

## Capítulo LXII

### **Estrategias tecnológicas para la sincronización de la ovulación en bovinos**

**Noris Roa, Dra  
D´Endel D´Denjoy, MSc**

#### **INTRODUCCIÓN**

El empleo de la inseminación artificial (IA) en bovinos ha sido ampliamente estudiado y utilizado con éxito en todo el mundo, siendo una herramienta tecnológica para el mejoramiento genético de los rebaños en forma rápida y eficiente; sin embargo depende de la adecuada identificación de las manifestaciones del estro y del momento apropiado para realizar la IA (Roa, 2006a). La ineficiencia en la detección del estro, por la poca disponibilidad de tiempo, personal poco entrenado y la necesidad de potreros especiales cerca de la manga, disminuyen la eficiencia en la detección de estros; lo que trae como consecuencia una disminución en el desempeño reproductivo del rebaño, generándose un aumento del periodo de servicio y del intervalo entre partos, lo que acarrea serios perjuicios al productor. El conocimiento de esta limitante, ha hecho que el hombre utilice técnicas para mejorar la eficiencia en la detección de estros, mediante la visualización (uso de machos receladores, hembras androgenizadas) y más aún, utilice actualmente dispositivos para la identificación de hembras en estro (Roa, 2006b).

El estudio de la dinámica folicular durante el ciclo estral ha permitido crear las bases fisiológicas para el diseño de protocolos de sincronización del celo y de la ovulación (Roa et al., 2006). Para lograr el éxito mediante el uso de estos protocolos, es necesario tener control sobre algunos factores importantes como la prevención del desarrollo de folículos persistentes que contienen ovocitos envejecidos, reclutamiento de una nueva onda folicular, independientemente del estado del ciclo estral, la manipulación de la fase luteínica y la sincronización precisa del futuro folículo ovulatorio (Driancourt, 2000).

Asimismo, el conocimiento de la fisiología reproductiva de la vaca ha permitido diseñar protocolos de sincronización de estro mediante la aplicación de hormonas naturales y/o sintéticas, que permiten hacer más eficiente el trabajo de detección del es-

tro, disminuyéndolo el periodo de evaluación de las vacas a 3-5 días. En la actualidad, con el fin de sustituir el trabajo de la detección de estros, se han diseñado protocolos que permiten hacer la inseminación artificial a tiempo determinado, basado en la sincronización del estro y de la ovulación (Roa, 2006).

## PROTOSCOLOS DE SINCRONIZACIÓN CON DETECCIÓN DE CELOS

En este tipo de protocolo, a pesar de producirse la sincronización del estro, existe mucha variabilidad en el momento de su aparición, lo cual depende del grado de desarrollo folicular al momento de la aplicación de la  $PF2\alpha$ . Luego de la aplicación del tratamiento hormonal, los animales son inseminados entre las 6 a 12 horas, después de la primera observación de síntomas de estro, por lo que es necesario recurrir a la detección de estros para realizar la inseminación artificial (Geary y Whittier, 1999).

Existen varias generaciones de hormonas utilizadas para la sincronización del estro, sin embargo la comprensión de la fisiología reproductiva, ha permitido hacer combinaciones de hormonas para aumentar la eficiencia de los protocolos usados, orientados a sincronizar la ovulación y hacer más efectivos los programas de inseminación a tiempo determinado (Twagiramungu *et al.*, 1995; Geary *et al.*, 1998; Thompson *et al.*, 1999; Moreira *et al.*, 2000).

## PROSTAGLANDINA $F2\alpha$

Fueron muchos los protocolos desarrollados en los programas reproductivos para sincronizar vacas; sin embargo sus limitaciones hicieron que fuesen sustituidos por otros protocolos hormonales más eficientes. Su principal limitante radica en la amplia variación en el intervalo desde la aplicación del tratamiento hormonal hasta que ocurre la ovulación, lo cual no hace posible la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). El momento en el que ocurre la ovulación, va a depender de la fase del ciclo estral y del desarrollo folicular a la hora en que es aplicado el tratamiento con  $PGF2\alpha$  (Kastelic *et al.*, 1990; Xu *et al.*, 1997; Lamb *et al.*, 2000). Sin embargo, mientras la vaca presente un cuerpo lúteo funcional, la inyección de  $PGF2\alpha$  será efectiva en 90-95% de éstos animales (Ferguson y Galligan, 1993). Algunos protocolos diseñados para la sincronización con detección de estro mediante el uso de  $PGF2\alpha$  se describen a continuación:

- **Sistema "lunes en la mañana"**. Está basado en la aplicación de una dosis de  $PGF2\alpha$  e inseminar las vacas que muestran estro entre el día 2 y el día 5 post inyección. Las vacas que no manifiestan estro después de la primera aplicación, son inyectadas, el lunes siguiente, para luego inseminar las hembras en estro. En caso que no presente celo después de esta segunda aplicación, se les da una tercera oportunidad, inyectándose nuevamente  $PGF2\alpha$  siete días después. Usando este método, la mayoría de los celos ocurren en los días hábiles, favoreciendo una mejor detección de estros y la IA en el momento oportuno (Spratt, 1999).

- **Dos inyecciones de PGF2 $\alpha$  (11-14 d).** Incluyen dos inyecciones consecutivas de 25 mg de PGF2 $\alpha$  a intervalos de 11 a 14 d (Rosenberg *et al.*, 1990; Folman *et al.*, 1990). Luego de la inyección se hace la detección de estro y son inseminadas las vacas que muestren estro.

Otras modalidades de los protocolos de PGF2 $\alpha$  incluyen la detección previa de estros e IA durante 5 días. Las vacas no inseminadas durante los 5 días de detección de estro son inyectadas con PGF2 $\alpha$  y se continúa la detección de estros e IA por 5 d luego de la inyección de PGF2 $\alpha$ . Otro protocolo se basa en una inyección de PGF2 $\alpha$ , seguida por 5 días de detección de estros e AI, realizándose una segunda inyección de PGF2 $\alpha$  el día 6 a las hembras no inseminadas en los primeros 5 días de detección de estro, para luego detectar estros e inseminar por un periodo de 5 días (Sprott, 1999).

La modalidad de una inyección de PGF2 $\alpha$  puede ser usada en novillas, sin embargo este protocolo no proporciona el grado de sincronía de otros protocolos y el período de detección de estro es dos veces mayor. Este método resulta de bajo costo y trabaja a menudo bien en los productores que apenas comienzan a utilizar la IA.

#### **Progestágenos y dispositivos de liberación lenta**

El uso de progesterona y sus análogos constituyen otra alternativa para la sincronización del estro en vacas. Algunos trabajos utilizan el Acetato de Melengestrol (Beal y Good, 1986), Progesterona (Macmillan y Peterson, 1993) y Norgestomet (Anderson *et al.*, 1996) para inducir el estro en vacas con anestro. La administración de progestina en ausencia de CL y en dosis usadas comercialmente, produce niveles sub-luteales de progesterona, alterando el patrón de liberación de LH, por lo que induce el desarrollo de folículos ováricos persistentes (Sirois y Fortune, 1990; Stock y Fortune, 1993) debido a una creciente frecuencia en los pulsos de LH, similar a la ocurrida durante la fase folicular del ciclo estral (Sánchez *et al.*, 1995). La ovulación del folículo persistente está asociada a una baja fertilidad (Mihm *et al.*, 1994; Ahmad *et al.*, 1995) debido a una anormal maduración del ovocito (Wehrman *et al.*, 1993); sin embargo, la fertilidad se puede mejorar con el tratamiento a corto plazo con progesterona para inducir la regresión de folículos ováricos persistentes (McDowell *et al.*, 1996).

**MGA®-PG.** En este protocolo, MGA es suministrado en el alimento durante 14 días (0,5 mg/animal/día); luego de retirado el tratamiento, las novillas muestran estro entre 2 a 6 días. Por tratarse de un estro sub-fértil, no son inseminadas en esta oportunidad pero 17 días después de la suspensión del suministro de MGA se aplica una inyección de PGF2 $\alpha$ , detectándose estro entre los 2 a 5 días luego de la inyección con PGF2 $\alpha$  inseminando 38 hr después (Brown *et al.*, 1988) (Figura 1).

Algunos trabajos han reportado que al alargar el intervalo entre la suspensión del tratamiento con MGA y el tratamiento con PGF2 $\alpha$  a 19 días, mejora la sincronización del estro en las novillas (Deutscher *et al.*, 2000; Lamb *et al.*, 2000). El suministro de MGA por un corto periodo (5-7 d) combinado con PGF2 $\alpha$  ha demostrado tener un mayor porcentaje de vacas sincronizadas, que vacas tratadas con PGF2 $\alpha$  o MGA en forma individual; sin embargo, su fertilidad sigue siendo reducida (Chenault *et al.*, 1990).

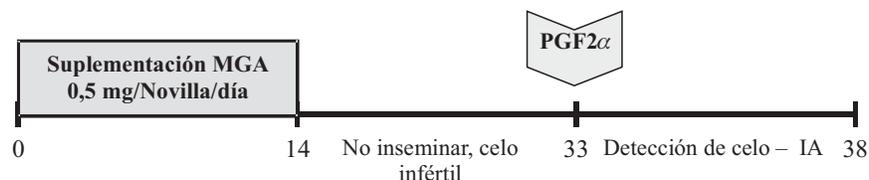


Figura 1. Protocolo de sincronización con MGA- PGF2 $\alpha$ .

**Syncro-Mate-B® (SMB).** Es un progestágeno utilizado en programas de IA con sincronización de estros. En sus inicios luego de su aplicación, se observaba una asincronía del estro y la ovulación, ya que se manifestaba estro independiente de la función ovárica (McGuire *et al.*, 1990) de manera que al momento del retiro del implante existía un cuerpo lúteo funcional (Hampton *et al.*, 1999), desarrollándose folículos persistentes (Kinder *et al.*, 1996). La falta de sincronía en el crecimiento folicular y una baja tasa de concepción en el rebaño era una limitante para su implementación en programas de IA (McVey y Williams, 1989). Las estrategias para tratar de disminuir las limitaciones de Syncro-Mate-B se basaron en la combinación del progestágeno con una prostaglandina (Brown *et al.*, 1986) o GnRH (Pursley *et al.*, 1995; Stevenson *et al.*, 2000).

**Syncro-Mate-B® + PGF2 $\alpha$ .** Consiste en la aplicación de un implante de norgestomet (6 mg) por un período de 9 días, seguido por la inyección de PGF2 $\alpha$  el día 7 al mismo tiempo que se retira el implante. Mediante este método se logró aumentar la tasa de sincronización y la tasa de concepción en novillas de leche (Hansel y Beal, 1979) (Figura 2).

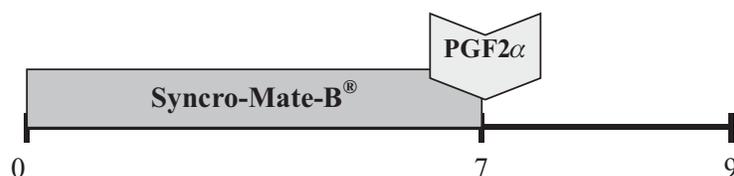


Figura 2. Sincronización con Syncro-Mate-B® + PGF2 $\alpha$ .

**CIDR-PRID®.** Los dispositivos de liberación intravaginal de progesterona (PRID; 1,55 g de progesterona + 10 mg de benzoato de estradiol) y dispositivos de liberación controlada de progesterona (CIDR; 1,38 g de progesterona) producen una liberación gradual de la hormona, manteniendo los niveles sobre los 2 ng/ml durante 10 días. La adición de hormonas (estrógenos, PGF2 $\alpha$  y gonadotropinas) a los PRID y CIDR han permitido alcanzar un grado aceptable de la sincronización del estro y la ovulación, permitiendo realizar la IA sincronizada (Day, 1998).

**CIDR®-PG.** Este protocolo es recomendado en novillas así como el Select Synch + CIDR® es recomendado en vacas. La diferencia obedece a que en novillas no se requiere la inyección de GnRH al inicio del tratamiento, debido a la inconsistencia en la respuesta a esta hormona. Algunos trabajos han demostrado que la tasa de preñez con el protocolo CIDR® PG es similar a la del Select Synch + CIDR® en novillas (Lucy *et al.*, 2001) (Figura 3).

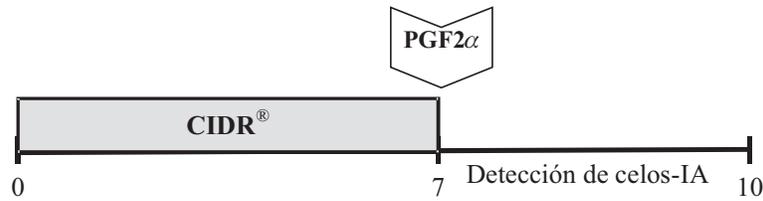


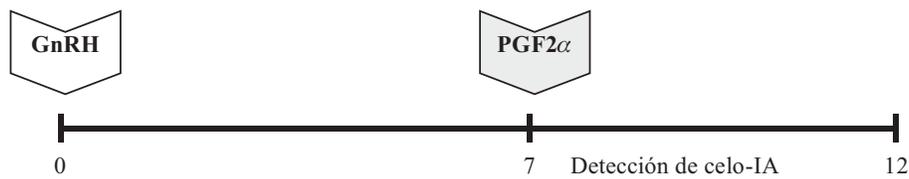
Figura 3. Sincronización con CIDR®-PG.

### GnRH

Un avance de los sistemas de sincronización de estro con GnRH es que induce el inicio del ciclo estral en vacas acíclicas, estimulando la liberación de LH, ocurriendo la maduración final y ovulación del folículo dominante que conlleva a la formación de un CL. Cuando son tratadas vacas con GnRH (100 µg), el 100% comienza una nueva onda de crecimiento folicular, llegando el 85% de las vacas a ovular (Pursley *et al.*, 1997).

Cuando se utiliza la combinación de GnRH con PGF2α, la GnRH altera el desarrollo folicular (Thatcher *et al.*, 1989), sincronizándose la emergencia de una nueva onda (Twagiramungu *et al.*, 1994). La sincronización del folículo, acompañada de la luteólisis con PGF2α permite una mejor sincronía del estro; las vacas tratadas con GnRH, seguida de PGF2α 7 días después, ovulan entre 84-120 h luego de la inyección de PGF2α (Pursley *et al.*, 1995).

**Select-Synch.** Consiste en una inyección de GnRH (100 µg), seguida 7 días después de una inyección de PGF2α (25 mg); luego detectar el celo y realizar la IA (Figura 4).



### GnRH

Figura 4. Sincronización con Select-Synch.

## PROTOCOLOS CON INSEMINACIÓN A TIEMPO DETERMINADO

### GnRH - PGF2α

A partir del protocolo de inyección de GnRH-PGF2α se desarrolló un método que permite el uso de la IA sincronizada agregando una segunda inyección de GnRH después de PGF2α (Schmitt *et al.*, 1996; Stevenson *et al.*, 1996), con lo cual se elimina la detección de estros con la IA a tiempo determinado, tanto en vacas de carne (Twagiramungu *et al.*, 1992) como en vacas de leche (Pursley *et al.*, 1995). Dentro de los protocolos que se utilizan actualmente compuestos por la combinación de GnRH-PGF2α tenemos:

- Ov-Synch.** En la actualidad existen varios protocolos que utilizan el método de GnRH -PGF2 $\alpha$ , siendo Ov-Synch el más utilizado. El método consiste en una inyección de GnRH (100ig) al inicio del protocolo (día 0), seguida de una inyección de PGF2 $\alpha$  (25 mg) siete días después (día 7) y una segunda inyección de GnRH (100 ig) 48 h después de la PGF2 $\alpha$  (Figura 5). El intervalo entre la inyección de PGF2 $\alpha$  y la segunda inyección de GnRH ha tenido variaciones. Pursley *et al.* (1995) observaron que administrando una segunda dosis de GnRH 48 y 24h después de la inyección con PGF2 $\alpha$ , daba como resultado tasas de concepción de 54 y 46 %, respectivamente.

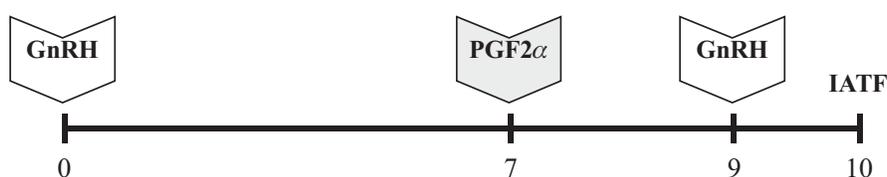


Figura 5. Sincronización con Ov-Synch.

- CO Synch.** Está compuesto por una inyección de GnRH (d 0), seguida de una inyección de PGF2 $\alpha$  el día 7. Varía del Ov-Synch en que la segunda inyección de GnRH 48 horas después de la inyección con PGF2 $\alpha$  es acompañada de la IA (Lemaster *et al.*, 2001) (Figura 6).



Figura 6. Sincronización con CO Synch.

- Pre-Synch.** En este protocolo se aplican antes de la inyección de GnRH, dos inyecciones consecutivas de PGF2 $\alpha$  con intervalo de 7 días, con el fin de presincronizar las vacas; luego se aplica el protocolo Ov-Synch para sincronizar la ovulación (Córdoba y Fricke, 2001) (Figura 7).

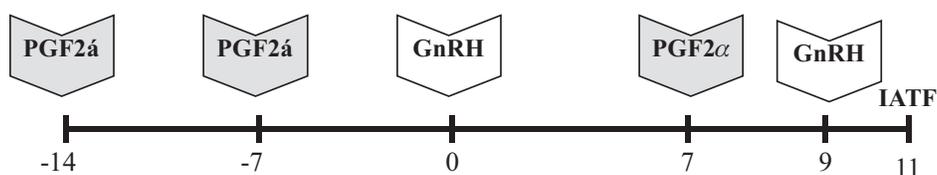


Figura 7. Sincronización con Pre-Synch.

- Heat-Synch.** Este protocolo tiene el mismo principio de sincronización del Ov-Synch, siendo sustituida la segunda aplicación de GnRH por cipionato de estradiol (ECP) (López *et al.*, 2000; Jordan *et al.*, 2001) (Figura 8).

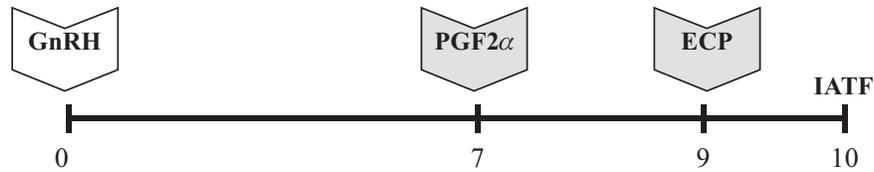


Figura 8. Sincronización con Heat-Synch.

### Híbrid-Synch

En este protocolo se hace la detección de estros como en el Select-Synch, con la diferencia que se realiza detección de estro entre los días 7 y 10 del protocolo, inseminándose a las hembras que no vienen en estro el día 10, conjuntamente con la administración de 100  $\mu$ g de GnRH como en el Co-Synch (Lemaster *et al.*, 2001) (Figura 9).

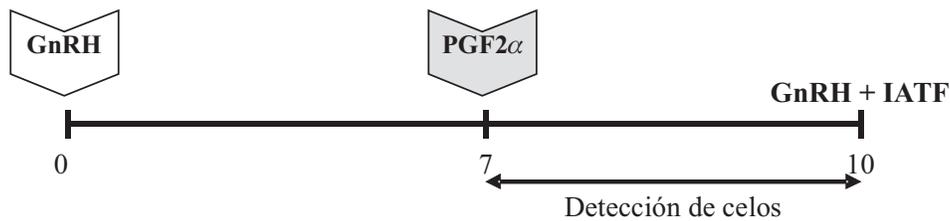


Figura 9. Sincronización con Hibrid-Synch.

### Norgestomet®-valeriato de estradiol

Este protocolo incluye la aplicación sub-cutánea de un implante de 6 mg de norgestomet acompañada de una inyección de 5 mg de valeriato de estradiol y 3 mg de norgestomet al momento de realizar el implante. El implante es removido el día 9 después de aplicado, y se realiza la inseminación entre 48 a 54 horas, después de la remoción del implante (Peterson *et al.*, 2000; Garcia y Salaheddine, 2001) (Figura 10).

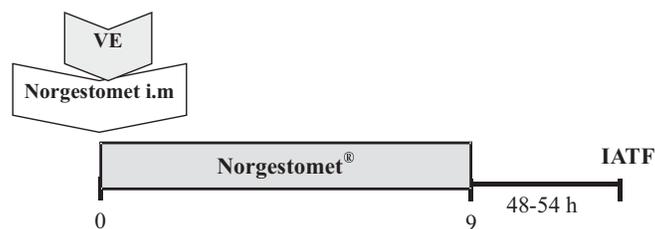


Figura 10. Sincronización con Norgestomet®-valeriato de estradiol.

## NUEVAS ALTERNATIVAS EN PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN MEDIANTE DETECCIÓN DE CELOS

**Select-Synch + CIDR® & TAI.** Es un protocolo para uso en vacas. El CIDR® es recomendado cuando la mayoría de las vacas están en anestro o cuando la detección de estro previa a la inyección de PG no es posible. Con el Select Synch, entre 5-20% de los animales pueden mostrar estro al día 1½ o 2 antes de la inyección con prostaglan-

dina. Ambos protocolos pueden ser aplicados al mismo grupo, colectando selectivamente CIDR<sup>®</sup>s colocado en hembras jóvenes, flacas o vacas con largo periodo post parto. Son pocos los reportes del uso de este protocolo, sin embargo, se ha señalada una tasa de preñez de 53,3% (Larson *et al.*, 2004) (Figura 11).

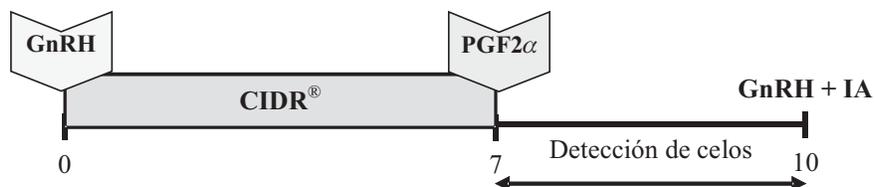


Figura 11. Sincronización con Select-Synch + CIDR<sup>®</sup> & TAI.

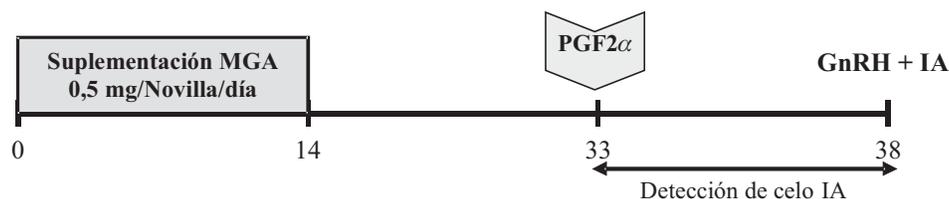


Figura 12. Sincronización con MGA<sup>®</sup>-PG & TAI.

**MGA<sup>®</sup>-PG & TAI.** Este protocolo consiste en una modificación del protocolo MGA-PG, en el cual luego de inyectar la PGF2 $\alpha$ , se hace detección del estro y se inseminan las que muestren estro entre los días 33 y 38 del protocolo. Las hembras que no muestran estro son inseminadas bajo la modalidad de IATF entre las 72 a 84 horas (Kesler, 2003) (Figura 12). Con este protocolo se ha observado una tasa de preñez de 46,6% (Johnson y Day, 2004).

**CIDR<sup>®</sup> Select.** Constituye uno de los programas alternativos para la IATF en novillas, resultando un método promisorio hasta el momento. Consiste en la combinación del CIDR<sup>®</sup> por un periodo de 14 días más una inyección de GnRH 11 días después del retiro del implante y una inyección de PGF2 $\alpha$  7 días después de la inyección de GnRH. Es posible inseminar durante los primeros 3 días con detección de estros; las vacas que no muestran estro son inseminadas a tiempo determinado el día 33 del protocolo acompañado de una inyección de GnRH (Figura 13; Beef Reprod. Task Force, 2006).

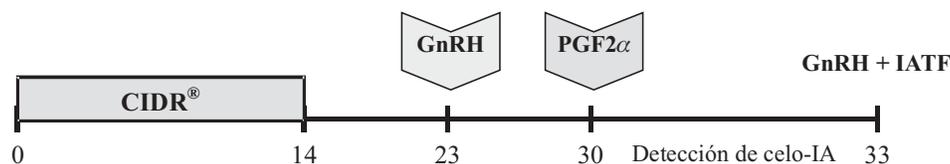


Figura 13. Sincronización con CIDR<sup>®</sup> Select.

**CO Synch-CIDR® & TAI.** Es un nuevo protocolo recomendado tanto para vacas como novillas. Las vacas pueden ser inseminadas entre 54-66 horas luego de removido el CIDR®; mientras que el tiempo de inseminación recomendado para novillas es entre 52-56 horas luego de removido el CIDR® (Larson *et al.*, 2004; Walker *et al.*, 2004) (Figura 14).

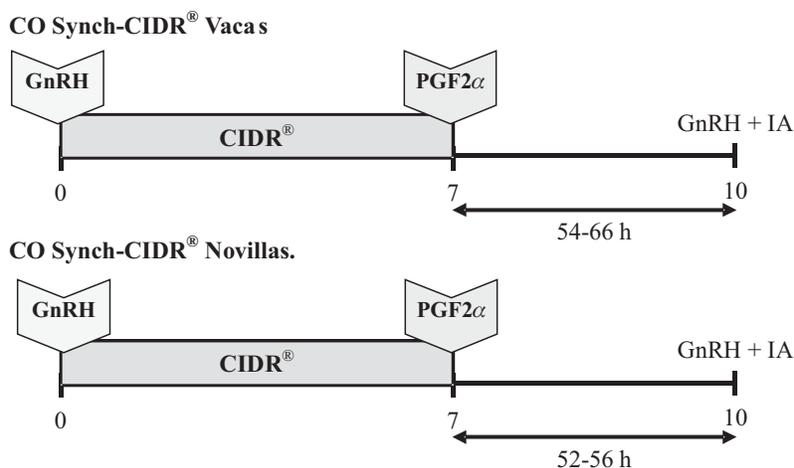


Figura 14. Sincronización con CO Synch-CIDR® en vacas y novillas.

La toma de decisiones para la elección de un protocolo ideal es una tarea difícil, ya que se involucran una serie de factores como, costo (tratamiento hormonal, asistencia técnica, mano de obra), labor (detección de estros y manejo del rebaño) y respuesta de las hembras al protocolo. En el Cuadro 1 se comparan algunos protocolos de sincronización según su costo beneficio, labor y tasa de preñez en vacas y novillas de carne (Zalesky y Walker, 2003). En el Cuadro 2 se comparan protocolos de sincronización de estro y ovulación, según tasas de sincronización, concepción y hembras sincronizadas y preñadas.

## CONCLUSIONES

Los estudios de las sincronización de celo en bovinos fueron conducidas en dos direcciones principales, ambas fueron interfiriendo en la duración del ciclo estral. Los métodos que comprenden la utilización de agentes luteolíticos que lleva a una anticipación de la regresión del cuerpo lúteo y el consecuente acortamiento del ciclo, y el proceso de alargamiento del ciclo con una simulación de diestro a través de la administración de progesterona o progestágenos.

El desenvolvimiento de los métodos de sincronización de celos en bovinos, con la manipulación farmacológica del ciclo estral, permiten la utilización de forma eficiente de la inseminación artificial y del trasplante de embriones, entre otras técnicas de reproducción animal, lo cual a través de los años, ha constituido un desafío para la Medicina Veterinaria.

**Cuadro 1**  
**Comparación de algunos protocolos de sincronización de acuerdo con su costo-beneficio en vacas y novillas de carne**

Protocolo en vacas de carne	Costo por vaca (USD)	Labor	Tasa de preñez
Select Synch	4,07	medio/alto	46%
Select Synch+CIDR	12,07	medio	50%
Select Synch & TAI	4,07	medio/alto	50%
Select Synch+CIDR & TAI	12,07	medio	59%
Co-Synch+CIDR & IATF	14,57	medio	56%
Protocolo en novillas de carne	Costo por novilla (USD)	Labor	Tasa de preñez
1 inyección de PGF2	1,57	alto	45%
CIDR-PGF2	9,57	medio	51%
MGA-PGF2	1,85	bajo/medio	60%
Select Synch+CIDR & TAI	12,07	medio	56%
MGA-PGF2&TAI	1,85	medio	56%
Co-Synch+CIDR& IATF	14,57	medio	53%
MGA-PGF2& IATF	1,85	medio	48%
CIDR-Select & IATF	14,57	medio/alto	61%

Costo de hormonas: PG = 1,57USD; GnRH = 2,50 USD; MGA = 0,02USD/hembra/día; CIDR = 8,00 USD.

**Cuadro 2**  
**Comparación de protocolos de sincronización del estro y la ovulación**

Protocolo	Tasa de sincronización	Tasa de concepción	Tasa de hembras sincronizadas y preñadas	Autor
2 inyecciones de PGF2	58%	61%	35%	Whittier y Geary (2000)
MGA/PGF2	64%	62%	39%	Whittier y Geary (2000)
Select-Synch	65%	66%	43%	Whittier y Geary (2000)
Co-Synch	18%	31%	31%	Lemaster <i>et al.</i> (2001)
Híbrido-Synch	33%	58%	36%	Lemaster <i>et al.</i> (2001)

Para que los métodos de sincronización de celos en bovinos sean utilizados, se debe tener en cuenta el costo de las hormonas utilizadas y el porcentaje de preñez y en definitiva tener en cuenta la relación costo/beneficio de los animales tratados.

## LITERATURA CITADA

- Ahmad N, Schrick FN, Butcher RL, Inskoop EK. 1995. Effect of persistent follicles on early embryonic losses in beef cows. *Biol Reprod* 52:1129-1135.
- Anderson LH, McDowell CM, Day ML. 1996. Progestin-induced puberty and secretion of luteinizing hormone in heifers. *Biol Reprod* 54:1025-1031.
- Beal WE, Good GA. 1986. Synchronization of estrus in postpartum beef cows with melengestrol acetate and prostaglandin F2 $\alpha$ . *J Anim Sci* 63:343-347.
- Beef Reproduction Task Force. 2006. Protocols for Synchronization of Estrus and Ovulation. En: [www.anslab.iastate.edu/Class/AnS426/Old%20files/Synchronization/RecSync.pdf](http://www.anslab.iastate.edu/Class/AnS426/Old%20files/Synchronization/RecSync.pdf). 1-4.
- Brown LN, Odde KG, LeFever DG, King ME, Neubauer CJ. 1986. Norgestomet-alfa-prostol or Synchro-Mate B for estrus synchronization in beef cows. *J Anim Sci (Suppl.1)*:383 (Abstr.).
- Brown LN, Odde KG, King ME, LeFever DE, Neubauer CJ. 1988. Comparison of MGA-PGF $\alpha$  to Synchro-Mate B for estrous synchronization in beef heifers. *Theriogenology* 30:1-12.
- Chenault JR, McAllister JF, Kasson CW. 1990. Synchronization of estrus with melengestrol acetate and prostaglandin F2 $\alpha$  in beef and dairy heifers. *J Anim Sci* 68:296-303.
- Cordoba MC, Fricke PM. 2001. Evaluation of Two Hormonal Protocols for Synchronization of Ovulation and Timed Artificial Insemination in Dairy Cows Managed in Grazing-Based Dairies. *J Dairy Sci* 84:2700-2708.
- Day ML. 1998. Estrous control and management of follicular growth with progesterone based synchrony systems. In, *Proc Am Embryo Transfer Assoc*, San Antonio, TX. Pp 10-23.
- Deutscher G, Davis R, Colburn D, O'Hare D. 2000. Refinement of the MGA-PGF synchronization program for heifers using a 19 day PGF injection. *Nebraska Beef Cattle Report*, Lincoln. Pp 10-12.
- Driancourt MA. 2000. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology* 55: 1211-1239.
- Ferguson JD, Galligan DT. 1993. Prostaglandin synchronization programs in dairy herds. Part I. *Food Animal*. 1127-1130.
- Folman Y, Kaim M, Herz Z, Rosenberg M. 1990. Comparison of methods for the synchronization of estrous cycles in dairy cows. 2. Effects of progesterone and parity on conception. *J Dairy Sci* 73:2817-2825.
- García A, Salaheddine M. 2001. Effect of Oestrous Synchronization with Estradiol 17 $\beta$  and Progesterone on Follicular Wave Dynamics in Dairy Heifers. *Reprod Dom Anim* 36(6): 301-307.
- Geary TW, Whittier JC, Downing ER, LeFever DG, Silcox RW, Holland MD, Nett TM, Niswender GD. 1998. Pregnancy rates of postpartum beef cows that were synchronized using Synchro-Mate-B or the Ovsynch protocol. *J Anim Sci* 76:1523-1527.
- Geary TW, Whittier JC. 1999. Various protocols for synchronization of estrus or ovulation using GnRH and prostaglandin. *Beef Program Report*. Dep Anim Sci, Colorado State University.
- González Fernández R. 2005. Como reducir los días vacíos. En, *Manual de Ganadería Doble Propósito*. C González-Stagnaro, E Soto Belloso (eds). Edic Astr Data S.A. Maracaibo, Venezuela 456-459.

- Hampton JH, Spitzer JC, Henricks DM, Hix BS, Higdon HL. 1999. Retention of a functional corpus luteum and peripheral concentrations of 13, 14-dihydro 15-keto-prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  following metestrus administration of Syncro-Mate-B. *J Anim Sci* 77:948-953.
- Hansel W, Beal WE. 1979. Ovulation control in cattle. In: BARC Symposia III. Anim. Reprod. p 91. Allonheld, Osmun & Co., Montclair, NJ.
- Johnson SK, Day ML. 2004. Methods to reduce or eliminate detection of estrus in a melengestrol acetate-PGF<sub>2</sub> $\alpha$  protocol for synchronization of estrus in beef heifers. *J Anim Sci* 82:3071-3076.
- Jordan ER, Pancarci SM, Schouten MJ, Thatcher WW. 2001. Use of ECP in a presynchronized timed artificial insemination protocol for lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 84(Suppl. 1):248 (Abstr.).
- Kastelic JP, Knopf L, Ginther OJ. 1990. Effect of day of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  treatment on selection and development of the ovulatory follicle in heifers. *Anim Reprod Sci.* 23: 169-180.
- Kesler DJ. 2003. Synchronization of Estrus in Heifers. *Prof Anim Scientist* 19:96-108.
- Kinder JE, Kojima FN, Bergfeld EGM, Wehrman ME, Fike KE. 1996. Progestin and estrogen regulation of pulsatile LH release and development of persistent ovarian follicles in cattle. *J Anim Sci* 74:1424-1440.
- Lamb GC, Nix DW, Stevenson JS, Corah LR. 2000. Prolonging the MGA-Prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  interval from 17 to 19 days in an estrus synchronization system for heifers. *Theriogenology* 53: 691-698.
- Larson JE, Lamb GC, Geary TW, Stevenson JS, Johnson SK, Day ML, Kesler DJ, De Jarnette JM, Landblom D. 2004. Synchronization of estrus in replacement beef heifers using GnRH, prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  (PG), and progesterone (CIDR): a multi-location study. *J Anim Sci* 82(Suppl. 1):368.
- Lemaster JW, Yelich JV, Kempfer JR, Fullenwider JK, Barnett CL, Fanning MD, Selph JF. 2001. Effectiveness of GnRH plus prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  for estrus synchronization in cattle of *Bos indicus* breeding. *J Anim Sci* 79:309-316.
- Lopes FL, Arnold DR, Williams J, Pancarci SM, Thatcher MJ, Drost M, Thatcher WW. 2000. Use of estradiol cypionate for timed insemination. *J Dairy Sci* 83 (Suppl. 1):216 (Abstr.).
- Lucy MC, Billings HJ, Butler WR, Ehnis LR, Fields MJ, Kesler DJ, Kinders JE, Mattos RC, Short RE, Thatcher WW, Wettemann RP, Yelich JV, Hafs HD. 2001. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF<sub>2</sub> $\alpha$  for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers, and dairy heifers. *J Anim Sci* 79:982-995.
- Macmillan KL, Peterson AJ. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrous synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. *Anim Reprod Sci.* 33:1-25.
- McDowell CM, Anderson LH, Lemenager RP, Mangione DA, Day ML. 1996. Synchronization of a fertile estrus in cattle using melengestrol acetate, progesterone, and PGF<sub>2</sub> $\alpha$ . *J Anim Sci* 74(Suppl. 1): 71 (Abstr.).
- McGuire WJ, Larson RL, Kiracofe GH. 1990. Syncro-Mate B induces estrus in ovariectomized cows and heifers. *Theriogenology* 34:33.
- McVey WR, Williams GL. 1989. Effects of temporary calf removal and osmotic pump delivery of gonadotropin-releasing hormone on synchronized estrus, conception to a ti-

- med artificial insemination and gonadotropin secretion in norgestomet-estradiol valerate treated cattle. *Theriogenology* 32:969-978.
- Mihm M, Baguisi A, Boland MP, Roche JF. 1994. Association between the duration of dominance of the ovulatory follicle and pregnancy rate in beef heifers. *J Reprod Fertil* 102:123-130.
- Moreira F, De la Sota RL, Díaz T, Thatcher WW. 2000. Effect of day of the estrous cycle at the initiation of a timed artificial insemination protocol on reproductive responses in dairy heifers. *J Anim Sci* 78: 1568-1576.
- Peterson CA, Huhn JC, Kesler DJ. 2000. Norgestomet and oestradiol valerate induced luteolysis is dependent upon the uterus. *Anim Reprod Sci* 58:253-259.
- Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF $2\alpha$  and GnRH. *Theriogenology* 44:915-923.
- Pursley JR, Wiltbank MC, Stevenson JS, Ottobre JS, Garverick HA, Anderson LL. 1997. Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or estrus. *J Dairy Sci* 80:295-300.
- Roa N. 2006a. El manejo reproductivo de bovinos de doble propósito en condiciones del Llano Venezolano. *Rev. INIA Divulga. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Instituto de Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maracay. Aragua. Venezuela. 7: 50-54.*
- Roa N. 2006b. Dinámica folicular ovárica y perfiles hormonales durante el ciclo estral en vacas mestizas Doble Propósito y Brahman, ubicadas en el Llano Central Venezolano, durante dos épocas del año. Tesis doctoral en Ciencias Agrícolas. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 1-134.
- Roa N, Linares T, Díaz T, Chacín Lugo F. 2006. Ondas foliculares ováricas en vacas Brahman y Mestizas (*Bos indicus*  $\times$  *Bos taurus*), ubicadas en Los Llanos Centrales Venezolanos. *Zoot Trop* 24 (3): 297-306.
- Rosenberg M, Kaim M, Herz Z, Folman Y. 1990. Comparison of methods for the synchronization of estrous cycles in dairy cows. 1. Effects on plasma progesterone and manifestation of estrus. *J Dairy Sci* 73:2870-2816.
- Sanchez T, Wehrman ME, Kojima FN, Cupp AS, Bergfeld EG, Peters KE, Mariscal V, Kittok RJ, Kinder JE. 1995. Dosage of the synthetic progestin, norgestomet, influences luteinizing hormone pulse frequency and endogenous secretion of 17 $\beta$ -estradiol in heifers. *Biol Reprod* 52: 464-469.
- Schmitt EJP, Diaz T, Drost M, Thatcher WW. 1996. Use of a gonadotropin-releasing hormone agonist or human chorionic gonadotropin for timed insemination in cattle. *J Anim Sci* 74:1084-1091.
- Sirois J, Fortune JE. 1990. Lengthening of the bovine estrous cycle with two levels of exogenous progesterone: A model for studying ovarian follicular dominance. *Endocrinology* 127: 916-925.
- Sprott LR, Wiltbank JN, Songster WN, Webel S. 1984. Estrus and ovulation in beef cows following use of progesterone-releasing devices, progesterone and estradiol valerate. *Theriogenology* 21:349-356.
- Stevenson JS, Kobatashi Y, Shipka MP, Raucholz KC. 1996. Altering conception of dairy cattle by gonadotropin-releasing hormone preceding luteolysis induced by prostaglandin F $2\alpha$ . *J Dairy Sci* 79:402-410.
- Stevenson JS, Thompson KE, Forbes WL, Lamb GC, Grieger DM, Corah LR. 2000. Synchronizing estrus and (or) ovulation in beef cows after combinations of GnRH, nor-

- gestomet, and prostaglandin F2 $\alpha$  with or without times insemination. *J Anim Sci* 78:1747-1758.
- Stock AE, Fortune JE. 1993. Ovarian follicular dominance in cattle: Relationship between prolonged growth of the ovulatory follicle and endocrine parameters. *Endocrinology* 132: 1108-1114.
- Thatcher WW, Macmillan KL, Hansen PJ, Drost M. 1989. Concepts for regulation of corpus luteum function by the conceptus and ovarian follicles to improve fertility. *Theriogenology* 31:149-164.
- Thompson KE, Stevenson JS, Lamb GC, Grieger DM, Löest CA. 1999. Follicular, hormonal, and pregnancy responses of early postpartum suckled beef cows to GnRH, norgestomet, and Prostaglandin F2 $\alpha$ . *J Anim Sci* 77:1823-1832.
- Twagiramungu H, Guilbault LA, Dufour JJ. 1995. Synchronization of ovarian follicular waves with a gonadotropin-releasing hormone agonist to increase the precision of estrus in cattle: A review. *J Anim Sci* 73:3141-3151.
- Twagiramungu H, Guilbault LA, Proulx JG, Dufour JJ. 1992. Synchronization of estrus and fertility in beef cattle with two injections of buserelin and prostaglandin. *Theriogenology* 38:1131-1144.
- Twagiramungu HL, Guilbault A, Proulx JG, Dufour JJ. 1994. Influence of corpus luteum induced ovulation on ovarian follicular dynamics in postpartum cyclic cows treated with buserelin and cloprostenol. *J Anim Sci* 72:1796-1805.
- Walker RS, Enns RM, Geary TW, Wamsley NW, Downing ER, Mortimer RG, Lashell BA, Zalesky DD. 2004. Fertility in beef heifers synchronized using a modified co-synch plus CIDR protocol with or without GnRH at timed AI. *Western Sect Anim Sci Proc* 55:3-6.
- Wehrman ME, Roberson MS, Cupp AS, Kojima FN, Stumpf TT, Werth LA, Wolfe MW, Kittok RJ, Kinder JE. 1993. Increasing exogenous progesterone during synchronization of estrus decreases endogenous 17 $\beta$ -estradiol and increases conception in cows. *Biol Reprod* 49:214-220.
- Whittier JC, Geary TW. 2000. Frequently Asked Questions About Synchronizing Estrus and Ovulation in Beef Cattle with GnRH. Blacksburg, VA.
- Xu ZZ, Burton LJ, Macmillan KL. 1997. Reproductive performance of lactating dairy cows following estrus synchronization regimens with PGF2 $\alpha$  and progesterone. *Theriogenology* 47: 687-701
- Zalesky DD, Walker S. 2003. New tools for estrous synchronization-costs and benefits. *Proceedings, The Range Beef Cow Symposium XVIII*. December, 2003. Nebraska. En: <http://www.rangebeefcow.com/speakers/presentations/Zalesky.pdf>