

## CAPÍTULO XXXI

### PROGRAMAS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN EL GANADO BOVINO EN REGIONES SUBTROPICALES Y TROPICALES

- I. INTRODUCCIÓN
- II. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA EN *BOS INDICUS*
- III. SINCRONIZACIÓN DE CELOS Y DE LA OVULACIÓN
- IV. EVALUACIÓN DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE IATF EN UN SISTEMA DE SERVICIOS CON IA Y REPASO CON TOROS
- V. CONCLUSIONES
- VI. LITERATURA CITADA

## I. INTRODUCCIÓN

La actual situación económica de la ganadería mundial exige a los productores máxima eficiencia para garantizar el retorno económico. En este contexto, la optimización de la eficiencia reproductiva es uno de los principales factores que contribuyen para mejorar la productividad y las ganancias de las empresas ganaderas. La inseminación artificial (IA) se consagró mundialmente y probó ser una técnica viable para acelerar el avance genético y el retorno económico de la ganadería. En zonas con clima subtropical y tropical, la IA permite la utilización de semen de toros *Bos taurus* para cruzamientos industriales, debido a que no poseen condiciones de adaptación al clima y al manejo de los establecimientos. Por lo tanto, para obtener elevados índices reproductivos con el uso de la IA es necesario comprender las limitaciones del empleo de esta biotecnología. Entre las principales limitaciones para el empleo de la IA se pueden resaltar factores como fallas en la detección de celos, el anestro postparto y la pubertad tardía.

En todo el mundo existen informes que indican que existe una baja tasa de servicios con IA en bovinos, principalmente debido a complicaciones en la eficiencia de detección de celos. Este problema es mayor en ganado *Bos indicus* debido a las particularidades en el comportamiento reproductivo (celo de corta duración con elevado porcentaje de manifestación nocturna) [26,46]. De esta manera los programas deben apuntar a emplear la IA a tiempo fijo (IATF), sin la necesidad de detección de los celos.

Dentro de los programas existentes para IATF podemos destacar los protocolos para la sincronización de la ovulación con GnRH y prostaglandinas (PGF) y los que utilizan progesterona ( $P_4$ ) y estrógenos. El objetivo de este Capítulo es presentar resultados de campo obtenidos por la aplicación de diversos protocolos existentes para sincronizar el celo y la ovulación en bovinos, con énfasis en los animales *Bos indicus* y *Bos taurus* x *Bos indicus* manejados en condiciones pastoriles.

## II. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA EN *BOS INDICUS*

Existen diferencias en la fisiología y en el comportamiento reproductivo entre *Bos taurus* y *Bos indicus*, las cuales pueden influenciar la respuesta a los distintos protocolos de sincronización de celos y de la ovulación. La dinámica folicular de hembras *Bos indicus* está caracterizada por la presencia de 2 ó 3 ondas de crecimiento folicular en la mayoría de los ciclos estrales [8,24,49], de forma bastante similar al patrón previamente descrito para *Bos taurus*. Sin embargo, los diámetros máximos del folículo dominante y del cuerpo lúteo (CL) son menores a los del *Bos taurus* [8,24,46], habiéndose reportado menores niveles circulantes de estradiol y  $P_4$  [48,55]. En relación a la dinámica folicular, se han observado animales *Bos indicus* con ciclos de 4 ondas y que la incidencia de ciclos de 4 ondas aumenta en el otoño con respecto a la primavera [62].

### 1. Comportamiento estral

Tal vez las mayores diferencias entre el ganado *Bos taurus* y *Bos indicus* radican en el comportamiento y duración del celo. Trabajos realizados en hembras cebuínas utilizando la detección visual de celo, indicaron una corta duración del mismo (alre-

dedor de 11 h), asociada a una alta incidencia de celos nocturnos (30 a 50%) [4,46]. Recientemente se realizaron trabajos utilizando el Sistema Heat-Watch y los datos recabados sobre 166 novillas media sangre *Bos indicus* x *Bos taurus* confirmaron la corta duración del celo en  $10,4 \pm 5,7$  h [39] y  $10,8 \pm 5,1$  h [50]. El intervalo desde el inicio celo a la ovulación fue de  $27,6 \pm 5,1$  h, muy próximo a lo observado en reportes previos de  $26,0 \pm 0,4$  h [46] y  $26,0 \pm 1,0$  [17]. Este intervalo es inferior al descrito para *Bos taurus* [40,48], aunque las diferencias son solo de 2 h en promedio, teniendo en cuenta que el intervalo desde el celo a la ovulación en el *Bos taurus* muestra un promedio de 28 h. En estos trabajos [39,50] también se observó la actividad de monta, la cual promedió entre  $23,0 \pm 16,9$  y  $30,0 \pm 23,5$  montas por celo, que se distribuyeron en  $10,0 \pm 9,7$  (43,5%) entre las 7 y las 19 h y  $13,0 \pm 12,4$  (56,5%) entre las 19 y las 7 h. Todas estas observaciones indican que el ganado cebuino posee celos más cortos y menos expresivos que el ganado *Bos taurus*, lo que sumado a una alta frecuencia de celos nocturnos nos demuestran que la detección de celos en forma tradicional es muy difícil de realizar en este tipo de ganado.

### III. SINCRONIZACIÓN DE CELOS Y DE LA OVULACIÓN

Debido a la dificultad de la detección de celos en cebuinos, muchos grupos de investigación iniciaron estudios con el objetivo de sincronizar la ovulación y desarrollar de esta manera protocolos que permitan realizar la IATF con porcentajes de concepción aceptables. En esta parte presentaremos estos protocolos y los resultados de campo más significativos.

#### 1. Sincronización con prostaglandinas (PGF)

La utilización de las prostaglandinas y de sus análogos (PGF) esta ampliamente difundida con la finalidad de sincronizar las manifestaciones de celo del ganado bovino. La PGF causa la regresión del CL a partir del día 5 del ciclo estral y su efecto luteolítico es máximo entre los días 12 y 17 [43]. Sin embargo, el estadio del folículo dominante en el momento de la aplicación de la PGF va a producir una variación del momento del celo y la ovulación de 2 a 7 d [30]. Además, aún cuando se confirma la presencia de un CL al momento del tratamiento, la respuesta estral del ganado *Bos indicus* es aproximadamente un 30% menor que el 90% reportado para ganado *Bos taurus* [25]. Estas características fisiológicas, sumadas a la dificultad en la detección de celos en el *Bos indicus* explican los variables porcentajes de animales en celo, con índices menores al 50% [16,24,37,38] y mayores al 70% [7,32,44]. Teóricamente, la aplicación de dos dosis de PGF con intervalos de 11 a 14 d son efectivas cuando existe una gran proporción de hembras ciclando, pero cuando hay hembras en anestro, condición bastante común en animales a pastoreo en zonas tropicales, los índices de sincronización y tasa de preñez son bastante bajos [2,17,31,38].

#### 2. Sincronización con GnRH/PGF/GnRH (Tratamiento "OvSynch")

Hace ya un tiempo, se diseñó en Estados Unidos un protocolo conocido como OvSynch, cuya meta principal era disminuir la variación en el momento de la ovulación entre los animales luego del tratamiento con PGF [47]. Este protocolo utiliza

análogos de GnRH, seguido de la aplicación de PGF luego de 7 d, una segunda GnRH a las 48 h de la PGF, realizando la IATF 15 a 24 h después de la segunda GnRH. La primera GnRH causa un pico de LH (2 h después) que a su vez provoca la ovulación del folículo dominante presente en el momento del tratamiento, surgiendo una nueva onda de crecimiento folicular 2 a 3 d después [35,47]. La PGF a los 7 d ocasiona la lisis del CL, mientras que la segunda GnRH sincroniza la ovulación [47]. Las tasas de concepción varían entre 26 a 55% en ganado *Bos taurus* [56].

Existen también trabajos que analizaron la respuesta al protocolo Ovsynch en cebuínos [2,59]. Este protocolo fue probado tanto en vacas lactantes como en no lactantes y las tasas de preñez después de la IATF fueron similares a las informadas para ganado *Bos taurus*, oscilando entre el 42 y 48% [2,59]. También como ocurre en el *Bos taurus*, los resultados de preñez en novillas han sido variables, con porcentajes de preñez que oscilan entre el 21% y el 43% [18,38,60].

Barros y col. [3] diseñaron un protocolo de IATF similar al Ovsynch, pero sustituyendo el segundo tratamiento de GnRH por 1 mg de benzoato de estradiol (EB) que se administra a las 24 h de la PGF; en este caso se realiza la IATF alrededor de 30 a 34 h después del EB. Este protocolo fue probado en 53 vacas Nelore lactantes (60 a 90 d postparto) que estaban ciclando (confirmado por la presencia de un CL por palpación rectal) resultando en una tasa de preñez del 43,3% [23]. Sin embargo, las tasas de preñez en vacas en anestro fueron del 14,9% en 67 vacas tratadas con el protocolo Ovsynch y 19,1% en 68 vacas tratadas con el Ovsynch+EB [23]. Por lo tanto estos tratamientos no son efectivos en animales en anestro y deben ser utilizados solamente en vacas con altas tasas de ciclicidad, condición no siempre encontradas en rebaños productores de carne y leche en los trópicos.

### 3. Sincronización con progestágenos y estradiol

Desde hace más de 40 años se ha tratado de utilizar la P<sub>4</sub> para la sincronización de celos en el ganado bovino. Los animales recibían inyecciones diarias del esteroide en dosis variadas por períodos de hasta 20 d. Con el paso del tiempo fueron desarrollados otros métodos de administración, siendo en ocasiones la P<sub>4</sub> sustituida por otros compuestos de acción similar, dentro de los cuales podemos citar los de administración oral como el acetato de melengestrol (MGA), los implantes subcutáneos de norgestomet y los dispositivos intravaginales con P<sub>4</sub>.

#### a. Sincronización con MGA y PGF

El MGA es un progestágeno de administración oral (se administra usualmente mezclado con granos y concentrados) que se utiliza en los Estados Unidos desde hace muchos años [45]. Entre sus ventajas se incluye el bajo costo y su extremadamente baja toxicidad. Los protocolos de tratamientos con MGA han resultado en una buena sincronización de celos pero en baja fertilidad, debido al desarrollo de un folículo persistente y la ovulación de un ovocito no viable [53]. Por esas razones se desarrolló un protocolo alternativo que consiste en administrar 0.5 mg MGA/cabeza/día por 14 d, seguido de una inyección de PGF 17 d después de suspenderse la administración de MGA [45]; el porcentaje de preñez será óptimo si se IA a las 12 h de observado el celo,

pero los resultados con este esquema siguen dependiendo de la eficiencia en la detección de celos.

Se ha desarrollado recientemente en Canadá una manera de mejorar la fertilidad con este tratamiento [29]. El protocolo se basa en que la combinación de estrógenos y progestágenos induce la regresión de todos los folículos antrales presentes en el momento del tratamiento y sincroniza el comienzo de una nueva onda folicular [9]. Por lo tanto, el tratamiento consiste en la administración de 0,5 mg/cabeza/día de MGA durante 7 d y la administración de 5 mg de Estradiol-17 $\beta$  y 100 mg de P<sub>4</sub> por vía intramuscular (im) el primer día en que se aplica MGA. El último día de administración de MGA se aplica una dosis luteolítica de PGF. Se puede inducir la ovulación con 1 mg de EB a las 24 h de la PGF o GnRH a las 48 h de la PGF [36]. Este esquema fue evaluado en novillas Nelore cíclicas y en anestro, justamente comparando el uso de 1 mg de EB 24 h después de la aplicación de la PGF vs GnRH 54 h después de la aplicación de la PGF [1]. Se encontró una interacción tratamiento-ciclicidad ( $P < 0,05$ ) siendo los porcentajes de preñez mayores en las novillas cíclicas (con un CL) tratadas con EB (55,6%, 29/52) que en las tratadas con GnRH (32,9%, 17/52), pero las diferencias fueron opuestas en las vacas que estaban en anestro (EB=20,0%, 2/10 vs GnRH=63,0%, 7/11). Si bien este tratamiento es muy barato y efectivo creemos, en base a nuestra experiencia personal, que es de difícil aplicación en sistemas pastoriles con ganado cebuño debido a la dificultad de acostumbrar a los animales al consumo de granos (y al MGA) y a la variabilidad en el consumo de la ración y droga por parte de las vacas.

#### b. Sincronización con Norgestomet y valerato de estradiol

Los implantes de progestágenos que se encuentran actualmente en el mercado contienen 3 mg de norgestomet (Crestar, Intervet) y son colocados en forma subcutánea en la oreja por un período de 9 ó 10 d. Junto con la inserción del implante, se inyecta una solución oleosa por vía im que contiene 5 mg de valerato de estradiol (EV, un estrógeno de vida media larga) y 3 mg de norgestomet. La solución oleosa será abreviada de aquí en adelante como NEV. El propósito original del NEV era inducir la luteólisis con el EV y obtener altos niveles inmediatos del progestágeno con los 3 mg de norgestomet [61]. Luego se descubrió que el EV inducía también, a través de la supresión de los folículos presentes, el desarrollo de una nueva onda folicular 3 a 8 d después [13].

Los trabajos que utilizaron implantes de norgestomet (+NEV) en bovinos demostraron que más del 90% de los animales manifiestan celo después de retirado el implante, con tasas de concepción (a la IA 12 h pos celo o la IATF 48 a 56 h de sacar el implante) entre 33 y 68% [38,43]. Las tasas de preñez más bajas estuvieron relacionadas con un alto porcentaje de animales en anestro y con baja condición corporal [28]. En ganado *Bos indicus* se han encontrado resultados satisfactorios en vacas adultas (con o sin cría) pero son variables en novillas. Un experimento compara las tasas de preñez en novillas mestizas *Bos indicus* x *Bos taurus* con el empleo del implante de Crestar, asociado a una inyección de NEV o EB+P<sub>4</sub> en el día 0 [5]; las novillas del Grupo 1 recibieron un implante de Crestar y NEV im (día 0), aplicándose PGF en el día 8; los implantes se sacaron el día 9. Las novillas del Grupo 2 recibieron Crestar y una inyección de 2 mg de EB + 50 mg de P<sub>4</sub> en lugar del NEV (día 0). En este caso los implantes

fueron retirados el día 8, junto con la administración de PGF. Las IATF fueron realizadas alrededor de 54 h después de retirados los implantes en ambos grupos. La tasa de preñez fue superior ( $P < 0,06$ ) cuando se empleó EB (38,9%, 37/95) en lugar del NEV (29,9%, 25/93) al inicio del tratamiento. Se ha especulado que la baja fertilidad en las novillas tratadas con NEV puede ser causada por los altos y prolongados niveles circulantes de estradiol producidos por el NEV (7 d o más) versus el EB (2,5 a 3 d) los cuales podrían inducir una supresión prolongada del desarrollo folicular [13]. En este sentido se ha informado que aproximadamente el 25% de las novillas Brahman tratadas con NEV no mostraron estro dentro de las 48 h del comienzo del estro o no tuvieron un pico de LH dentro de las 12 h del comienzo del estro, estando ambos casos asociados con una tasa de concepción significativamente baja [40]. Otra alternativa es que el NEV induce altos niveles circulantes de estradiol previos a la ovulación que resultan en la existencia de estros anovulatorios y tasas de concepción reducidas debido a fallas en la fertilización [17]; nuevamente esto no se ha observado en todos los grupos de novillas ni tampoco en vacas adultas. Obviamente, el menor el tamaño corporal de las novillas hacen que las mismas se puedan comportar diferente a las vacas en respuesta a los 5 mg de EV por lo que se deberían evaluar dosis menores a 5 mg para algunas novillas *Bos indicus* mas livianas. Por último, la baja fertilidad no ha sido observada cuando se trataron novillas mestizas *Bos indicus* con implantes de norgestomet + NEV por 9d y eCG en el momento de la remoción [31,37]. Se deberían hacer más trabajos para evaluar estos protocolos alternativos en novillas *Bos indicus*.

*c. Utilización de EB, eCG o GnRH en los tratamientos con implantes de Norgestomet*

La aplicabilidad de los tratamientos con norgestomet+NEV en ganado *Bos indicus* requiere que se obtengan aceptables índices de preñez en protocolos de IATF. Este tipo de resultados se han obtenido con IATF 48 a 56 h después del tratamiento clásico con el implante, pero también se informa de baja preñez [38,43], especulándose que pueden estar influenciados por los variables intervalos entre la remoción del implante y la ovulación [17]. Para evitar esta variabilidad se podría utilizar una inyección de GnRH a las 30 ó 36 h luego de extraer el implante [57] o 1 mg de EB a las 24 h de su remoción [12]. Se han reportado dos experiencias en vacas con cría y novillas cruzadas *Bos indicus*, en las que todos los animales recibieron un implante Syncro-Mate-B (SMB, Merial) por 9 d y NEV en el día 0. El día 10, la mitad recibió 1 mg de EB y la otra mitad no recibió ningún otro tratamiento (Control), siendo todos los animales IATF a las 50-52 h pos SMB. Como lo muestra el Cuadro 1, el tratamiento con EB ofreció mayores índices de preñez en vacas con cría, pero los resultados no fueron diferentes a los del Grupo control en novillas [5,12].

Otra alternativa propuesta para sincronizar la ovulación es el uso de una dosis de eCG (también conocida como PMSG) al final del tratamiento para estimular el desarrollo folicular [12,17,28]. El efecto de la eCG es distinto que el de la GnRH o al EB debido a que tiene un efecto similar a la FSH y no a la LH [42], por lo tanto, estimulará el desarrollo final del folículo dominante y probablemente de esa manera sincroniza la ovulación [17]. Se han reportado intervalos desde la remoción del implante hasta la ovulación de 60,8 a 82,5 h para las vacas tratadas con 400 UI de eCG y de 65,8 a 114,0 h para las no tratadas con eCG. [17]. Con el fin de sincronizar la ovulación, vacas cruzadas *Bos taurus x Bos indicus* amamantando se trataron con Crestar por 10 d y se com-

paró el uso de 500 UI de eCG en el momento de la remoción del Crestar o 1 mg de EB 24 h más tarde [5]; las tasas de preñez, obtenidas después de la IATF a las 54 h de la remoción del Crestar, se observan en el Cuadro 1. La tasa de preñez fue mayor en las vacas del grupo eCG, mientras que la del Grupo EB sólo fue numéricamente aunque no significativamente, superior a las del grupo control. Estos resultados son indicativos de que la aplicación de EB no puede sustituir a la aplicación de eCG en el tratamiento de sincronización con Crestar en vacas *Bos indicus* con cría al pie, en las cuales se presenta generalmente un alto porcentaje de vacas en anestro. Sin embargo, la sincronización de la ovulación con EB o GnRH podría ser útil en animales cíclicos y con buena condición corporal.

Otros trabajos han demostrado que el uso de eCG incrementa los porcentajes de preñez en vacas posparto con baja condición corporal [28,41,54] pero no se han encontrado diferencias en vacas ciclando y con buena condición corporal [14]. Con respecto al uso de eCG en novillas *Bos indicus*, se han señalado diferencias significativas a favor de utilizar eCG lo que está probablemente asociado a la presencia de animales prepúberes [31,37,54].

**CUADRO 1. Porcentaje de preñez de vacas y novillas tratadas con implantes de Norgestomet por 9d más NEV (estradiol + Norgestomet) en el día 0, combinados con 500 UI de eCG en el momento de la remoción del implante o 1 mg de EB 24 h más tarde**

Categoría de Animales	Control (%)	EB (%)	eCG (%)	Referencia
Vacas con cría	18/46 (39,1) <sup>a</sup>	38/67 (56,7) <sup>b</sup>		[12]
Novillas	19/52 (36,5) <sup>a</sup>	11/32 (34,4) <sup>a</sup>		[12]
Vacas con cría	12/68 (17,6) <sup>a</sup>	18/66 (27,3) <sup>a</sup>	30/67 (44,8) <sup>b</sup>	[5]

<sup>a,b</sup> Valores en la misma fila con superíndices diferentes difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

También se han reportado unas experiencias con vacas cebuínas para evaluar el efecto de la asociación entre la estimulación del folículo dominante mediante con 400 UI de eCG cuando se quita el implante y la sincronización de la ovulación con 1 mg EB 24 h después [5,12]. Sumados los datos de ambos experimentos, los porcentajes de preñez no fueron diferentes pero tendieron a ser numéricamente más bajos en los animales tratados con 400 UI de eCG en el momento de la remoción del implante y 1 mg de EB a las 24 h (43,4%, 69/159) que en los tratados sólo con eCG en el momento de la remoción (50,6%; 82/162). En el segundo experimento se evaluó además la tasa de preñez en vacas implantadas con un Crestar reutilizado mas una inyección de 2 mg de EB en lugar de los 5 mg de NEV el día 0; en este caso los resultados favorecieron significativamente a las vacas tratadas con eCG+EB (53,9%, 40/63) que a las tratadas sólo con eCG (31,6%, 19/60;  $P < 0,05$ ) [5]. Estos resultados demuestran que la adición de 1 mg de EB a las 24 h del tratamiento con implantes de norgestomet por 9 d, más la inyección de NEV en el día 0 y eCG a la remoción no aumenta los porcentajes de preñez; en cambio, los resultados son totalmente opuestos cuando se utiliza EB en lugar del NEV al comienzo del tratamiento.

Nuevamente aquí se puede especular que la razón por la cual el NEV en el día 0, más eCG y EB a la remoción del implante pueden producir niveles exageradamente

altos de estrógenos y afectar la fertilización. Por el contrario, esto no ocurriría al asociar EB, que tiene una vida media mucho más corta que el EV y por lo tanto ya estaría totalmente metabolizado en los días 9 y 10, cuando se administra la eCG y la segunda aplicación de EB. En forma alternativa, se puede utilizar GnRH en lugar de EB para sincronizar la ovulación en vacas tratadas con NEV+eCG y evitar los efectos adversos de las altas concentraciones de estradiol en el momento de la IATF. En una prueba de campo se trataron 106 vacas con Crestar+NEV+eCG+GnRH y se obtuvo un 58,5% de preñez (62/106), mientras que 25 de 49 vacas IATF tratadas con eCG pero sin GnRH resultaron preñadas (51,0 %) [14]. Las diferencias no fueron significativas pero al menos no fueron inferiores a las tasas de preñez en vacas tratadas sólo con eCG a la remoción del implante.

En uno de los experimentos descritos anteriormente [5] se evaluaron también las tasas de preñez en relación al biotipo animal, no encontrándose diferencias significativas entre las Nelore puras (63/137; 45,9%) y las Nelore x Simmental o Nelore x Angus (50/107; 46,7%). Por último, este experimento también tuvo en cuenta la condición corporal de las vacas, señalando menores tasas preñez en las vacas con condición  $\leq 3$  (13/45; 28,8%) que las que tenían 3,5 (65/139; 46,7%) y las de  $\geq 4$  (35/60; 58,3%), lo que evidencia que si bien la eCG es especialmente útil en rebaños donde el porcentaje de anestro es alto, los resultados esperados serán muy bajos si la condición corporal es muy crítica [28]. Estos datos también concuerdan con otros resultados de campo, en los cuales hemos obtenido porcentajes de preñez del 28,7% en vacas Bradford con cría, 60-90 d pos parto y pobre condición corporal ( $\leq 2$ , escala del 1 al 5), siendo generalmente mayores de 50% de preñez en vacas con una condición corporal  $\geq 2,5$  [14]. En casos de rebaños con baja condición corporal el destete temporal (desde la remoción del implante hasta la IATF) resulta fundamental para aumentar el porcentaje de preñez y es aparentemente tan importante como la adición de eCG al retirar el implante [54,59].

#### d. Sincronización con progesterona, benzoato de estradiol y PGF

Existen actualmente en el mercado productos eficientes que liberan  $P_4$  que son mantenidos en la vagina por un período de 7 u 8 d [12,34]. El tratamiento más utilizado en ganado *Bos indicus* es igual al que se utiliza en ganado *Bos taurus* y consiste en administrar 2 mg de EB por vía im junto con la inserción del dispositivo (día 0; para sincronizar el desarrollo folicular); el día 7, a la vez que se extrae el implante se administra PGF (para inducir la luteólisis) y 1 mg de EB el día 9 (para sincronizar la ovulación) [33]. Se realiza la IATF entre las 50 y 56 h después de la remoción del dispositivo [19]. Es necesario enfatizar lo fundamental que es la aplicación de estrógenos en el inicio del tratamiento para provocar la atresia de los folículos existentes e impedir de esta manera la formación de folículos persistentes que interfieren negativamente en la fertilidad [9]; como la atresia es seguida a los 4 d por el comienzo de una nueva onda folicular [9] se asegura de esta manera la presencia de un folículo nuevo y viable en el momento de retirar el dispositivo [11]. Originalmente, el dispositivo era colocado en la vagina junto con una cápsula con 10 mg de EB, para inducir la regresión luteal y sincronizar el desarrollo folicular [34,51]. Sin embargo, desde el año 1996 se utiliza 2 mg de EB por vía im porque se demostró que la cápsula de EB no es efectiva para sincronizar el desarrollo folicular [9] y es menos eficaz que la PGF para inducir la luteólisis.

sis. Por último, debemos recalcar que la segunda administración de EB es fundamental para sincronizar la ovulación y obtener buenos índices de preñez a la IATF [19,20].

Se han evaluado varios protocolos de sincronización con dispositivos conteniendo  $P_4$  en vacas y novillas *Bos indicus*. En un experimento [19] se trataron novillas del cruce *Bos taurus* x *Bos indicus* con CIDR-B (1,9 g de  $P_4$ , InterAG, Nueva Zelanda) y 2 mg de EB más 50 mg de  $P_4$  el día 0. CIDR-B se retiró en el día 7 u 8 recibiendo PGF todas las novillas al momento de la extracción. A las 24 h de sacar el CIDR-B se administró 1 mg de EB realizando la IATF entre 52 y 54 h de retirado el CIDR-B. El porcentaje de preñez tendió ( $P < 0,08$ ) a ser superior en el tratamiento de 8 d (54,1%, 40/74) que en el de 7 d (39,4%, 28/71), lo que permite sugerir que el tratamiento de 8 d podría ser más aconsejable que el de 7 d para novillas *Bos indicus*. Sin embargo, estos datos deben ser confirmados antes de hacer alguna recomendación definitiva, sobre todo teniendo en cuenta que no se han encontrado diferencias significativas entre los 7 y 8 d en novillas *Bos taurus* [12,19].

En teoría, la ventaja de un tratamiento de 8 d frente a un tratamiento de 7 d es que con el tratamiento largo permitimos un mayor crecimiento del folículo dominante. En vacas *Bos taurus* en anestro ha sido observado que el folículo dominante para ovular y formar un CL debe tener más de 3 d desde su emergencia a la remoción del dispositivo con  $P_4$  ( $\geq 9$  mm de diámetro) [15]; sin embargo, también observaron que en novillas el folículo dominante puede tener un crecimiento compensatorio y llegar a ovular aunque sea más pequeño [15]. Esto podría explicar por qué no hemos encontrado diferencias entre los tratamientos de 7 u 8 d en novillas *Bos taurus* aunque también es posible que las novillas *Bos indicus* se comporten como las vacas *Bos taurus* en anestro.

En la práctica, creemos que es fundamental respetar los horarios, sobre todo el intervalo entre la inserción del dispositivo con  $P_4$  y la remoción del mismo. Si por diversas causas los tratamientos se terminan en la tarde del día 6 y retiramos el dispositivo en la mañana temprano del día 7, en realidad estamos retirando los dispositivos a los 6,5 d, lo cual puede afectar la fertilidad debido a que tendremos un folículo muy pequeño, en especial si estamos trabajando con vacas con cría. Por lo tanto, cuando tratamos un grupo grande de animales, el hecho de retirar el CIDR-B a los 8 d nos puede ayudar para que todas las vacas o novillas se encuentren como mínimo en el día 7,5 para que de esa forma tengan un folículo dominante desarrollado y con capacidad de ovular, lo que resultará en un mayor porcentaje de preñez. En novillas *Bos indicus* en Australia tratadas con CIDR-B por 8 d se obtuvieron resultados satisfactorios de preñez (44,8%, 22/49) aunque en este caso se sincronizó la ovulación con GnRH en el momento de la IATF [38].

#### e. Reutilización de los dispositivos con $P_4$

Aparte de los problemas asociados al anestro, la adopción de la técnica de IATF por muchos productores esta condicionada por el alto costo del tratamiento. Por esto razón se realizó una experiencia para evaluar si era posible obtener los mismos porcentajes de preñez con dispositivos previamente utilizados. El estudio tenía por objetivo comparar los porcentajes de preñez de vacas tratadas con dispositivos DIV-B (1 g de  $P_4$ , Syntex, Argentina) nuevos y dispositivos que habían sido previamente utilizados por 7 d en vacas [21]. Se utilizaron vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* y novillas *Bos tau-*

rus provenientes de tres establecimientos de la provincia de Córdoba, Argentina. Las vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* utilizadas en las fincas 2 y 3 estaban sin cría y las novillas *Bos taurus* de la finca 1 tenían entre 15 y 18 meses de edad. En cada finca, el día 0 (colocación del dispositivo) los animales fueron divididos al azar en 4 grupos para recibir un dispositivo intravaginal DIV-B nuevo o usado más 2 mg de EB im o 2 mg EB + 50 mg P<sub>4</sub> im; el día 7, los DIV-B fueron retirados y los animales recibieron PGF más 1 mg de EB im el día 8 y fueron IATF entre las 52 y 56 h después de retirado el DIV-B. Los resultados se presentan en el Cuadro 2. El análisis de los datos demostró un efecto finca significativo ( $P < 0,05$ ) debido a un menor porcentaje de preñez en la finca 2 (vacas de cruces *Bos indicus*) y un efecto DIV-B significativo, debido a un significativo mayor ( $P < 0,05$ ) porcentaje de preñez en las vacas que recibieron un DIV-B usado. Por el contrario, no hubieron diferencias entre adicionar o no P<sub>4</sub> el día 0; por ese motivo, los resultados de estos tratamientos (EB y EB + P<sub>4</sub>) se combinaron para facilitar su exposición en el Cuadro 2.

**CUADRO 2. Tasas de preñez obtenidas por el tratamiento con dispositivos DIV-B conteniendo 1 g de P<sub>4</sub>, nuevos o reutilizados. Efecto de la finca**

	Nuevos (%)	Usados (%)
Finca 1 <sup>d</sup> - Novillas <i>Bos taurus</i>	14/27 (51,9)	16/22 (72,2)
Finca 2 <sup>c</sup> - Vacas <i>Bos taurus</i> x <i>Bos indicus</i>	36/94 (38,3)	40/90 (44,4)
Finca 3 <sup>d</sup> - Vacas <i>Bos taurus</i> x <i>Bos indicus</i>	49/79 (62,0)	58/79 (73,4)
Total	99/200 (49,5%) <sup>a</sup>	114/191 (59,7%) <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Nuevos vs. Usados ( $P < 0,05$ ); <sup>d</sup> Finca ( $P < 0,05$ ).

Basándose en estos resultados y los de otros trabajos [58] podemos concluir que es factible utilizar los dispositivos con P<sub>4</sub> por segunda vez en tratamientos de sincronización de celos para IATF.

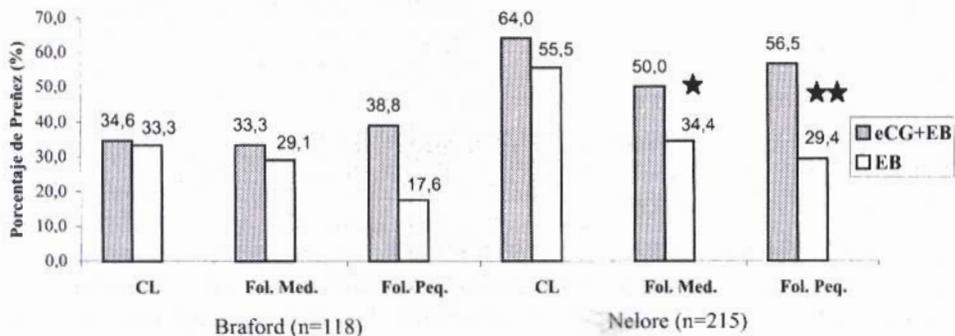
#### f. Combinación de dispositivos con P<sub>4</sub> más eCG

Aparte de los problemas asociados con la detección de celos, la vaca con cría manejada en condiciones pastoriles en las regiones subtropicales y tropicales tiene problemas nutricionales que prolongan el anestro posparto y producen importantes pérdidas económicas. La utilización de eCG al momento de la remoción de dispositivos con P<sub>4</sub> es una alternativa para sincronizar el celo de animales en anestro [33, 34, 52]. En general, la adición de eCG aumentó las tasas de ciclicidad y de preñez en vacas con estrés nutricional [34, 52], pero hasta la actualidad no se habían publicado trabajos que hayan evaluado el uso de la eCG en protocolos de IATF estrictos, realizados con dispositivos intravaginales con P<sub>4</sub> en vacas *Bos indicus*. Recientemente hemos realizado una serie de experiencias con el objetivo de evaluar el porcentaje de preñez en vacas tratadas con un dispositivo con P<sub>4</sub> más eCG en el momento de retirar el dispositivo o con EB 24 h más tarde. En dos experimentos [12, 22], realizados con vacas Bra-

ford (3/8 Brahman x 5/8 Hereford), el porcentaje de preñez del grupo tratado con eCG (30,6%, 37/121) fue menor ( $P < 0,05$ ) que el obtenido con los animales tratados con EB (47,1%, 65/138)[12]. Se especuló que la causa de esta diferencia podría estar en que el tratamiento con EB favorecería una mayor sincronía de las ovulaciones que el eCG lo que resultaría en un mayor porcentaje de preñez en las vacas tratadas con EB.

En los otros estudios [6, 22] también se evaluó el efecto de la combinación de eCG a la remoción del dispositivo (para estimular el desarrollo folicular) y EB a las 24 h (para sincronizar la ovulación) sobre los porcentajes de preñez en vacas con cría. En estos experimentos las vacas Braford recibieron un dispositivo PRID (1,55 g de P<sub>4</sub>, Sanofi, Francia) y CIDR-B las vacas Nelore además de 2 mg de EB el día 0. El día 8 se sacaron los dispositivos y las vacas recibieron PGF. Las vacas de los grupos eCG+EB recibieron también 400 UI de eCG (Novormón, Syntex, Argentina) en el día 8. Todas las vacas recibieron 1 mg de EB el día 9 y fueron IATF entre las 52 y 56 h después de la remoción del dispositivo. El día 0 del tratamiento todas las vacas se examinaron bien sea por palpación rectal (Braford) o por ultrasonografía (Nelore) y se clasificaron como 1) las que tenían un CL, 2) las que tenían folículos medianos y grandes ( $\geq 8$  mm de diámetro; anestro superficial) y 3) las vacas que tenían sólo folículos pequeños (anestro profundo). Como se puede apreciar en la Figura 1, no se encontraron diferencias entre los tratamientos en las vacas que tenían CL, pero la adición de eCG tendió a mejorar los porcentajes de preñez en las vacas Nelore que no tenían un CL.

**Figura 1.** Porcentajes de preñez de vacas Braford y Nelore tratadas con dispositivos con P<sub>4</sub> y 2 mg de EB en el día 0 más PGF cuando se removieron los dispositivos (día 8) y 1 mg de EB 24 h después. Las vacas en los grupos eCG+EB recibieron también 400 UI de eCG im en el día 8



Los \* denotan diferencias entre los grupos (\*  $P = 0,06$ ; \*\*  $P = 0,08$ ).

Los resultados de estos experimentos evidencian que la utilización de eCG y EB en los tratamientos de sincronización con dispositivos conteniendo P<sub>4</sub> constituyen una alternativa interesante para realizar IATF en grupos de animales en anestro aunque es necesario realizar más experimentos para confirmar estos datos alentadores. Además, los datos confirman que el tratamiento con EB a las 24 h de extraer el dispositivo intravaginal con P<sub>4</sub> resulta en mayores porcentajes de preñez a la IATF que el tratamiento con eCG a la remoción.

#### IV. EVALUACIÓN DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE IATF EN UN SISTEMA DE SERVICIOS CON IA Y REPASO CON TOROS

Para finalizar este Capítulo presentamos los resultados de un trabajo que evaluó la eficiencia de diferentes tratamientos en vacas lactantes cruzadas cebú [5]. En este experimento fueron utilizadas 397 vacas Brangus con un período postparto de  $69,7 \pm 22,1$  d, mantenidas en pastoreo en la región sudeste de Brasil. Los animales fueron divididos en 4 grupos, de acuerdo con la condición corporal y el período postparto. Las vacas del grupo IA Tradicional fueron sometidas a un período de servicio de 90 d, con 45 d de detección de celo e IA (2 detecciones de celo/día e IA 12 h después) y 45 d de repaso con toros Brangus (relación toro:vaca de 1/45). Los otros 3 grupos fueron sometidos a un período de servicio semejante coincidiendo el primer día con la IATF en los grupos sincronizados. Las vacas del segundo grupo recibieron un CIDR-B y 2 mg de EB + 50 mg de P<sub>4</sub> el día 0. El CIDR-B fue removido y las vacas recibieron PGF el día 8 mas 1 mg de EB en el día 9, siendo IATF a las 54 h después de ser removido el dispositivo vaginal. Las vacas del tercer grupo recibieron un implante Crestar + NEV im en el día 0. Se extrajeron los implantes en el día 9 y las vacas recibieron 1 mg de EB im en el día 10 e IATF a las 54 h después de la remoción del implante. Las vacas de un grupo Ovsynch recibieron GnRH en el día 0 y PGF im en el día 7, una segunda GnRH el día 9 y fueron IATF 16 h después (día 10). El diagnóstico de gestación fue realizado mediante ultrasonografía 26 d después de la IA y confirmado por palpación rectal 60 d luego del término del período de servicio (90 d).

Como se observa en el Cuadro 3, la tasa de concepción a la IATF fue menor el grupo Ovsynch que en los CIDR-B y Crestar. La tasa de preñez después de los 45 d de servicio con detección de celo e IA (período de servicio de 45 d), fue también mayor en los grupos CIDR-B y Crestar, debido principalmente a una baja detección de celos en el grupo IA Tradicional; además, se evidenció que los tratamientos con progestágenos fueron eficientes en la inducción de la ciclicidad. Al término de los 90 d de servicio, las tasas de preñez de todos los grupos fueron semejantes (IA Tradicional: 80,9%; 76/94; CIDR-B: 79,0%; 79/100; Crestar 88,3%; 91/103 y Ovsynch 85%; 85/100). La gran ventaja de los tratamientos de IATF con progestágenos sobre los otros fue la una mayor reducción del intervalo al próximo parto, con un lapso promedio de  $18,3 \pm 25,8$  d para el grupo CIDR-B y de  $28,3 \pm 28,8$  en el grupo Crestar, que fueron significativamente mas cortos que en las vacas de los grupos IA Tradicional ( $57,6 \pm 18,3$  d) y Ovsynch ( $46,3 \pm 26,3$  d). Sin duda, esto trae beneficios económicos importantes ya que la parición más temprana en los grupos tratados con progestágenos, Crestar y CIDR-B, significa que las vacas destetarán un ternero más pesado y a su vez tendrían más posibilidades de quedar preñadas al comienzo el próximo servicio.

**CUADRO 3. Índices reproductivos de acuerdo con los tratamientos de sincronización del celo en vacas Brangus lactantes**

Grupo Tratamiento	IATF Tasa de Concepción (%)	45 d de observación de celo e IA		
		Tasa de Servicio (%)	Tasa de Concepción (%)	Tasa de Preñez (%)
IA tradicional	-	23,4 (22/94) <sup>c</sup>	81,8 (18/22)	19,1 (18/94) <sup>c</sup>
CIDR-B	52,0 (52/100) <sup>a</sup>	45,8 (22/48) <sup>d</sup>	68,2 (15/22)	65,0(65/100) <sup>f</sup>
Crestar	42,7 (44/103) <sup>a</sup>	44,1 (26/59) <sup>d</sup>	80,8 (21/26)	60,2 (62/103) <sup>f</sup>
Ovsynch	15,0 (15/100) <sup>b</sup>	32,9 (28/85) <sup>d</sup>	82,1 (23/28)	38,0 (38/100) <sup>e</sup>

Porcentajes en la misma columna con distintos superíndices difieren ( $P < 0,01$ ).

Tasa de concepción (%) =  $n^{\circ}$  de vacas preñadas +  $n^{\circ}$  de vacas inseminadas x 100

Tasa de servicio (%) =  $n^{\circ}$  vacas detectadas en celo e inseminadas +  $n^{\circ}$  de vacas vacías en observación x 100

Tasa de Preñez =  $n^{\circ}$  de vacas preñadas +  $n^{\circ}$  de vacas en período de servicio x 100

## V. CONCLUSIONES

Los resultados indican que es posible obtener buenos resultados con la IATF en ganado *Bos indicus* y obviar de esta manera el inconveniente de la detección de celos. Los tratamientos disponibles en la actualidad se pueden dividir en los que utilizan 1) GnRH más PGF y una segunda GnRH (Ovsynch) y 2) los protocolos a base de progestágenos y estradiol. El uso de los protocolos Ovsynch, o Ovsynch con una inyección de EB en lugar de la segunda GnRH resulta en aceptables índices de preñez en vacas que están ciclando, pero los resultados son bajos cuando se tratan vacas en anestro o novillas. Los tratamientos a base de progestágenos son efectivos para sincronizar el celo en novillas y en vacas con cría; sin embargo, sus resultados en vacas en anestro dependen en gran medida de la condición nutricional de los animales tratados. La utilización de eCG puede ser una alternativa para incrementar los porcentajes de preñez en ganado con alto porcentaje de anestro o novillas peripuberales pero la condición corporal no debe ser demasiado baja. Independientemente del tratamiento elegido, la condición corporal es un factor excluyente en los resultados de preñez a IATF. Los resultados (en una escala de 1 al 5) pueden variar de alrededor del 30% en vacas con una CC < 2,5 hasta un 65% en vacas una CC > 3.

Finalmente, la selección del programa más adecuado dependerá de otros factores no fisiológicos como la eficiencia de la detección de celos; destreza del veterinario en la palpación rectal, dinero disponible por hembra para gastar en tratamientos, costo de la dosis de semen, disponibilidad de mano de obra calificada, instalaciones adecuadas y fundamentalmente de los objetivos del programa de mejoramiento genético de la empresa ganadera.

## VI. LITERATURA CITADA

- [1] Barbuio, J.P. 2000. Sincronização da ovulação por benzoato de estradiol ou GnRH após tratamento com MGA/17beta-estradiol+progesterona/ PGF<sub>2</sub> em novilhas Nelore (*Bos taurus indicus*). Tesis de Maestría. Universidade de São Paulo - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia.
- [2] Barros, C.M. 2000. Sincronización del estro y ovulación en cebuínos. Quinto Congreso Argentino de Reproducción Animal, CABIA, Rosario, Argentina; CD.
- [3] Barros, C.M., Moreira, M.B.B., Figueiredo, R.A., Teixeira, A.B., Trinca, L.A. 2000. Synchronization of ovulation in beef cows (*Bos indicus*), using GnRH, PGF<sub>2</sub> $\alpha$  and Estradiol Benzoate. *Theriogenology* 53:1121-34.
- [4] Barros, C.M., Figueiredo, R.A., Pinheiro, O.L. 1995. Estro, ovulação e dinâmica folicular em zebuínos. *Rev Bras Reprod Anim*; 19:9-22.
- [5] Baruselli, P.S., Madureira, E.H., Marques, M.O. 2001. Programas de IA a tiempo fijo en *Bos indicus*. Resúmenes. Cuarto Simposio Internacional de Reproducción Animal, Huerta Grande, Córdoba, Argentina; 95-116.
- [6] Baruselli, P.S., Marques, M.O., Nasser, L.F., Reis, E.L., Bo G.A. 2002. Effect of eCG on pregnancy rates of lactating zebu beef cows treated with CIDR-B devices for timed artificial insemination. *Theriogenology* (enviado).
- [7] Basile, J.R., Bedito, V.A. 1980. Sincronização do ciclo estral em vacas Nelore com prostaglandina F<sub>2</sub> analoga (cloprostenol) por via intramuscular. *Rev Bras Reprod Anim*. 3:7-11.
- [8] Bo, G.A., Martinez, M., Nasser, L.F., Caccia, M., Tribulo, H., Mapletoft, R.J. 1993. Follicular dynamics in *Bos-indicus* and *Bos-taurus* beef cattle under pasture conditions in Argentina. *Proc 10 Congreso Brasileiro de Reprodução Animal* 2:221 abstr
- [9] Bó, G.A., Adams, G.P., Caccia, M., Martínez, M., Pierson, R.A., Mapletoft, R.J. 1995. Ovarian follicular wave emergence after estradiol and progestogen treatment in cattle. *Anim Reprod Sci*. 39:193-204.
- [10] Bó, G.A., Caccia, M., Martínez, M., Mapletoft, R.J. 1996. Follicular wave emergence after treatment with estradiol benzoate and CIDR-B vaginal devices in beef cattle. *Proc. 13 th International Congress on Animal Reproduction, Sydney, Australia*; 2:P7-22 abstr.
- [11] Bó, G.A., Caccia, M., Tribulo, H., Adams, G.P., Pierson, R.A., Mapletoft, R.J. 1994. Synchronous ovulation in heifers treated with E-17 $\beta$  and CIDR-B vaginal devices. *Proc Can Society Anim Sci, Regina, SK*, 284 abstr.
- [12] Bó, G.A., Cutaia, L., Brogliatti, G.M., Medina, M., Tribulo, R., Tribulo, H. 2001. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado bovino utilizando progestágenos y estradiol. Resúmenes Cuarto Simposio Internacional de Reproducción Animal, Huerta Grande, Córdoba, Argentina; 117-136.
- [13] Bó, G.A., Adams, G.P., Nasser, L.F., Pierson, R.A., Mapletoft, R.J. 1993. Effect of estradiol valerate on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating gonadotropins in heifers. *Theriogenology* 40:225-239.
- [14] Bó, G.A., Cutaia, L., Tribulo, R. 2002. Tratamientos hormonales para inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos para carne: algunas experiencias realizadas en Argentina. Primera Parte. *Taurus* 14; (aceptado).
- [15] Burke, C.R., Mussard, M.L., Grum, D.E., Day, M.L. 2001. Effects of maturity of the potential ovulatory follicle on induction of estrus and ovulation in cattle with estradiol benzoate. *Anim Reprod Sci*. 66:151-160.

- [16] Castilho, C., Dayan, A., Barros, C.M. 1997. Responsiveness of Nelore cows corpus luteum to PGF $\alpha$ , administered intramuscularly or via submucosa vulvar. Arq. Fac. Vet. UFRGS; 25: 205 abstr.
- [17] Cavalieri, J., Rubio, I., Kinder, J.E., Entwistle, K.W., Fitzpatrick, L.A. 1997. Synchronization of estrus and ovulation and associated endocrine changes in *Bos indicus* cows. Theriogenology 47: 801-814.
- [18] Carcedo, J., Alonso, N., Menajovsky, J., Alvarez, C. 1999. Comparación de dos métodos de sincronización de celos e inseminación artificial a tiempo fijo en vaquillonas cruzas cebú. Resúmenes Tercer Simposio Internacional de Reproducción Animal, Carlos Paz, Argentina; 189 abstr.
- [19] Colazo, M.G., Bó, G.A., Illuminanti, H., Meglia, G., Schmidt, E.E., Bartolomé, J. 1999. Fixed-time artificial insemination in beef cattle using CIDR-B devices, progesterone and estradiol benzoate. Theriogenology 51:404 abstr.
- [20] Cutaia, L., Moreno, D., Villata, M.L., Bó, G.A. 2001. Synchrony of ovulation in beef cows treated with progesterone vaginal devices and estradiol benzoate administered at device removal or 24 hours later. Theriogenology 55:408 abstr.
- [21] Cutaia, L., Tríbulo, R., Alisio, L., Tegli, J.C., Moreno, D., Bó, G.A. 2001. Efecto de los tratamientos con dispositivos DIV-B nuevos o reutilizados en los índices de preñez en vacas y vaquillonas inseminadas a tiempo fijo (IATF). Resúmenes Cuarto Simposio Internacional de Reproducción Animal, Huerta Grande, Córdoba; 244 abstr.
- [22] Cutaia, L., Tríbulo, R., Moreno, D., Bó, G.A. 2002. Pregnancy rates in lactating beef cows treated with progesterone releasing devices, estradiol benzoate and equine chorionic gonadotropin (eCG). Theriogenology (enviado).
- [23] Fernandes, P., Teixeira, A.B., Crocci, A.J., Barros, C.M. 2001. Timed artificial insemination in beef cattle using GnRH agonist, PGF $2\alpha$  and estradiol benzoate (EB). Theriogenology 55:1521-1532.
- [24] Figueiredo, R.A., Barros, C.M., Pinheiro, O.L., Soler, J.M.P. 1997. Ovarian follicular dynamics in Nelore Breed (*Bos indicus*). Theriogenology 47:1489-1505.
- [25] Galina, C.S., Orihuela, A., Duchateau, A. 1987. Reproductive physiology in Zebu cattle. Vet Clin Nth Amer: Food Anim Practice. 3:619-632.
- [26] Galina, C.S., Orihuela, A., Búbio, I. 1996. Behavioural trends affecting oestrus detection in Zebu cattle. Anim Repr Sci. 42: 465-470.
- [27] Gambini, A.L.G., Moreira, M.B.P., Castilho, C., Barros, C.M. 1997. Follicular dynamics and synchronization of ovulation in Girolando cows. Biol Reprod. 56:195 abstr.
- [28] Humblot, P., Grimard, B., Mialot, J.P. 1996. Sources of variation of post-partum cyclicity, ovulation and pregnancy rates in suckled beef cows treated with progestagen and PMSG. Proc Soc Theriogenology Meeting, Kansas City; 36-45.
- [29] Kastelic, J.P., McCartney, D.H., García, A., Olson, W.O., Mapletoft, R.J. 1995. Utilization of estradiol to improve fertility in cattle in which estrus is synchronized with MGA. Theriogenology 46:1295-1304.
- [30] Kastelic, J.P., Ginther, O.J. 1991. Factors affecting the origin of the ovulatory follicle in heifers with induced luteolysis. Anim Reprod Sci. 26:13-24.
- [31] Kerr, D.R., McGowan, M.R., Carroll, C.L., Baldock, F.C. 1991. Evaluation of three estrus synchronization regimens for use in extensively managed *Bos-indicus* and *Bos indicus/taurus* heifers in northern Australia. Theriogenology 36:129-138.

- [32] Lopez-Barbella, S., Martinez, L.A., Gavaldon, L.L. 1981. Synchronization of estrous with norgestomet and prostaglandin F<sub>2</sub> in beef cattle. *Trop Anim Prod.* 6: 101-104.
- [33] Macmillan, K.L., Burke, C.R. 1996. Effects of oestrus cycle control on reproductive efficiency. *Anim Reprod Sci.* 42:307-320.
- [34] Macmillan, K.L., Peterson, A.J. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for estrus synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of postpartum anestrus. *Anim Reprod Sci.* 33:1-25.
- [35] Martínez, M.F., Adams, G.P., Bergfelt, D.R., Kastelic, J.P., Mapletoft, R.J. 1999. Effect of LH or GnRH on the dominant follicle of the first follicular wave in beef heifers. *Anim Reprod Sci.* 57:24-33.
- [36] Martínez, M.F., Kastelic, J.P., Adams, G.P., Mapletoft, R.J. 2002. 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 Anim Sci.* 80:1746-1751.
- [37] McGowan, M.R., Carroll, C.L., Davies, F.J. 1992. Fixed-time insemination of bos-indicus heifers following the use of Syncro-Mate-B (SMB) to synchronize estrus. *Theriogenology* 37:1293-1300.
- [38] McGowan, M.R. 1999. Sincronización de celos y programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado *Bos-indicus* y cruce *Bos indicus*. Resúmenes Tercer Simposio Internacional de Reproducción Animal, Carlos Paz, Córdoba, Argentina; 71-82.
- [39] Membrive, C.M.B. 2000. Estudo da sincronização das ondas foliculares e das características de estros, por radiotelemetria, em novilhas cruzadas (*Bos taurus indicus* x *Bos taurus taurus*) tratadas com acetato de melengestrol e prostaglandina associados a hCG, GnRH ou 17 $\beta$  estradiol + progesterona. Tesis de Maestría. Universidade de São Paulo - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia.
- [40] Mikeska, J.C.; Willians, G.L. 1988 Timing of preovulatory endocrine events, estrus and ovulation in Brahman x Hereford females synchronized with norgestomet and estradiol valerate. *J Anim Sci.* 66:939-946.
- [41] Mulvehill, P., Sreenan, J. 1977. Improvement of fertility in postpartum beef cows by treatment with PMSG and progestagen. *J Reprod Fertil.* 50: 323-325.
- [42] Murphy, B.D., Martinuk, D. 1991. Equine Chorionic Gonadotropin. *Endocrine Reviews* 12:27-44.
- [43] Odde, K.G. 1990. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J Anim Sci.* 68:817-830.
- [44] Oyedipe, E.O., Voh, A.A., Marire, B.N. 1986. Plasma progesterone concentrations during the oestrus cycle and following fertile and non-fertile inseminations of zebu heifers. *Br Vet J.* 142:41-46.
- [45] Patterson, D.J., Kiracofe, G.H., Stevenson, J.S., Corah, L.R. 1989. Control of the bovine estrous cycle with melengestrol acetate (MGA): A review. *J Anim Sci.* 67:1895-1906.
- [46] Pinheiro, O.L., Barros, C.M., Figueredo, R.A., Valle, E.R. Do, Encarnação, R.O., Padovani, C.R. 1998. Estrous behavior and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F<sub>2</sub>alpha or norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology* 49:667-681.
- [47] Pursley, J.R., Mee, M.O., Wiltbank, M.C. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF<sub>2</sub> and GnRH. *Theriogenology* 44:915-923.

- [48] Randel, R.D. 1976. LH and ovulation in Brahman, Brahman x Hereford and Hereford heifers. *J Anim Sci*; 43: 300.
- [49] Rhodes, F.M.; De'ath, G.; Entwistle, K.W. 1995. Animal and temporal effects on ovarian follicular dynamics in Brahman heifers. *Anim Repr Sci*. 38:265-277.
- [50] Rocha, J.L. 2000. Sincronização hormonal da onda folicular e do estro em novilhas de corte mestiças monitoradas por radiotelemetria. Tesis Doctoral. Universidade de São Paulo - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia.
- [51] Roche, J.F. 1974. Synchronization of estrus in heifers with implants of progesterone. *J Reprod Fertil*. 41:337-334.
- [52] Roche, J.F., Crowe, M.A., Boland, M.P. 1992. Postpartum anestrus in dairy and beef cows. *Anim Reprod Sci*. 28:371-378.
- [53] Sanchez, T., Wehrman, M.E., Bergfeld, E.G., Petters, K.E., Kojima, F.N., Cupp, A.S., Mariscal, V., Kittok, R.J., Rasby, R.J., Kinder, J.E. 1995. Pregnancy rate is greater when the corpus luteum is present during the period of progestin treatment to synchronize time of estrus in cows and heifers. *Biol Reprod*. 49:1102-1107.
- [54] Scena, C. 1998. Uso de implantes progestágenos subcutâneos para inducir y sincronizar celos en rodeos de cría. Cuartas Jornadas Nacionales CABIA y Primeras del Mercosur, Buenos Aires, Argentina; 59-68.
- [55] Segerson; E.C.; Hansen, T.R.; Libby, D.W.; Randel, R.D.; Getz, W.R. 1984. Ovarian and uterine morphology and function in Angus Brahman cows. *J Anim Sci*. 59:1026-1046.
- [56] Stevenson, J. 2000. Sincronización de celos y de ovulaciones en ganado bovino de carne y de leche. Quinto Congreso Argentino de Reproducción Animal, CABIA, Rosario, Argentina; CD.
- [57] Vasconcellos, J.L.M., Pursley, J.R., Wiltbank, M.C. 1994. Effects of Syncro-Mate-B combined with GnRH on follicular dynamics and time of ovulation. *J Anim Sci*. 72 (Suppl 1): 174 abstr.
- [58] Whittaker, P.R., Colazo, M.G., Martínez, M.F., Kastelic, J.P., Mapletoft, R.J. 2002. New or used CIDR-B devices and estradiol benzoate, with or without progesterone, for fixed-time AI in beef cattle. *Theriogenology* 57:391 abstr.
- [59] Williams, G.L., Williams, S.W., Stanko, R.L., Amstalden, M. 2000. Control de la ovulación y alternativas de manejo para el servicio de ganado cruza brahman. En Anexo del Módulo 5, Curso de Post-Grado en Reproducción Bovina, IRAC, Córdoba, Argentina; 1-14.
- [60] Williams, SW., Stanko, R.L., Amstalden, M., Williams, G.L 2002. Comparison of three approaches for synchronization of ovulation for timed artificial insemination in *Bos indicus*-influenced cattle managed on the Texas gulf coast. *J Anim Sci*. 80:1173-1178.
- [61] Wiltbank, J.N., Zimmerman, D.R., Ingalls, J.E., Rowden, W.W. 1965. Use of progestational compounds alone or in combination with estrogen for synchronization of estrus. *J Anim Sci*. 24: 990-994.
- [62] Zeitoun, M.M., Rodriguez, H.F., Randel, R.D. 1996. Effect of season on ovarian follicular dynamics in Brahman cows. *Theriogenology* 45:1577-1581.