-11 Synch, dándose en ambos casos una adecuada sincronización de la primera onda folicular, con un consecuente estro fértil (Kojima et al., 2000a).

El protocolo 7-11 Synch resulta en un mayor grado de sincronía del estro y un mejor índice de preñez a la IA durante el pico de respuesta al celo (42 a 66 horas), comparado con el protocolo Select Synch (protocolo que combina GnRH y PGF2 α). Además, debido al alto grado de sincronización que exhiben las vacas en este tratamiento, ofrece el potencial de ser utilizado para programas de IA a tiempo fijo (Kojima et al., 2000a). Todos estos factores,

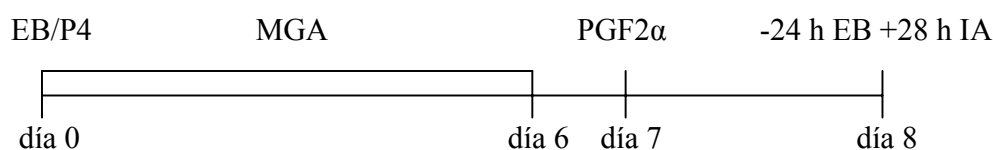
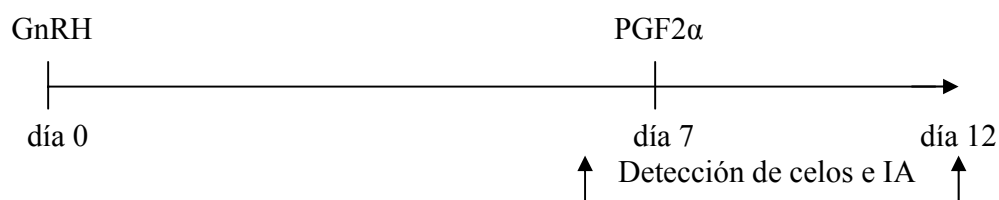


Figura 11b. Protocolo de sincronización con MGA (IA a tiempo fijo).

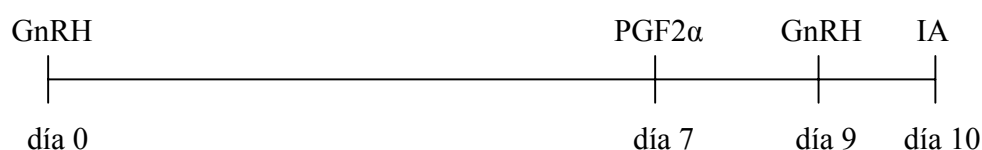
En los últimos años también se han creado protocolos de sincronización del estro y la ovulación con GnRH, en donde se busca la manipulación del ciclo reproductivo de la vaca utilizando una secuencia de inyecciones hormonales que permiten el control tanto de la fase lútea, como de la fase folicular, para obtener una ovulación fértil en un momento predeterminado (Pursley et al., 1995; Twagiramungu et al., 1994). Estos protocolos buscan simular los eventos normales que ocurren en un ciclo normal, son bastante baratos y prácticos.

Una categoría de vacas que representan un obstáculo para la sincronización de celos son aquellas que todavía no han ciclado después del parto. Los sistemas que usan GnRH aparecen como una herramienta razonable para inducir una ovulación fértil en estas vacas en anestro (Whittier y Geary, 2000). Sin embargo, la respuesta a la sincronización entre vacas cíclicas o en anestro, sugiere que se pueden obtener mayores índices de preñez en hatos con un bajo porcentaje de vacas en anestro (Thompson et al., 1998).

Existen tres sistemas básicos de sincronización con GnRH: Select Synch, Ov-Synch y CO-Synch, los cuales se muestran en la figura 12:



12a. Select Synch



12b. Ov-Synch



12c. CO-Synch

Figura 12. Protocolos de sincronización que incluyen GnRH.

El protocolo Select Synch no contempla el uso de una segunda inyección de GnRH, debido a que este sistema incorpora la detección de celos y la inseminación de las vacas solamente después de ser observadas en estro (Whittier y Geary, 2000). Para este tratamiento, la detección del estro debe iniciarse 4 días después de la aplicación de la GnRH y continuar a través de 5 días posteriores a la PGF2 α . (Kojima et al., 2000b)

Por otra parte, cuando se usa la secuencia de inyecciones de GnRH-PGF2 α -GnRH como en Ovsynch y CO-Synch, se mimetizan los eventos que causan una ovulación

sincronizada. En estos sistemas no existe la necesidad de observar los celos (Whittier y Geary, 2000).

Los protocolos GnRH-PGF2 α -GnRH fueron desarrollados para sincronizar la onda folicular y el tiempo de la ovulación. La GnRH causa liberación de la LH, dando lugar a una ovulación sincronizada o luteinización de la mayoría de los folículos dominantes. Consecuentemente, una nueva onda folicular es iniciada en todas las vacas dentro de 2 a 3 días de la administración de GnRH. El tejido luteal que se forma es capaz de luteinizarse 6 a 7 días después. De tal manera, este protocolo para IA a tiempo fijo resulta en el desarrollo de un folículo preovulatorio que ovula en respuesta al segundo pico de LH inducido por la segunda dosis de GnRH 48 horas después de la inyección de PGF2 α (Patterson et al., 2001; Whittier y Geary, 2000).

Dentro de las desventajas de los métodos en donde se sigue una secuencia de inyecciones de GnRH-PGF2 α -GnRH, es que aproximadamente de un 5 a un 15 % de las vacas llegan a ser detectadas en celo un día antes de la aplicación de la PGF2 α (Kojima et al., 2000b). Por lo tanto, para inseminar todas las vacas que responden a estos tratamientos, la detección de estros es requerido por un periodo de 10 días iniciando 4 días antes de la aplicación de PGF2 α . Además, los protocolos GnRH-PGF2 α -GnRH no son muy efectivos en la sincronización del estro en novillas (Pursley et al., 1997; Stevenson et al., 1999). Por otro lado, cuando estos protocolos se combinan con la administración previa de progestágenos, se logra una mejoría sustancial de las tasas de sincronización y preñez (Kojima et al., 2000b).

Existe una modificación al protocolo CO-Synch, en donde las vacas amamantando reciben un destete temporal de 48 horas (Figura 13). Este procedimiento parece que acelera la

ovulación en la mayoría de las vacas y así puede resultar en una mayor sincronía de la misma; y por lo tanto, un más alto índice de preñez en la IA a tiempo fijo (Whittier y Geary, 2000).

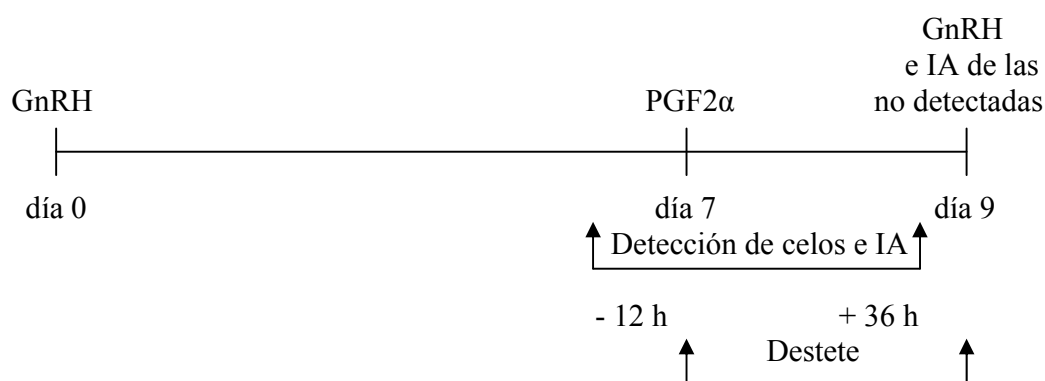


Figura 13. Protocolo de sincronización CO-Synch detección de celos.

Se considera que el destete temporal es más importante si se tiene un alto porcentaje de vacas que no exhiben un ciclo estral normal en el momento de la sincronización (Whittier y Geary, 2000). El destete temporal por 48 horas permite obtener un incremento del índice de concepción en los protocolos de IA a tiempo fijo como el CO-Synch o el Ovsynch, en vacas ciclando o en anestro. Un periodo corto de remoción de los terneros incrementa la frecuencia de pulsos de GnRH y LH a niveles similares a los del proestro, y además aumenta la cantidad de LH liberada en respuesta a la GnRH (Geary et al., 2001). Por tanto, este destete junto con la administración de GnRH, puede resultar en un pico de LH más temprano y de mayor magnitud, lo cual mejora la sincronía entre la ovulación y el momento de la inseminación tanto en vacas cíclicas, como en anestro (Geary et al., 2001).

No obstante, el índice de concepción es afectado por la edad y por la interacción edad versus ciclicidad, pues el índice de concepción incrementa conforme incrementa la edad. El

porcentaje de vacas en anestro antes de la sincronización disminuye con el aumento de la edad. El destete temporal parece tener mayores beneficios cuando se realiza en vacas de 3 y 4 años, que en las primíparas o en vacas de mayor edad (Geary et al., 2001).

Finalmente, al contemplar la gran cantidad de protocolos descritos para sincronización e inducción de celos, la amplia variedad de factores que pueden influir sobre los resultados de los programas de IA, y dado que las metas y los recursos de cada productor varían, se puede ver que realmente no existe un método que sea el óptimo para todas las situaciones. Es por esto que la decisión de usar un protocolo en particular debe estar basada en las metas del programa de IA, la disponibilidad de tiempo y labor, el costo estimado por preñez y un criterio que debe ser determinante en todos los casos, que es el índice de preñez estimado que se puede alcanzar con el protocolo elegido (Johnson y Stevenson, 2002).

II JUSTIFICACIÓN

Desde hace varios años los productores de la industria pecuaria tanto láctea como cárnica, han tratado de implementar sobretodo la inseminación artificial, y en algunos casos, el transplante de embriones, para obtener un mejoramiento genético más acelerado en sus hatos.

En las fincas lecheras estas prácticas de manejo reproductivo se han implementado con relativa facilidad. En el caso de ganado *Bos indicus*, sin embargo, esto ha sido difícil y en algunos casos, más bien se han producido pérdidas económicas debido a factores de manejo y a factores nutricionales que afectan los rendimientos esperados.

Por años se ha trabajado con diferentes programas de sincronización de celos en nuestro país. No obstante, los protocolos que se han implementado en *Bos indicus* hasta ahora, han encontrado obstáculos de índole económico, de manejo y algunos de efectividad. Por lo tanto, se crea la inquietud de buscar un sistema de inducción y sincronización de celos que supere de alguna manera estos inconvenientes.

En la presente investigación se utilizó el protocolo 7-11 Synch debido a que este presenta una serie de ventajas entre las que se encuentran: una alta sincronía del estro con resultados altos de fertilidad, bajos costos y fácil manejo. Sin embargo, es importante resaltar que este protocolo solo se ha utilizado en otras.

De esta manera, se espera aportar información a los productores nacionales, que pueda favorecer la productividad y la mejora genética.

III OBJETIVOS

III. 1 Objetivo general

Evaluar la eficacia del protocolo de administración de MGA conocido como 7-11 Synch (aplicado junto con una suplementación alimenticia), en la sincronización e inducción de celos en hembras *Bos indicus* ciclando y en anestro lactacional posparto, en la región del bosque tropical húmedo del Pacífico Central de nuestro país.

III. 2 Objetivos específicos

Determinar el índice de preñez de la inseminación artificial y de la monta natural realizada posteriormente a la inducción y sincronización de celos a través del protocolo 7-11 Synch.

Verificar la sincronía de los celos en vacas *Bos indicus*, mediante la utilización del protocolo 7-11 Synch, para llevar a cabo la inseminación artificial.

Determinar la calidad de los celos en las hembras *Bos indicus*, sometidas al protocolo 7-11 Synch de inducción y sincronización de celos.

Constatar la eficacia del MGA (progestágeno oral), para inducir la ciclicidad del aparato reproductor de vacas que presentan anestro en el periodo posparto.

Evaluar la efectividad del protocolo 7-11 Synch para disminuir el intervalo parto-concepción en las vacas cebú.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV. 1 MATERIALES

IV. 1.1 Lugar de estudio:

La investigación se llevó a cabo en una explotación ganadera denominada Finca San Julián, ubicada en el Pacífico Central de Costa Rica. La explotación esta ubicada 5 kilómetros al Norte de Esterillos, en San Julián de Parrita, Puntarenas. Las características de la zona son las siguientes: altitud 150 msnm; temperatura promedio 26.8°C; precipitación pluvial anual 3093.6 mm³ y 86% de humedad relativa media.

IV. 1.2 Animales:

En esta finca se practica una ganadería extensiva con animales *Bos indicus*, los cuales son híbridos producto del cruce entre diferentes razas cebuinas (Indobrasil, Brahman y Nelore) (Anexo 1 y 2). La explotación cuenta con un total de 160 vacas y 60 novillas para la reproducción cada año. Para el presente estudio se seleccionaron 93 animales, de los cuales 18 eran novillas y el resto vacas de 1 o más partos.

El grupo control constó de 86 animales, compuesto de 38 novillas y 48 vacas de 1 o más partos. Para la selección de ambos grupos se tomó en cuenta su estado reproductivo, la condición corporal y los días posparto. En el punto IV. 2 se incluyen los criterios de selección.

IV. 1.3 Alimentación:

Los animales de la finca San Julián pastorean en áreas sembradas con gramíneas (*Brachiaria brizantha* y *Brachiaria decumbens*) (Anexo 3). Además, los animales destinados al estudio y los del grupo control tuvieron acceso durante la investigación a un suplemento alimenticio fabricado en la misma explotación (Anexo 4), el cual fue ofrecido en saleros con una dimensión de 2.04 m², distribuidos en los diferentes potreros de la finca. Este es el mismo en donde se administraría la dosis diaria de MGA.

A continuación se muestra la fórmula del suplemento utilizado.

Producto	Cantidad en g/Ración
Semolina	400
Grasa saponificada	200
Urea	35
Melaza	150
Cascarilla de arroz	500
Vitaminas y minerales *	15
Sal	**

* Pecutrin®: complemento de vitaminas y minerales fabricado por la empresa BAYER.

** La sal en este suplemento tuvo la finalidad de asegurarnos que cada animal consumiera la dosis diaria de MGA que le corresponde.

Por medio de ensayos previos realizados en la finca, se logró determinar que las vacas adultas consumen diariamente un máximo de 200 g de sal en el verano y 350 g en el invierno. Por esta razón, a cada ración del suplemento se le agregó esa cantidad en g de sal dependiendo de la época, para así evitar posibles problemas con sobre o subdosificaciones del MGA (Johnson y Stevenson 2002).

IV. 1.4 Fármacos:

Los fármacos utilizados en este estudio son los siguientes:

- Acetato de melengestrol (MGA®-100): progestágeno oral, la dosis es de 0.5 mg/vaca/día. La presentación en polvo trae una concentración de 220 mg/Kg, por lo que para dosificarlo se realizaron diluciones seriadas de ½ Kg del producto en ½ Kg de semolina; en total se llevaron a cabo 5 diluciones obteniéndose una concentración de 6.875 mg/Kg de MGA. Para incluir el MGA en el suplemento se mezclaron 5 Kg de esta concentración en 60 raciones del suplemento. Los animales consumieron diariamente una ración de esta mezcla, por lo que la dosis fue de 0,58 mg/día/animal.
- Lutalyse®: este producto contiene dinoprost-trometamina, el cual es un análogo sintético de la PGF2 α . Cada ml del producto contiene 5 mg de dinoprost-trometamina y la dosis utilizada es de 25 mg por animal, por vía intramuscular.
- Fertagyl®: su principio activo es gonadorelina, que es un análogo de la GnRH. La concentración del producto es de 0.1 mg/ml y la dosis utilizada es de 0.25 mg por animal, por vía intramuscular.

Estos fármacos se administraron a los animales mediante el tratamiento propuesto para el protocolo 7–11 Synch de inducción y sincronización de celos (Kojima et al., 1999).

MGA®-100, PFIZER
Lutalyse®, PFIZER
Fertagyl®, Intervet

IV. 1.5 Otros materiales:

- Guantes de palpación.
- Mezcladora.
- Balanza.
- Jeringas.
- Agujas desechables.
- Termo para nitrógeno líquido.
- Pajillas de semen.
- Termómetro para medir la temperatura del agua.
- Pipeta de inseminación.
- Camisas desechables para pipetas de IA.
- Ultrasonido, Aloka 500.
- Gel lubricante.
- Cámara fotográfica.

IV. 2 MÉTODOS

Para la realización de la investigación se seleccionaron un total de 93 hembras para formar el grupo de animales en estudio. Dicha selección se llevó a cabo con base en una serie de criterios clínicos, uno de ellos fue la inspección visual de las vacas, con el fin de determinar su estado físico y se incorporaron al estudio solo los animales con una condición corporal entre 4 y 6 en una escala de 1 a 9. En el anexo 5 se incluye el registro de los parámetros de selección de los animales.

Otro parámetro que se tomó en cuenta fue el número de días posparto. Las hembras que ingresaron en los lotes de estudio debían tener un mínimo de 60 días posparto en el momento en que se iniciara el protocolo de sincronización de celos 7-11 Synch. Además, se realizó una palpación rectal para determinar su estado reproductivo (ciclando o en anestro) con base en lo descrito por Youngquist (1997), y se verificó la condición del aparato reproductor de cada hembra, para descartar vacas con alguna anomalía que pudiera afectar la efectividad de la IA.

Entre los restantes animales de la finca con características similares a las del grupo en estudio como una CC entre 4 y 6, fueron seleccionados 86 animales para ser enviados a monta natural (MN) al alcanzar los 60 días posparto. Estos se tomaron como un grupo control, que serviría para comparar los índices reproductivos con el grupo de estudio, durante la misma época de monta.

Dentro de los criterios que se tomaron en cuenta para excluir animales tanto del grupo estudio como del grupo control, podemos mencionar la presencia de quistes ováricos, endometritis, cervicitis y una CC menor a 4 entre otros.

En ambos grupos de animales (grupo estudio y grupo control) se escogieron vacas que presentaran ya sea, una condición cíclica en sus ovarios o que se encontraran en anestro lactacional. Los animales en estudio que fueron alcanzando los 45 días posparto se seleccionaron para formarlos en grupos de 15 a 20 animales con el fin de facilitar su manejo y distanciar las preñeces y los partos. Se hicieron un total de 5 grupos de estudio, los cuales se trabajaron de la siguiente manera: el primer grupo inició el tratamiento el 1 de setiembre del 2002, el segundo lote inició el 24 de enero del 2003, el tercero inició el 31 de enero del 2003,

el cuarto grupo inició el 11 de mayo del 2003 y el quinto y último lote inició el tratamiento el 6 de junio del 2003.

Una vez escogidas las hembras para estos grupos, se introdujeron a un proceso de adaptación al suplemento nutricional, en el que posteriormente se administraría el MGA. Dicho proceso comprendió un periodo de 15 días. Luego de este periodo se llevó a cabo la inducción y sincronización de celos mediante el protocolo 7-11 Synch. Los animales del grupo control recibieron el suplemento sin MGA por aproximadamente 15 días previos a ser enviados a la MN.

El programa 7-11 Synch utilizado en este estudio (Figura 14), involucró la administración oral de MGA en dosis de 0.58 mg/vaca/día durante 7 días en el suplemento, una inyección de PGF2 α en el último día de la dosificación del MGA (día 7), posteriormente, una inyección de GnRH 4 días después de la remoción del MGA (día 11) y, por último, una segunda aplicación de PGF2 α 11 días después de la primera dosis de PGF2 α (día 18). La aplicación de estas hormonas la realizó Gilberto Rojas, propietario de la explotación ganadera, tomando en cuenta las normas asépticas para tal fin.

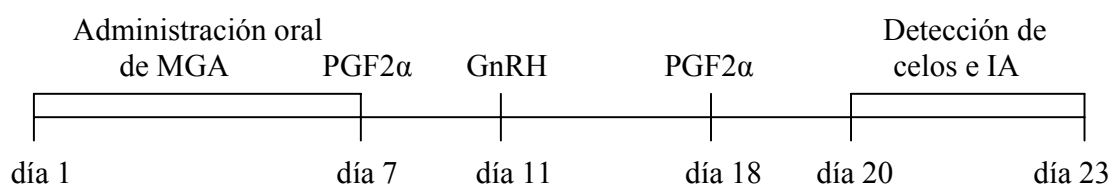


Figura 14. Protocolo de sincronización 7-11 Synch.

La detección de celos se inició 40 horas después de la última dosis de prostaglandina y se llevó a cabo por un lapso de 4 días, por parte del autor de este trabajo, el propietario y los

encargados del ganado. Para detectar celos se realizaron 3 observaciones diarias de una hora cada una. La primera a las 5:30 am, la segunda a las 11.30 am y la tercera a las 4.30 pm. Para una determinación más efectiva de los animales que presentaran signos de celo, se utilizó un toro marcador, al cual se le realizó una desviación de pene (Anexo 6).

La inseminación artificial se realizó según el programa AM-PM, por lo tanto los animales se inseminaron aproximadamente 12 horas luego de ser detectados en estro. La IA estuvo a cargo del propietario, quien fue anteriormente preparado y entrenado por personal del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), y con 2 años de experiencia en la técnica al momento de la investigación.

Luego de 4 días de llevarse a cabo la detección de celos y la IA, las hembras pasaron a repastos en donde estarían con un macho reproductor. Esto se realizó con la finalidad de que las vacas que no quedaran preñadas con la IA, en los próximos celos se preñaran mediante la monta natural.

El diagnóstico de preñez de todos los grupos en estudio se realizó por palpación rectal y ultrasonido 65 días después de la inseminación artificial. En el caso de las hembras gestantes se determinó la edad aproximada, con el fin de diagnosticar y diferenciar si la preñez era producto de la IA (primer celo post sincronización), o correspondía con la monta natural (segundo o tercer celo post sincronización), lo cual nos permitiría determinar el índice de preñez del primero, segundo o tercer celo.

Esta palpación rectal y el ultrasonido fueron realizados por la Dra. Laura Castro Ramírez (Tutora) y, por el autor de este trabajo.

Además, se realizó una palpación rectal por parte del autor, a los 45 días de haber terminado el periodo de monta para el año 2003, con el fin de verificar el porcentaje de preñez

de los animales en estudio y de los controles. El periodo de monta inició el 15 de febrero y finalizó el 15 de agosto del 2003.

IV. 3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó estadística descriptiva, con análisis de frecuencia y distribución de frecuencias. Los datos comparativos entre los grupos tratados, así como entre estos y el grupo control, fueron analizados mediante la prueba de Chi Cuadrado (X^2) (Susan Milton, 2001).

V. RESULTADOS

Se debe aclarar que los datos recopilados en este estudio se tomaron de un total de 91 animales, debido a que de los 93 que iniciaron la investigación 2 fueron eliminados. Una vaca presentó un problema de endometritis (Anexo 8), mientras que a la otra se le diagnosticó un quiste luteal. Ambos casos se determinaron mediante el ultrasonido.

El primer resultado importante a tomar en cuenta es el *índice de sincronización* o de detección de celos. Este representa el número de animales detectados en celo en un periodo definido, dividido entre el número de animales tratados. De 91 vacas tratadas con el protocolo 7-11 Synch, manifestaron un celo franco 51 de ellas (Anexo 9, 10 y 11), lo cual indica que se obtuvo un 56% de vacas detectadas en celo (Figura 15).

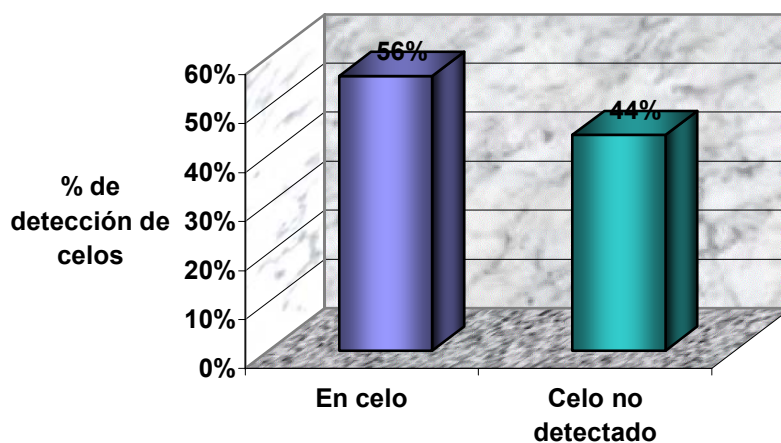


Figura 15. Índice de sincronización del protocolo 7-11 Synch.

Según al análisis estadístico se determinó que no existe diferencia significativa entre los grupos sincronizados en cuanto a la cantidad o el porcentaje de vacas que manifestaron celo durante el periodo de detección del mismo ($P > 0.05$).

Respecto a la sincronía de los celos en respuesta al protocolo 7-11 Synch, la mayor respuesta se dio a las 48 horas luego de la última dosis de $\text{PGF2}\alpha$, con un rango que va desde 40 hasta 96 horas y un pico de 94% de los celos detectados entre las 48 y las 80 horas de finalizado el tratamiento con el protocolo 7-11 Synch (Figura 16).

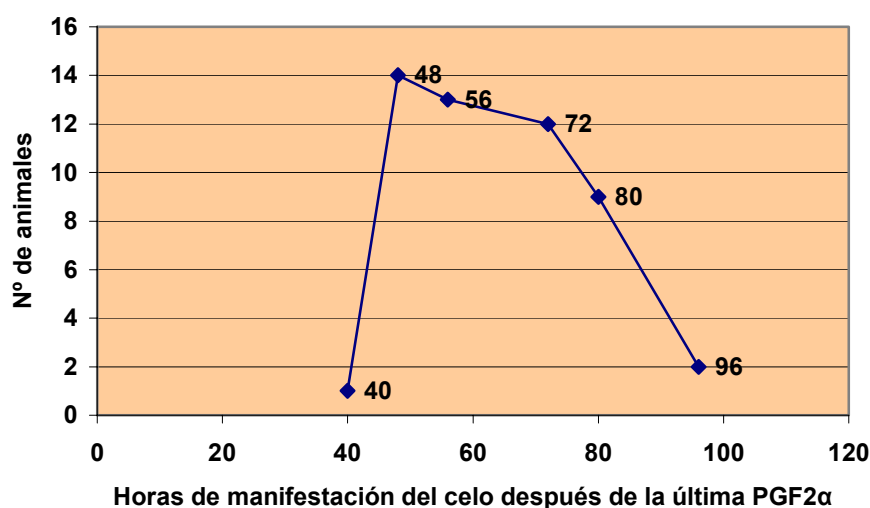


Figura 16. Sincronía de los celos.

El *índice de concepción* por su parte, es el número de animales preñados mediante la inseminación artificial, dividido entre el número de animales inseminados. En esta investigación se inseminaron las 51 hembras que manifestaron celo durante el tiempo de la

detección del mismo, de las cuales mediante el ultrasonido se determinó que se preñaron 25. Estos datos revelan que en el presente estudio se alcanzó un índice de concepción del 49% (Figura 17).

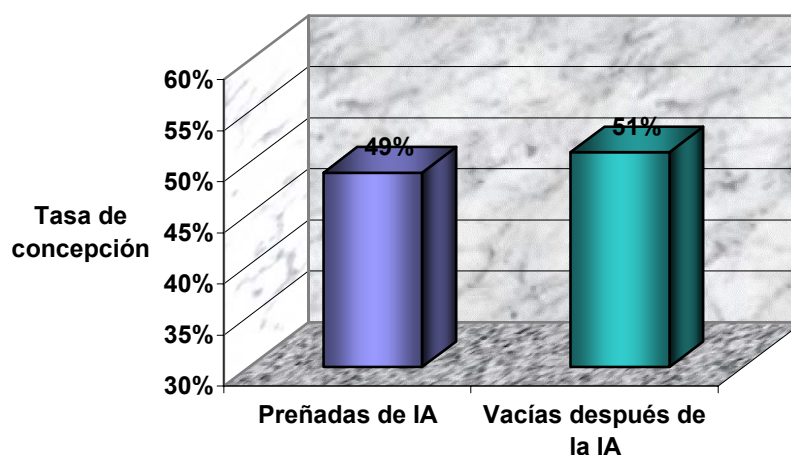


Figura 17. Índice de concepción del protocolo 7-11 Synch.

El *índice de preñez del protocolo*, resulta del número de vacas que se preñaron mediante la inseminación artificial, tomando en cuenta todos los animales tratados. En este estudio, fueron 25 vacas preñadas de un lote de 91 animales tratados, para un índice de preñez del 27% (Figura 18).

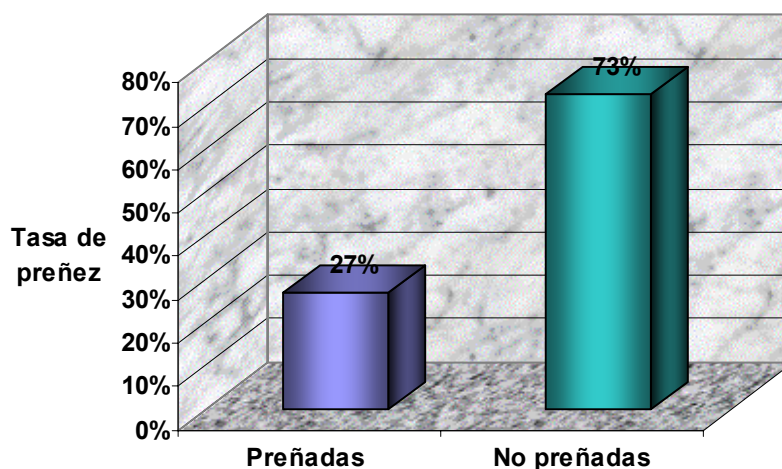


Figura 18. Índice de preñez del protocolo 7-11 Synch

No se determinaron diferencias significativas entre los grupos tratados, en cuanto al número de animales preñados por la IA y el número de animales vacíos post-IA ($P > 0.05$). Sin embargo, se pudo observar cierta tendencia a una mayor cantidad de vacas preñadas por la IA en los grupos 1 y 2, cuando se compara con los grupos 3, 4 y 5 (Figura 19). Es importante recalcar que los grupos 1 y 2 tuvieron condiciones más favorables en cuanto a clima y pasturas, por lo cual presentaron una mejor condición corporal en el momento de la selección de los animales para el presente trabajo, cuando se comparan con los grupos 3, 4 y 5.

Los promedios de Condición Corporal (CC) al momento de la selección de los grupos de animales tratados fueron los siguientes: Grupo 1 = 5.2, Grupo 2 = 5.5, Grupo 3 = 4.3, Grupo 4 = 4.6, Grupo 5 = 4.5.

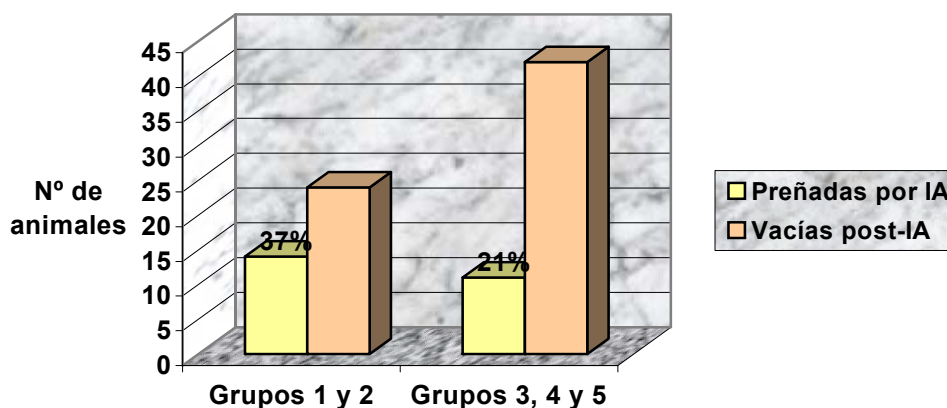


Figura 19. Comparación en la preñez alcanzada por la IA y la cantidad de vacas vacías post-IA entre los grupos (1+2) y (3+4+5).

De acuerdo con la metodología de trabajo, los animales en estudio, luego del periodo de detección de celos e inseminación artificial, se enviaron a monta natural. El ultrasonido se realizó a los 65 días después de la inseminación (Anexo 12, 13 y 14). Esto con el fin de evaluar tanto el porcentaje de preñez que se obtuvo en el primer celo (IA), como en el segundo y tercer celo (MN), posteriores al tratamiento con el protocolo en estudio (Figura 20). Sin embargo, se debe aclarar que en los grupos en estudio, la MN no se tomó en cuenta en el último grupo de animales, debido al hecho de que este lote de vacas sincronizadas tuvieron un corto periodo de monta natural (30 días), y además, el toro utilizado con ellas sufrió un trauma a nivel testicular durante el periodo de la investigación.

De hecho al finalizar el estudio, se le realizó un examen andrológico a este animal, a través del cual se le diagnóstico degeneración testicular.

Por esto, para determinar el índice de preñez en los dos celos posteriores a la IA se usaron solo los cuatro primeros grupos en estudio que completan un total de 73 animales.

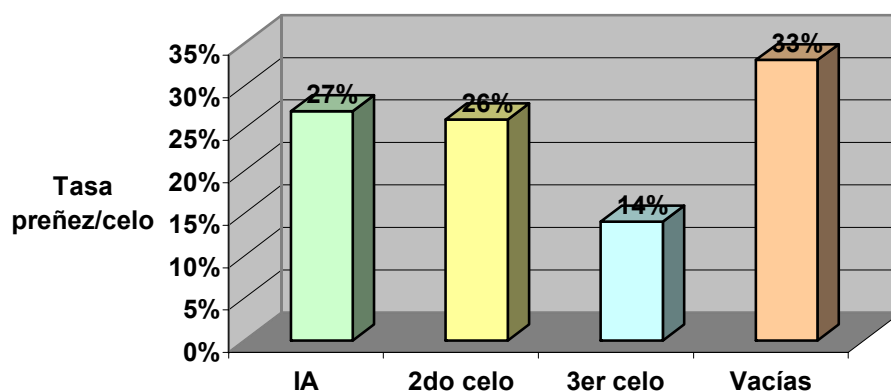


Figura 20. Porcentaje de preñez y porcentaje de vacas vacías, de acuerdo al celo, a los 65 días posteriores a la inseminación artificial. Protocolo de inducción y sincronización de celos 7-11 Synch.

En la figura 21 se presenta el número de hembras preñadas de acuerdo con el celo postsincronización y el número de vacas vacías, especificado por grupo, a los 65 días posteriores a la IA.

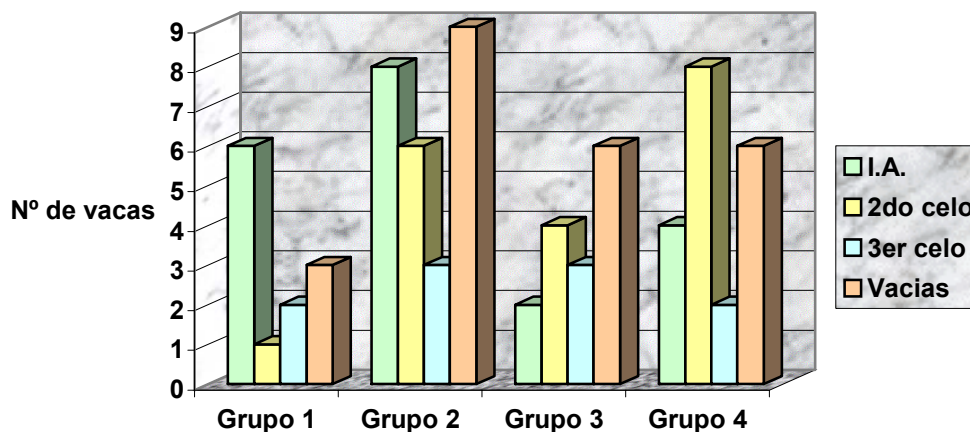


Figura 21. Número de vacas preñadas en cada grupo de animales, mediante la IA o la monta natural durante los dos primeros celos luego de la IA.

Se observó una diferencia significativa ($P \leq 0.05$), cuando comparamos la tasa de preñez en el primer celo (IA), y la obtenida en el segundo y tercer celo (MN), con un mejor índice de preñez mediante la MN, tomando en cuenta los dos celos posteriores a la IA.

Al comparar la preñez total en el momento del ultrasonido (sumando los tres celos), no se detectaron diferencias significativas entre los 4 grupos de animales en estudio ($P > 0.05$).

Respecto al *índice de preñez al final del periodo de monta*, se tomó en cuenta los grupos de animales en estudio y el grupo de animales control, con el fin de verificar la efectividad del protocolo 7-11 Synch para mejorar la preñez en el periodo de monta.

Al igual que el porcentaje de preñez de acuerdo con el celo postsincronización, el índice de preñez al final del periodo de monta y los restantes resultados que se presentan en el trabajo, se basan en los cuatro primeros grupos estudio, debido a las razones previamente mencionadas.

Se observa en la figura 22, que de los 73 animales del grupo en estudio se preñaron 54, alcanzándose un 74% de preñez al final del periodo de monta. Mientras que en el grupo control formado por 86 hembras, se diagnosticó un total de 44 vacas preñadas al final del periodo de monta, para un índice de preñez del 51%.

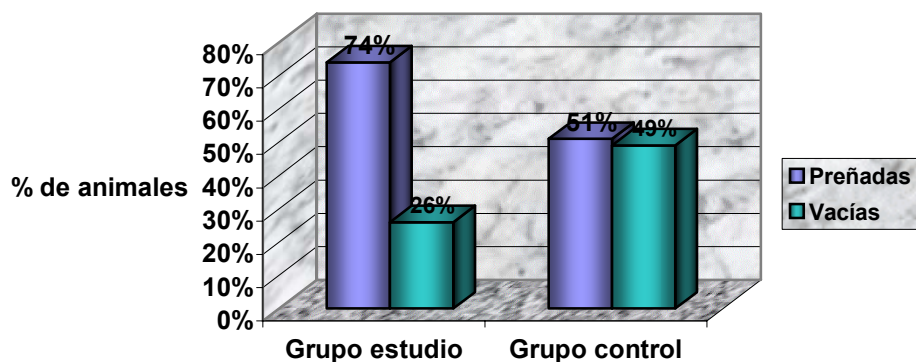


Figura 22. Índice de preñez al final del periodo de monta en el grupo estudio y en el grupo control.

Es importante recalcar que la palpación rectal para verificar la preñez al final del periodo de monta se llevó a cabo a los 45 días de terminado este periodo. En esta palpación 7 animales de los grupos estudio fueron diagnosticados como no gestantes, pero en el ultrasonido realizado anteriormente habían sido declarados como gestantes. Esto nos indica que estos animales sufrieron reabsorción embrionaria o aborto, no obstante, las causas de esta problemática no fueron estudiadas.

En relación a la preñez alcanzada por cada categoría de vacas presentes en las fincas, o sea, novillas, vacas de 1 parto (primíparas) y vacas de 2 o más partos (multíparas), la figura 23 muestra el porcentaje de preñez obtenido por cada categoría, en el grupo estudio y el grupo control.

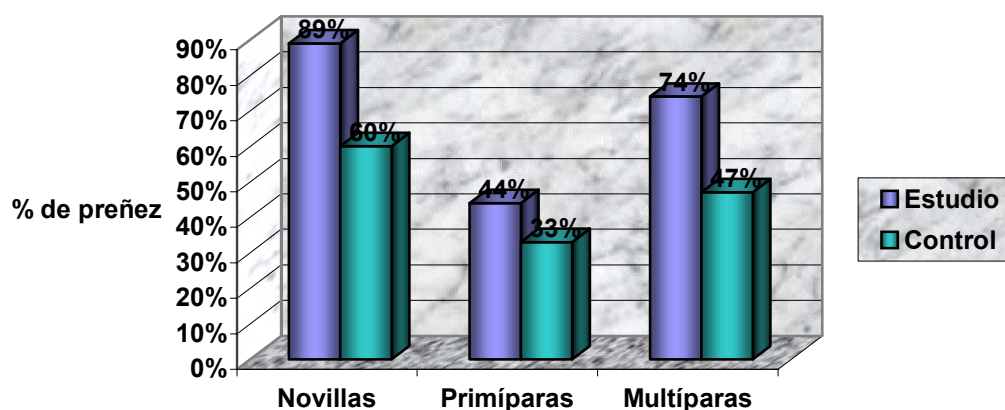


Figura 23. Preñez por categoría grupo estudio y grupo control

En el análisis estadístico se determinó que existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) al comparar la preñez entre las tres categorías de animales en los grupos tratados con MGA. Las vacas primíparas obtuvieron un menor porcentaje de preñez que las novillas y las múltiparas ($P \leq 0.05$), pero no se observó diferencia entre las novillas y las múltiparas ($P > 0.05$).

No obstante, al realizar este mismo análisis estadístico entre los animales del grupo control no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) en cuanto a la preñez entre las tres categorías de animales.

Por otra parte, dentro de los objetivos de esta investigación se encuentra el evaluar la efectividad del protocolo 7-11 Synch para disminuir el intervalo parto-concepción en las vacas cebú. Para lograr este objetivo, se comparó el intervalo parto-concepción del grupo en estudio con el intervalo del grupo control. Los resultados se incluyen en la figura 24.

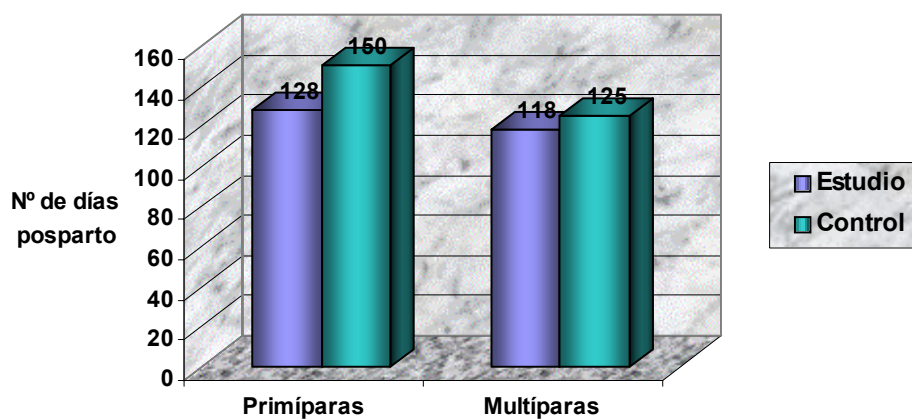


Figura 24. Intervalo parto-concepción alcanzado en el grupo estudio y en el grupo control.

Estadísticamente no existe diferencia significativa al comparar entre el intervalo parto-concepción alcanzado por el grupo tratado (123 días) y el intervalo obtenido en el grupo control (137 días) ($P > 0.05$).

En cuanto a si el protocolo 7-11 Synch permite inducir ciclicidad en las vacas que presentan anestro en el periodo posparto, se determinó que de los animales en anestro previo al tratamiento, un 49% fueron detectados en celo luego de implementado el protocolo, mientras que de los animales que se encontraban ciclando, un 69% manifestó celo. Por otra parte, el índice de preñez (porcentaje de animales preñados de la IA del total que se trataron) fue de un 34% para los animales que se encontraban ciclando y un 23% para los que no lo estaban.

IV. DISCUSIÓN

Para llevar a cabo el análisis de los resultados es importante el entendimiento de la terminología usada en los diferentes programas de sincronización e inducción de celos, ya que esto nos permite el desarrollo de expectativas realistas de acuerdo con los números obtenidos. Los datos comúnmente reportados acerca de los métodos de sincronización incluyen, el índice de sincronización, el índice de concepción y el índice de preñez del protocolo que fuese utilizado (Johnson y Stevenson, 2002). No obstante, en la presente investigación se recopilan otros parámetros importantes, los cuales nos permiten verificar la efectividad del protocolo 7-11 Synch.

La finalidad de todo programa de sincronización e inducción de celos es obtener un mayor número de animales en celo en un corto periodo de tiempo, para facilitar así la implementación de la IA o la transferencia de embriones. Por lo tanto, un bajo porcentaje de sincronización repercutiría negativamente en los demás resultados del protocolo que se esté utilizando.

La detección del celo es un factor sumamente importante en los programas de sincronización. Una pobre detección del celo puede provocar una alteración en el momento ideal para realizar la IA y por lo tanto, llevar a una reducción en el índice de preñez.

En la presente investigación el índice de sincronización alcanzado con el protocolo 7-11 Synch fue de un 56%. De ese 56% de animales detectados en celo, un 94% lo manifestaron en un periodo de 32 horas (entre las 48 y las 80 horas de finalizado el tratamiento con el protocolo 7-11 Synch), lo cual indica que se presentó una alta sincronía de los celos (Figura 16).

Según investigaciones previas, la máxima respuesta de este protocolo se da a las 54 horas de terminado el tratamiento, con un rango desde 42 hasta 102 horas, pero con un pico de respuesta entre las 42 y 66 horas después de la última PGF2 α (Kojima et al., 1999), lo cual concuerda en cierta forma con lo observado en este estudio.

Sin embargo, el índice de sincronización alcanzado con el protocolo 7-11 Synch (56%), se podría considerar como bajo si lo comparamos con el 91% alcanzado por Kojima et al, (1999). Es importante tener en cuenta que esta es la primera vez que se instaure este protocolo de sincronización de esta índole en *Bos indicus* en nuestro medio.

En el estudio realizado por Kojima et al, (1999) se utilizaron animales *Bos taurus*, en los cuales se considera que el periodo de aceptación del macho (celo) puede durar aproximadamente 12 a 18 horas. No obstante, en las hembras *Bos indicus* se reportan periodos de duración del celo más cortos (Youngquist, 1997), lo cual puede explicar parcialmente la diferencia entre el índice de sincronización de ambas investigaciones.

Por otra parte, en las hembras *Bos indicus* se considera que un 70% de las montas ocurren entre las 7 pm y las 7 am, lo cual sugiere que es más probable que las vacas exhiban actividad de monta cuando ellas no están distraídas por otras actividades diarias como la alimentación y el amamantamiento (Youngquist, 1997).

Para solucionar este problema algunas veces se opta por la utilización de dispositivos que faciliten la detección del celo como los parches Kamar®. En otros casos se utiliza una persona para que realice las observaciones durante la noche. Sin embargo, en las dos situaciones el productor se ve en la necesidad de realizar un gasto económico adicional, lo cual hace menos atractivo el programa de sincronización, sobre todo cuando se trabaja con hatos de ganado de carne comerciales.

En el presente trabajo, además de los factores económicos, la observación de celos durante la noche no se realizó por factores de manejo propios de la finca, tales como el que la zona es relativamente selvática y la presencia de una alta población de serpientes venenosas, que ponen en riesgo la vida de las personas encargadas de la detección de celos. Por lo que pensamos que el no haber realizado esta detección de celos nocturna, puede estar influyendo en el resultado obtenido en el índice de sincronización del presente estudio, debido a que un porcentaje de animales pudo haber manifestado el estro durante las horas de la noche. Sin embargo, un factor a recalcar, es que las condiciones bajo las cuales se efectuó esta observación de celos, reflejan lo que se haría en una explotación comercial nacional si se instaure un sistema de sincronización como este, lo cual nos permite evaluar mejor la factibilidad de instaurar o promover este sistema de sincronización en *Bos indicus* y determinar los factores a solucionar para mejorar su eventual eficiencia y rentabilidad.

La temperatura ambiental es otro factor que altera la detección del celo en el ganado. Durante condiciones climáticas frías las vacas exhiben más actividad de monta que durante las cálidas. Esta reducción en el comportamiento estral durante el estrés calórico puede deberse a la disminución en la actividad física del animal. No obstante, también puede existir una causa endocrina, dado que el estrés calórico reduce la concentración periférica de estradiol-17 β durante el proestro, producto en gran medida de una mayor producción de glucocorticoides (Youngquist, 1997).

Otro factor a considerar es que la presencia de animales en anestro puede alterar la eficiencia de la manifestación del celo en los programas de sincronización. Anderson y Day (1998), demostraron que un estro de fertilidad normal puede ser sincronizado en vacas ciclando o en anestro utilizando MGA por 20 días seguido por progesterona 2 días antes de

retirar el MGA. Sin embargo, al presentarse la ovulación no asociada con un comportamiento estral en las hembras en las cuales el inicio de la actividad ovárica fue acelerado por los progestágenos, se redujo la eficiencia reproductiva de este sistema (Anderson y Day, 1998). La ovulación sin comportamiento de celo parece estar relacionada con los días posparto y al estatus reproductivo en el inicio del tratamiento. Conforme el intervalo posparto disminuye, la proporción de vacas en anestro que no manifiestan el celo aumenta (Anderson y Day, 1998).

En hembras domésticas, se sabe que para que se manifiesten adecuadamente los signos de estro en el periodo posparto o durante el inicio de la pubertad, es necesaria la presencia de un pico de progesterona con su consecuente descenso, antes de que se dé el pico de estrógenos producidos por el folículo preovulatorio. Este pico previo de progesterona parece sensibilizar de alguna manera al sistema nervioso, para que la hembra pueda responder adecuadamente al pico posterior de estrógenos, responsable de inducir el estro (García Sacristán et al, 1998).

En el presente estudio se observó, en los animales que presentaban ciclicidad ovárica previa al tratamiento, un 69% de manifestación de celos, mientras que en las vacas en anestro solamente un 49% lo manifestaron. Por lo tanto, la presencia de vacas con anestro lactacional pudo influir sobre los resultados obtenidos en este programa de sincronización e inducción de celos.

Como se mencionó anteriormente, un resultado bajo en el número de animales detectados en celo en los programas de sincronización repercute en los demás índices. Esto se refleja mayormente en el porcentaje de preñez alcanzado, pues éste representa el número de animales preñados por la IA del total que se trataron. En el presente estudio se obtuvo un 27% en este índice.

Los productores que usan programas de sincronización deben reconocer, que un índice de preñez del 50% con un periodo de detección de celos de 5 a 7 días en ganado *Bos taurus* es una buena respuesta, independientemente del protocolo que se use (Johnson y Stevenson, 2002). En este estudio el periodo de detección del celo fue de solo 4 días y todos los animales utilizados fueron *Bos indicus*, donde la observación de celos presenta mayores dificultades.

Sin embargo, para verificar la influencia que tiene el índice de sincronización sobre los programas de IA, se debe analizar también la tasa de concepción que se haya alcanzado. Este índice representa el número de animales preñados mediante la IA del total que se inseminaron (Johnson y Stevenson, 2002).

En el caso de esta investigación se alcanzó un índice de concepción de 49%, lo cual es aceptable para programas de IA en hatos con características similares a las del trabajo (datos no publicados de programas realizados en Costa Rica por médicos veterinarios). Por lo tanto, se puede deducir que si el número de animales detectados en celo hubiese sido mayor, se podría haber obtenido un mejor resultado en el índice de preñez.

Sin embargo, además del índice de sincronización existen otros factores que pueden afectar no solo el índice de preñez, sino que también el índice de concepción, en los diferentes programas de sincronización e inducción de celos.

Para obtener éxito en la preñez, varios procesos son esenciales. Primero, un folículo ovárico debe desarrollarse y ovular un oocito capaz de ser fertilizado y alcanzar el desarrollo embrionario. Segundo, el medio ambiente del oviducto y del útero debe ser idóneo para el transporte de los gametos, la fertilización y el desarrollo del embrión. Finalmente, el cuerpo lúteo debe funcionar por un suficiente periodo de tiempo para que se dé el reconocimiento materno de la preñez y a un nivel que pueda mantener la gestación (Breuel et al., 1993). De

hecho, no podemos descartar que alguno de esos factores pueda haber influido en alguna medida en el presente estudio, sin embargo, se tendrían que realizar estudios más profundos para verificar el grado de influencia que cada uno de estos factores podría tener en este tipo de programas de sincronización e inducción de celos.

Por otro lado, durante los programas de sincronización de celos se pueden presentar algunos factores propios del protocolo utilizado o ajenos a este, que provoquen una reducción en la preñez y, por consiguiente, disminuyan la eficacia del programa. Condiciones climáticas, de manejo y nutricionales, entre otras, pueden alterar los resultados esperados.

Los cambios hormonales asociados con la preñez y la lactación ayudan en la distribución de los nutrientes, sin embargo, un balance energético negativo durante la lactación temprana puede reducir las señales que inician la actividad cíclica de los ovarios (Youngquist, 1997). Una inadecuada nutrición, ya sea energética o proteica, provoca una disminución en el índice de preñez y en el índice de concepción al primer servicio, además de prolongar el intervalo parto - primer estro posparto. Las deficiencias proteicas y energéticas afectan las funciones del hipotálamo y la hipófisis, alterando la liberación de hormonas y provocando un medio ambiente adverso a nivel del ovario (Rasby et al., 1991; Randel, 1990).

La condición corporal (CC) es uno de los factores más importantes que influyen en el retorno temprano al estro de las vacas de carne en el periodo posparto (Yerlich et al., 1995). Además, la CC es un útil indicador del estado energético y del rendimiento reproductivo (Randel, 1990). Es importante recalcar que en un estudio realizado por Rae et al. (1993) reportaron un mejor índice de preñez conforme se incrementa la CC y a la vez, notaron que el efecto de la baja CC fue más significativo en las vacas jóvenes (primíparas). Por otra parte,

Williams (1990), concluyó que en los sistemas de sincronización del celo no se puede inducir la ciclicidad en las vacas en anestro si estas tienen una baja CC.

Para la realización de este trabajo se seleccionaron animales con una CC entre 4 y 6 en una escala de 1 a 9. Sin embargo, cabe resaltar que algunas vacas perdieron condición en el transcurso del estudio, especialmente entre las primíparas.

En los 5 lotes de animales tratados no existió diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en la preñez alcanzada, lo cual demuestra homogeneidad entre estos grupos. No obstante, sí se observó que el índice preñez alcanzado mediante la IA es ligeramente más alto en los dos primeros grupos tratados, en comparación con los lotes restantes (Figura 19). Los lotes 1 y 2 presentaron un promedio de condición corporal de 5.2 y 5.5 respectivamente, mientras que los lotes 3, 4 y 5 promediaron una CC de 4.3, 4.6 y 4.5, al momento de su selección para ingresar al programa (45 días posparto). Cuando se comparó la CC entre el grupo control y el grupo tratamiento (5 lotes) se observó que ambos grupos promediaron una CC similar (grupo control 4.7), y de hecho, todos los animales del estudio recibieron el mismo suplemento nutricional. Sin embargo, se pudo constatar que existe una diferencia significativa ($P < 0.05$) en la preñez obtenida al final del periodo de monta entre el grupo tratado y el grupo control, lo cual demuestra que el protocolo de sincronización 7-11 Synch permitió mejorar el rendimiento reproductivo de los animales en estudio.

Por otra parte, otro factor que hay que tomar en cuenta es el balance nutricional de la dieta que se suministra a los animales. En la presente investigación se utilizó urea como fuente de nitrógeno no proteico dentro del suplemento. Esta práctica es comúnmente llevada a cabo por los productores tanto de leche como de carne, con lo que se provee a sus animales de una fuente adicional de nitrógeno no proteico y de bajo costo económico.

En bovinos, el suplemento de proteína favorece la fertilidad de las vacas lecheras. Sin embargo, la administración excesiva de proteína degradable también se ha asociado con disminución de la fertilidad (Ferguson y Chalupa, 1989). Varios mecanismos del efecto de las proteínas en la fertilidad, pueden ser postulados basados en el metabolismo de las mismas. Estos incluyen: 1) subproductos tóxicos del metabolismo del N desde el rumen pueden dañar los espermias, los ovocitos y la sobre vivencia del embrión en su fase temprana; 2) desbalances en el suplemento de proteína y energía puede afectar la eficiencia del metabolismo y el estatus energético; 3) subproductos del N o la eficiencia de la utilización de la energía pueden alterar la función del eje hipotálamo-hipofisario gonadal. Estos efectos no son mutuamente excluyentes y pueden ocurrir juntos en una forma aditiva o sinérgica (Ferguson y Chalupa, 1989).

Además, se reportan incrementos en la concentración de N y amonio en el tracto reproductivo bovino (vagina y útero) con se dan dietas altas en proteínas. Estos altos niveles pueden ser tóxicos para los espermias, oocitos o embriones, y pueden llevar a la destrucción de los cilios oviductales resultando en un daño en el transporte de los oocitos o embriones (Canfield et al., 1990, Elrod et al., 1993; Elrod y Butler, 1993; Moore y Varga, 1996).

En el caso del presente estudio, el suplemento nutricional utilizado proporcionaba a los animales una dosis de aproximadamente 30 g diarios de urea por vaca. A pesar de que el nivel de NUP no fue posible medirlo en este trabajo, al consultar a un nutricionista, este consideró que la dieta estaba bien balanceada, por lo tanto, no considera a la urea como un factor que haya afectado la preñez en los animales de esta investigación. Sin embargo, el hecho de no haber podido medir los niveles de NUP en los animales, no nos permite descartar un efecto negativo de este en la fertilidad.

Además de factores externos, existen otros propios del protocolo que se esté utilizando, que pueden influir sobre los resultados de un programa de sincronización e inducción de celos. Por ejemplo, en los protocolos de sincronización que se utilizan solamente progestágenos, no se han logrado aún altos índices de fertilidad. Esta situación puede estar relacionada a una prolongada dominancia folicular y al asociado incremento en las concentraciones sistémicas de estradiol (Anderson y Day, 1994), pues la administración de progestágenos sintéticos en programas de sincronización de celos en vacas, a menudo resultan en el desarrollo de un folículo dominante que tiende a persistir por un tiempo (Mihm et al., 1994a; Savio et al., 1993a; Stock y Fortune, 1993).

Sin embargo, como se menciona en la introducción, la aplicación de GnRH 4 días luego del último día de administración de MGA que se realiza en el protocolo 7-11 Synch, asegura la ovulación o luteinización de este folículo dominante (persistente), seguido por la iniciación de una nueva onda folicular. Por lo tanto, en este protocolo lo que se busca es la sincronización del segundo celo post-MGA.

Después de discutir algunos factores que pueden influir sobre la preñez producto de IA en los programas de sincronización de celos, es importante también correlacionar este dato con la preñez obtenida mediante la monta natural en los dos celos posteriores a la inseminación.

Como ya se mencionó anteriormente, después de tratamientos cortos o largos con MGA iniciados al final del ciclo estral, se reportan bajos índices de fertilidad (Patterson et al, 1989), la cual sin embargo, suele ser temporal, pues la fertilidad en los estros de los periodos siguientes es normal. Como consecuencia, el mismo autor (Patterson et al 1995) concluyó que sería mejor tomar en cuenta el segundo celo sincronizado luego del MGA, ya sea espontáneo o inducido con $\text{PGF2}\alpha$, pues este puede llegar a ser más fértil que el primero.

En el protocolo 7-11 Synch se trata de sincronizar el segundo celo post-MGA. Sin embargo, como se observa en las figuras 20 y 21, el porcentaje de preñez que se alcanza en la MN es superior al de la IA, lo cual es estadísticamente significativo ($P < 0.05$). Este resultado puede deberse a la influencia que tiene el número de animales sincronizados, sobre el índice de preñez.

La figura 20 muestra como el porcentaje de preñez alcanzado en el tercer celo es inferior al de los dos celos anteriores. Al analizar este resultado, se debe recordar que al momento de llevar a cabo el ultrasonido los animales preñados en el tercer celo tendrían aproximadamente entre 17 y 22 días de gestación, por lo que existe la posibilidad de que se diagnosticaran algunas vacas como vacías, cuando en realidad pudieran haber estado gestantes o viceversa. Youngquist (1997), menciona que cuando se utiliza un transductor de 5 MHz lo más temprano que se recomienda para realizar un diagnóstico de gestación confiable es a los 24 días posteriores a la IA o MN.

Por otra parte, a pesar del bajo porcentaje de preñez alcanzado mediante la IA, al analizar el índice de preñez que se obtuvo al final del periodo de monta, se observa que este índice fue superior en los animales tratados con el protocolo 7-11 Synch cuando lo comparamos con los animales control (74% y 51% respectivamente). Es decir, que este protocolo permitió aumentar la tasa de preñez en esta finca, lo que indica que este protocolo puede ser una herramienta útil para mejorar el rendimiento reproductivo de los hatos cebuinos en nuestro medio.

Sin embargo, cabe destacar que un factor importante que pudo haber incidido de manera significativa en la preñez de ambos grupos, es que uno de los 6 toros utilizados para la

MN en los grupos tratados y el grupo control sufrió un trauma a nivel testicular y posteriormente fue diagnosticado con un cuadro de degeneración testicular.

También es importante discutir sobre la preñez obtenida en cada categoría de animales. Como se observa en la figura 23, las vacas primíparas presentan un porcentaje de preñez inferior al de las novillas y las vacas multíparas. Se debe tomar en cuenta que no sólo en los programas de sincronización e inducción de celos las vacas primíparas representan un grupo especial, pues en general el rendimiento reproductivo de esta categoría de animales es casi siempre inferior al del resto del hato.

En la actualidad se sabe que las hembras primíparas presentan las mayores dificultades para alcanzar un alto índice de preñez y un corto intervalo parto-preñez. Esto se debe sobretodo al hecho de que estos animales se encuentran aún en proceso de crecimiento en el momento de su primera gestación y su primera lactancia (Rae et al. 1993). Esto a menudo se ve empeorado por el hecho de que en la mayoría de explotaciones ganaderas de nuestro país, las condiciones de manejo nutricional son desfavorables para el animal, provocando un balance energético negativo que repercute en la reproducción.

En 1992, Osoro y Wright reportaron que la CC al momento del parto tiene una mayor influencia en la reproducción posparto que los propios cambios en el peso corporal y la CC después del parto. En la presente investigación las vacas primíparas promediaron una CC similar a las multíparas a los 45 días posparto. Las novillas por su parte, presentaron una CC ligeramente superior, pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa, al compararla con las vacas primíparas y multíparas. Sin embargo, al analizar y comparar las tasas de preñez del grupo de animales tratados, se determinó que existe diferencia significativa entre las vacas primíparas y las otras dos categorías, pero no hay diferencia entre novillas y vacas multíparas.

Por lo tanto, al llevar a cabo cualquier programa de sincronización e inducción de celos, es importante tener presente que las vacas en condición de primíparas deben ser seleccionadas y tratadas con mayor rigurosidad, posiblemente con respecto a su CC. De hecho, Rae et al. (1993) han reportado que el efecto de la baja CC fue más significativo en las vacas jóvenes (primíparas). En un estudio de DeRouen et al. (1994), se sugiere que una CC mayor o igual a 6 para las vacas primíparas, es necesaria para optimizar el rendimiento reproductivo posparto.

Es importante resaltar que en el grupo control no se observaron diferencias significativas entre las categorías al comparar la preñez. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el bajo índice de preñez obtenido en todas las categorías de animales del grupo control (figura 23), podría estar incidiendo en el análisis de sus resultados.

Otro parámetro reproductivo que es muy importante para alcanzar un alto rendimiento de nuestros hatos, es el intervalo parto-concepción. En esta investigación se comparó el intervalo obtenido por el grupo de animales en estudio y el grupo de animales control; esto con el fin de verificar si el protocolo 7-11 Synch permite disminuir este intervalo. En la figuras 24 se puede observar que tanto las vacas primíparas como las multíparas que fueron tratadas con este protocolo, presentaron un intervalo parto-concepción menor al alcanzado por los animales control, aunque esto no fue estadísticamente significativo.

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, el anestro lactacional es uno de los factores que más influye sobre la reproducción de las vacas *Bos indicus*. Actualmente se sabe que los programas de sincronización e inducción de celos que incorporan la utilización de algún progestágeno, son una buena herramienta para contrarrestar ese anestro. En el caso del protocolo 7-11 Synch, Kojima et al. (1999) mencionan dentro de las ventajas de este

tratamiento, la capacidad de inducir ciclicidad en las vacas de carne que presenten anestro en el periodo posparto.

En esta investigación se determinó por medio de la palpación rectal, si las vacas que ingresaron al estudio se encontraban ciclando o en anestro antes de iniciar el programa, gracias a la detección o ausencia de un cuerpo lúteo en alguno de los ovarios. Según los resultados obtenidos, se pudo determinar que el índice de sincronización fue superior en las vacas que presentaban ciclicidad antes de la iniciación del tratamiento, con un 69% en vacas ciclando y 49% en las vacas en anestro. Además, el índice de preñez alcanzado por las vacas ciclando fue de un 34%, mientras que en las vacas en anestro fue de 23%.

Se debe destacar que la palpación rectal no es el mejor método para determinar la ciclicidad en los ovarios de las vacas *Bos indicus*, debido a que los cuerpos lúteos de estas hembras no presentan corona y, además, gran número de estos CL se desarrollan dentro del estroma ovárico y no en la periferia como sucede en las vacas *Bos taurus*. Para poder subsanar esto una posibilidad es realizar mediciones séricas de progesterona, sin embargo, esto representa un costo adicional, que muy pocos productores van a cubrir en nuestro medio, convirtiéndolo en un método poco práctico. Sin embargo, en un trabajo realizado por Zeledón (1987), se encontró un 80% de efectividad a la hora de determinar la condición cíclica del ovario en las vacas cebú mediante la palpación rectal, lo cual obviamente dependerá de la experiencia del operador.

En la actualidad se sabe que existen muchos factores que pueden influir en la inducción de celos en los animales en anestro. Dentro de estos factores uno de los más importantes es la CC. Williams (1990) concluyó que en los sistemas de sincronización e inducción del celo no

se puede inducir la ciclicidad en las vacas en anestro si estas presentan una baja CC (inferior a 4 en multíparas e inferior a 5 en primíparas).

Para terminar, un factor importante de recalcar, es que el MGA a pesar de ser utilizado en otros países como E.U.A. y México desde hace ya varios años, en nuestro país este es el primer trabajo en el que se reporta el uso de este progestágeno oral para la sincronización de celos en ganado cebú.

VII. CONCLUSIONES

En la presente investigación el índice de preñez obtenido con la IA fue inferior a lo reportado en la literatura, sin embargo, el índice de concepción alcanzado es aceptable tomando en cuenta las características propias de este programa. Cabe mencionar que se están extrapolando datos de otras latitudes, debido a que aún no existen datos de programas de sincronización de celos e IA similares a este con ganado cebú en nuestro país.

Se considera que en el presente estudio la principal problemática fue el bajo porcentaje de animales detectados en celo, lo que influyó negativamente sobre los demás resultados y en especial sobre el índice de preñez. Esto nos hace llegar a la conclusión de que la manifestación o la detección del celo es uno de los factores más importantes a los que se les debe prestar atención en todos los programas de sincronización e inducción de celos en el ganado cebú, que involucren la IA con celo observado.

Es importante elaborar estudios más exhaustivos en nuestro medio con el protocolo 7-11 Synch u otros que involucren el uso de MGA, pero combinados con la IA a tiempo fijo o con monta natural; especialmente en los casos en que se pretenda sincronizar un alto número de hembras *Bos indicus*.

A pesar de que los resultados obtenidos con respecto a la manifestación de celos y las tasas de preñez con la IA fueron ligeramente inferiores a los reportados en la literatura, luego de evaluar la totalidad de los datos obtenidos al final del periodo de monta en esta finca (tasa de preñez de 74% en grupo tratamiento vs 51% en el grupo control, $P \leq 0.05$), el protocolo de

sincronización e inducción de celos 7-11 Synch se puede considerar una herramienta útil y de bajo costo económico, para mejorar el rendimiento reproductivo en las explotaciones de ganado de carne, sobretodo si se mejora la detección de celos o se combina con monta natural.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación y con lo reportado en otros estudios, las vacas primíparas representan un grupo de animales en los cuales alcanzar la preñez se convierte en un gran problema en la mayoría de los hatos de ganado de carne. Por lo tanto, se debe poner especial énfasis en el manejo nutricional de estas vacas, con el fin de obtener una CC idónea para efectos de introducir las en programas de sincronización e inducción de celos, o inclusive en condiciones de manejo normales.

El MGA en el futuro puede convertirse en una opción muy viable para los productores que deseen implementar programas de sincronización e inducción de celos, gracias, sobretodo, a su bajo costo económico en comparación con otros progestágenos sintéticos. No obstante, se deben realizar más estudios para mejorar la efectividad de los protocolos con MGA y dar especial énfasis en la dosificación de esta hormona, ya que al ser de aplicación oral, esto puede representar un problema en el ganado cebú, debido a que en nuestro país este tipo de explotación se maneja en potreros sin ninguna forma de estabulación y sin la administración de suplementos alimenticios en los cuales se pueda incorporar el MGA.

Dentro de los factores que pueden afectar la reproducción del ganado bovino, la nutrición es probablemente el más importante. Ésta tiene una influencia determinante en su rendimiento reproductivo tanto en condiciones naturales como bajo programas de sincronización e inducción de celos. Por tanto, es necesario que se realicen en nuestro medio

trabajos más exhaustivos respecto a la correlación entre los requerimientos nutricionales y las diversas formulaciones dietéticas, y los parámetros reproductivos alcanzados en los hatos *Bos taurus* y *Bos indicus* en nuestro medio.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, N., F. N. Schrick, R. L. Butcher y E. K. Inskeep. 1995. Effect of persistent follicles on early embryonic losses in beef cows. *Biol. Reprod.* 52:1129-1135.
- Anderson L. H. y M. L. Day. 1994. Acute progesterone administration regresses persistent dominant follicles and improves fertility of cattle in which estrus was synchronized with melengestrol acetate. *J. Animal Sci.* 72:2955-2961.
- Anderson L. H. y M. L. Day. 1998. Development of a progestin-based estrus synchronization program: I. Reproduction response of cows fed melengestrol acetate for 20 days with an injection of progesterone. *J. Animal Sci.* 76:1267-1272.
- Basurto H. y Hernández I. 2002. "Sincronización del estro en bovinos en condiciones tropicales". <http://fmvz.uat.edu.mx/Investigación/mrormorias/principal6.htm>
- Beal W. E., J. R. Chenault, M. L. Day y L. R. Corah. 1988. Variation in conception rates following synchronization of estrus with melengestrol acetate and prostaglandin F 2 α . *J. Animal Sci.* 66:599-602.

- Bergfeld, E. G. M., F. N. Kojima, A. S. Cupp, M. E. Wehrman, K. E. Peters, V. Mariscal, T. Sanchez y J. E. Kinder. 1996. Changing dose of progesterone results in sudden changes in frequency of LH pulses and secretion of 17β -estradiol in bovine females. *Biol. Reprod.* 54:546.
- Bergfeld, E. G. M., F. N. Kojima, M. E. Wehrman, A. S. Cupp, V. Mariscal, T. Sanchez, R. Kittok, M. Garcia-Winder y J. E. Kinder. 1995. Frequency of luteinizing hormone pulses and circulating 17β -estradiol in cows is related to concentration of progesterone in circulation when progesterone comes from either an endogenous or exogenous source. *Anim. Reprod. Sci.* 37:257.
- Bo G. A., P. A. Adams, R. A. Pierson, M. Caccia, H. Tribulo y R. J. Mapletoft. 1994. Follicular waves dynamics after estradiol- 17β treatment of heifers with or without a progestagen implant. *Theriogenology.* 41:1555-1569.
- Bo G. A., P. A. Adams, R. A. Pierson y R. J. Mapletoft. 1995. Exogenous control of follicular wave emergence in cattle. *Theriogenology.* 43:31-40.
- Breuel K.F., P. E. Lewis, F. N. Schrick, A. W. Lishman, E. K. Inskeep y R. L. Butcher. 1993. Factors affecting fertility in the postpartum cow: Role of the oocyte and follicle in conception rate. *Biol. Reprod.* 48:655-661.

- Broers P. ISBN 1996. Compendium de Reproducción Animal. Segunda Edición. Laboratorio Intevet S. A. pp. 20 – 30.
- Canfield R. W., C. J. Sniffen y W. R. Butler. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73(9):2342-2349.
- Cupp A. S., A. Garcia-Winder, A. Zamudio, V. Mariscal, M. Wehrman, N. Kojima, K. Peters, E. Bergfeld, P. Hernandez, T. Sanchez, R. Kittok y J. Kinder. 1992. Two concentrations of progesterone (P4) in circulation have a differential effect on pattern of ovarian follicular development in the cow. *Biol. Reprod.* 44(Suppl. 1):64 (Abstr.).
- Cupp A. S., F. N. Kojima, M. S. Roberson, T. T. Stumpf, M. W. Wolfe, L. A. Werth, R. J. Kittok, H. E. Grotjan y J. E. Kinder. 1995a. Increasing concentrations of 17 β -estradiol have differential effect on secretion of luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone and amounts of messenger ribonucleic acid for gonadotropin subunits during the follicular phase of the bovine estrous cycle. *Biol. Reprod.* 52:2109.
- Custer E. E., W. E. Beal, Wilson, S. J. Meadows, A. W. Berardinelli y R. Adair. 1994. Effect of melengestrol acetate (MGA) or progesterone-releasing intravaginal device (PRID) on follicular development, concentrations of estradiol-17 β and progesterone and luteinizing hormone release during an artificially lengthened bovine estrus cycle. *J. Animal Sci.* 72:1282-1289.

De Berne R. M. y M. N. Levy. 1990. Principles of physiology, Londres, The C. V. Mosby Co.

De McDonald L. E., y M.H. Pineda. 1991. (eds): Endocrinología veterinaria y reproducción. México. Interamericana McGraw-Hill.

De Patton H. D., A. F. Funchs, B. Hille, A. M. Scher y R. Steiner. 1989. Textbook of physiology, vol: 2, Nueva York, W. B. Saunders Co.

DeRensis F. y A. R. Peters. 1999. The control of follicular dynamics by PGF 2α , GnRH, hCG and estrus synchronization in cattle. *Reprod. Domest. Anim.* 34:49-49.

DeRouen S.M., D. E. Franke, D. G. Morrison, W. E. Wyatt, D. F. Coombs, T. W. White, P. E. Humes y B. B. Greene. 1994. Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cows. *J. Animal Sci.* 72:1119-1125.

Downing E. R., J. C. Whittier, L. D. Downing, P. D. Burns, G. S. Seidel y N. Moon. 2002. "An evaluation of a modified MGA-Select Synch treatment to synchronize estrous in postpartum beef cows". Colorado State University. Department of Animal Sciences. <http://ansci.colostate.edu/ran/beef/2002/erd02.htm>

Elrod C. C. y W. R. Butler. 1993. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *J. Animal Sci.* 71:694.

- Elrod C. C., M. Van Amburgh y W. R. Butler. 1993. Alterations of pH in response to increase dietary protein in cattle are unique to the uterus. *J. Animal Sci.* 71(3):702-706.
- Ferguson J. D. y W. Chalupa. 1989. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:746-766.
- Fralix K. D., D. J. Patterson, K. K. Schillo, R. E. Stewart y K. D. Bullock. 1996. "Changes in morphology of corpora lutea, central luteal cavities and steroid secretion patterns of postpartum suckling beef cows after melengestrol acetate with or without prostaglandin F₂ α ". *Theriogenology.* 45 (6): 1255-1263.
- García Sacristán et al., 1998. *Fisiología Veterinaria*. Madrid, España. Ed. McGraw Hill Interamericana. pp. 845 – 847.
- Geary T. W., J. C. Whittier, D. M. Hallford y M. D. MacNeil. 2001. Calf removal improves conception rates to the Ovsynch and CO-Synch protocols. *J. Animal Sci.* 79:1-4.
- Geoffrey H. A., D. E. Noakes, H. Pearson y T. J. Parkinson. 1996. *Veterinary Reproduction Obstetrics*. Seven Edition. Great Britain. Ed W. B. Saunders Company Ltd. pp. 38 – 40.
- Hafez E. S. E. 1996. *Reproducción e inseminación artificial en animales domésticos*. Sexta Edición. Mexico. Ed. McGraw Hill Interamericana. pp. 77 – 78.

- Imwalle D. B., D. J. Patterson y K. K. Schillo. 1998. Effects of melengestrol acetate on onset of puberty, follicle growth, and patterns of luteinizing hormone secretion in beef heifers. *Biol. Reprod.* 58:1432.
- Johnson S. y J. Stevenson. 2002. "Strategies for synchronizing estrus and ovulation in cows and heifers". K-State Research and Extension. <http://www.oznet.ksu.edu/nwao/NW%20LIVESTOCK.htm>
- Kastelic J. P., D. H. McCartney, W. O. Olson, A. D. Barth, A. Garcia y R. J. Mapletoft. 1996. Estrus synchronization in cattle using estradiol, melengestrol acetate and PGF. *Theriogenology.* 46:1295-1304.
- Kinder J. E., F. N. Kojima, E. G. M. Bergfeld, M. E. Wehrman y K. E. Fike. 1996. Progestin and estrogen regulation of pulsatile LH release and development of persistent ovarian follicles in cattle. *J. Animal Sci.* 74:1424-1440.
- Kojima F. N., J. F Bader, B. E. Salfen, M. F. Smith y D. J. Patterson. 1999. "Development of a new estrous synchronization protocol for beef cattle with short-term feeding of Melengestrol Acetate: 7-11 Synch". UMC. Animal Sciences Departmental Report. <http://aes.missouri.edu/thompson/research/kojima.stm>

Kojima F. N., J. R. Chenault, M. E. Werhman, E. G. Bergfeld, A. S. Cupp, L. A. Werth, V. Mariscal, T. Sanchez, R. J Kittok. y J. E. Kinder. 1995. Melengestrol acetate at greater doses than typically used for estrus synchrony in bovine female does not mimic endogenous progesterone in regulation of secretion of luteinizing hormone and estradiol-17 β . *Biol. Reprod.* 52:455-463.

Kojima F. N., B. E. Salfen, J. F. Bader, W. A. Ricke, M. C. Lucy, M. F Smith. y D. J. Patterson. 2000a. "Development of an estrus synchronization protocol for beef cattle with short-term feeding of melengestrol acetate: 7-11synch". *J. Animal Sci.* 78:2186-2191.

Kojima F. N., S. L. Wood, M. F. Smith y D. J. Patterson. 2000b. Does pretreatment with GnRH prior to a GnRH- PGF2 α protocol improve synchronization of estrus in beef cattle? *J. Animal Sci.* 78(Suppl 1):210.

Lucy M. C., H. J. Billings, W. R. Butler, L.R. Ehnis, M. J. Fields, D. J. Kesler, J. E. Kinder, R. C. Mattosd, R. E. Short, W. W. Thatcher, R. P. Wrttemann, J. V. Yelich y H. D. Hafs. 2001."Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF2 for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows peripubertal beef heifers, and dairy heifers". *J. Animal Sci.* 79:982-995.

Macmillan K. L. y C. R. Burke. 1996. Effects of oestrus cycle control on reproductive efficiency. *Anim. Reprod. Sci.* 42:307-320.

- Macmillan K. L. y A. J. Peterson. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrus synchronization, increasing pregnancy rates and treatment of postpartum anoestrus. *Anim. Reprod. Sci.* 33:1-25.
- Martinez M. F., J. P. Kastelic, G. P. Adams y R. J. Mapletoft. 2002a. The use of a progesterone-releasing device (CIDR-B) or melengestrol acetate with GnRH, LH, or estradiol benzoate for fixed-time AI in beef heifers. *J. Animal Sci.* 80:1746-1751.
- Martinez M. F., J. P. Kastelic, G. P. Adams, R. B. Cook, W. O. Olson y R. J. Mapletoft. 2002b. The use of progestin in regimens for fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Theriogenology.* 57:1049-1059.
- Mihm M., A. Baguisi, M. P. Boland y J. F. Roche. 1994a. Association between the duration of dominance of the ovulatory follicle and pregnancy rate in beef heifers. *J. Reprod. Fertil.* 102:123.
- Mihm M., N. Curran, P. Hyttel, M. P. Boland y J. F. Roche. 1994b. Resumption of meiosis in cattle oocytes from preovulatory follicles with a short and a long duration of dominance. *J. Reprod. Fertil. Abstr. Ser.* 13 No. 36.
- Moore A. D. y G. Varga. 1996. BUN and MUN: Urea Nitrogen Testing in Dairy Cattle. *Compendium.* 8(6)

Odde K.G. 1990. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J. Animal Sci.* 68:817-830.

Osoro K. y I. A. Wright. 1992. The effect of body condition, live weight, breed, age, calf performance, and calving date on reproductive performance of spring-calving beef cows. *J. Animal Sci.* 70:1661-1666.

Patterson D. J. 2002. "MGA in different synchronization strategies". UMC.
<http://www.beeflinks.com/mgasynchro.htm>

Patterson D. J., J. B. Hall, N. W. Bradley, K. K. Schillo, B. L. Woods y J. M. Kearnan. 1995. "Improved synchrony, conception rate, and fecundity in postpartum suckled beef cows fed melengestrol acetate prior to prostaglandin F2 alfa". *J. Animal Sci.* 73:954-959.

Patterson D. J., G. H. Kiracofe, J. S. Stevenson y L. R. Corah. 1989. Control of the bivariate estrous cycle with melengestrol acetate (MGA): A review. *J. Animal Sci.* 67:1895-1906.

Patterson D. J., F. N. Kojima, M. F. Smith, D. S. McAtee y J. J. D. Schreffler. 1999. "Addition of GnRH to a Melengestrol Acetate (MGA) prostaglandin (F 2 α) estrous synchronization treatment improves synchrony of estrus and maintains high fertility in postpartum suckled beef cows". UMC. Animal Sciences Departmental Report.
<http://aes.missouri.edu/thompson/research/patt.stm>

Patterson D. J., S. L. Wood, G. A. Perry, F. N. Kojima y M. F. Smith. 2001. "Emerging protocols to synchronize estrus in replacement beef heifers and postpartum cows" University of Missouri, Columbia. Department of Animal Sciences.
http://www.iowabeefcenter.org/Pages/Pattersonpres_301.pdf

Patterson D. J. y L. R. Corah. 1992. Evaluation of a melengestrol acetate and prostaglandin F₂ α system for the synchronization of estrus in beef heifers. *Theriogenology*. 38:441.

Peters A. R. y P. J. H. Ball. 1995. *Reproduction in Cattle*. Second Edition. U.S.A. Ed. Blackwell Science. pp. 89 – 104.

Pursley J. R., M. O. Mee y M. C. Wiltbank. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF 2 α , and GnRH. *Theriogenology*. 44:915-923.

Pursley J. R., M. C. Wiltbank, J. S. Stevenson, J. S. Ottobre, H. A. Garverick y L. L. Anderson. 1997. Pregnancy rates in cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. *J. Dairy Sci.* 80:301.

Rae D. O., W. E. Kunkle, P. J. Chenoweth, R. S. Sand y T. Tran. 1993. Relationship of parity and body condition score to pregnancy rates in Florida beef cattle. *Theriogenology*. 39:1143-1152.

- Rajamahendran R. y C. Taylor. 1991. Follicular dynamics and temporal relationships among body temperature, oestrus, the surge of luteinizing hormone and ovulation in Holstein heifers treated with norgestoment. *J. Reprod. Fertil.* 92:461.
- Rajamahendran R., y M. Mannikkam. 1994. Effects of exogenous steroid hormones on the dominant follicle maintained by a norgestomet implant in heifers. *Canadian J. Animal Sci.* 74:457.
- Randel R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Animal Sci.* 68:853-862.
- Rasby R. J., R. P. Wettemann, R. D. Geisert, J. J. Wagner y K. S. Lusby. 1991. Influence of pituitary, ovarian, and thyroid function of nonlactating beef cows. *J. Animal Sci.* 69:2073-2080.
- Revah I., y W. R. Butler. 1995. Premature maturation of bovine oocytes obtained from prolonged dominant follicles. *Biol. Reprod. (Suppl. 1)*52:80 (Abstr.).
- Roberson M. S., M. W. Wolfe, T. T. Stumpf, R. J. Kittok y J. E. Kinder. 1989. Luteinizing hormone secretion and corpus luteum function in cows receiving two levels of progesterone. *Biol. Reprod.* 41:997.

Sanchez T., M. E. Werhman, F. N. Kojima, A. S. Cupp, E. G. Bergfeld, K. E. Peters, V. Mariscal, R. J. Kittok y J. E. Kinder. 1995. Dosage of the synthetic progestin, norgestomet influences luteinizing hormone pulse frequency and endogenous secretion of 17β -estradiol in heifers. *Biol. Reprod.* 52:464.

Savio J. D., W. W. Thatcher, L. Badinga, R. L. De la Sota y D. Wolfenson. 1993a. Regulation of dominant follicle turnover during the estrous cycle in cows. *J. Reprod. Fertil.* 97:197.

Savio J. D., W. W. Thatcher, G. R. Morris, K. Entwistle, M. Drost y M. R. Mattiacci. 1993b. Effects of induction of low plasma progesterone concentrations with a progesterone-releasing intravaginal device on follicular turnover and fertility in cattle. *J. Reprod. Fertil.* 98:77.

Sirios J. y J. E. Fortune 1990. Lengthening the bovine oestrus cycle with low levels of exogenous progesterone: A model for studying ovarian follicular dominance. *Endocrinology.* 127(2):916.

Stegner J. E., F. N. Kojima, S. L. Wood, M. F. Smith y D. J. Patterson. 2002. "Using MGA to shorten the beef breeding season". UMC. Department of Animal Sciences. <http://muextension.missouri.edu/explore/miscpubs/mp0735.htm>

- Stevenson J. S., G. C. Lamb, J. A. Cartmill, B. A. Hensley, S. Z. El-Zarkouny y T. J. Marple. 1999. Synchronizing estrus in replacement beef heifers using GnRH, melengestrol acetate, and PGF 2α . *J. Animal Sci.* 77(Suppl 1):225.
- Stock A. E., y J. E. Fortune. 1993 Ovarian follicular dominance in cattle: Relationship between prolonged growth of the ovulatory follicle and endocrine parameters. *Endocrinology.* 132:1108.
- Sumpf T. T., M. W. Wolfe, M. L. Day, J. A. Stotts, P. E., Wolfe, R. J. Kittok y J. E. Kinder. 1991. Effect of 17 β -estradiol in the preovulatory surge of LH in the bovine female. *Theriogenology.* 36:201.
- Susan Milton. 2001. Estadística para biología y ciencias de la salud. Tercera Edición. McGraw-Hill. Interamericana.
- Thompson K. E., G. C. Lamb, D. M. Grieger, L. R. Corah y J. S. Stevenson. 1998. Insemination of suckled beef cows after detected estrus and(or) at one fixed time in response to GnRH and PGF 2α . *J. Animal Sci.* 76(Suppl 1):215 (Abstr.).
- Twagiramungu H., L. A. Guilbault, J. Proulx, R. Ramkumar y J. J. Dufour. 1994. Histological populations and atresia ovarian follicles in postpartum cattle treated with an agonist of gonadotropin-releasing hormone. *J. Animal Sci.* 72:192-200.

- Wehrman M. E., M. S. Roberson, A. S. Cupp, F. N. Kojima, T. T. Stumpf, L. A. Werth, M. W. Wolfe, R. J. Kittok y J. E. Kinder. 1993. Increasing exogenous progesterone during estrous synchronization decrease estrogen and increases conception in cows. *Biol. Reprod.* 49:214-220.
- Whittier J. C. y T. W. Geary. 2000. Frequently asked question about synchronizing estrus and ovulation in beef cattle with GnRH. www.iowabeefcenter.org/Publications/FAQWhittier.pdf
- Williams G. L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle. *J. Animal Sci.* 68:831-852.
- Wolfe M. W., M. S. Roberson, T. T. Stumpf, R. J. Kittok y J. E. Kinder. 1992. Circulating concentrations and pattern of luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone in circulation are changed by the circulating concentration of 17β -estradiol in the bovine male and female. *J. Animal Sci.* 70:248
- Wood S. L., M. C. Lucy, M. F. Smith y D. J. Patterson. 1999. "Improved synchrony of estrus with addition of GnRH to a Melengestrol Acetate (MGA; 14 d)-prostaglandin F₂ α (PG 19 d) estrous synchronization treatment in beef heifers". UMC Animal Sciences Departmental Report. <http://aes.missouri.edu/thompson/research/wood.stm>

Yerlich J. V., H. S. Mauck, M. D. Holland y K. G. Odde. 1995. Synchronization of estrus in suckled postpartum beef cows with melengestrol acetate and PGF 2 α . *Theriogenology*. 43:389-400.

Youngquist R. S. 1997. *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*. Philadelphia U. S. A. W.B. Saunders Company. pp 290 – 294.

Zeledón Ch. O. 1987. Estudio clínico – reproductivo y relaciones hormonales del periodo parto – concepción en la vaca cebú. Tesis Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

IX. ANEXOS



Anexo 1: Animales que componen al hato de la Finca San Julián.



Anexo 2: Animales que componen al hato de la Finca San Julián.



Anexo 3: Repastos presentes en la explotación ganadera (*Brachiaria brizantha* y *Brachiaria decumbens*).



Anexo 4: Suplemento alimenticio donde se agregó el MGA.

Nº registro	Edad	Nºparto	C.C.	Nºdías PP	Hallazgos palp.	Antecedentes

**Anexo 5: Hojas para coleccionar los parámetros utilizados en la selección de las hembras.
Programa de sincronización de celos.**

C.C. = Condición corporal, escala de 1 a 9.

PP = Posparto.



Anexo 6: Toro marcador con desviación de pene.

# de vaca	Pre-sin	Fecha / hora de celo	Fecha / hora de IA	Resultado del ultrasonido

Anexo 7: Hoja de recolección de los resultados.



Anexo 8: Ultrasonido de un cuerno uterino con endometritis.



Anexo 9: Manifestaciones de celo (golpes y cabeceos entre el toro marcado y vaca en inicio del celo).



Anexo 10: Vaca en celo dejándose montar por el toro marcador.



Anexo 11: Flujo cristalino expulsado por una vaca en celo.



Anexo 12: Ultrasonido de una gestación de 60 días.



Anexo 13: Representación ultrasónica de una gestación de 70 días.



Anexo 14: Ultrasonido de una gestación de 80 días.



Anexo 15: Ternero Nelore, nacido de vaca preñada mediante IA.



Anexo 16: Ternera Brahman producto de la IA.