

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE DOS TIPOS DE DESTETE TEMPORARIO PREVIO A  
DOS PROTOCOLOS DE IATF SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS Y  
REPRODUCTIVAS EN VACAS MULTÍPARAS DE PARICIÓN TEMPRANA

por

Rodrigo FIANZA TORRES

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2021

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. Juan Bolivar Rodríguez Blanquet

-----  
Ing. Agr. Telmo Gustavo D´Amado Rilla

-----  
Dr. MSc. Carlos Batista

Fecha: 26 de abril de 2021

Autor:

-----  
Rodrigo Agustín Fianza Torres

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar el más profundo agradecimiento a mi familia, que me apoyaron en forma incondicional y fueron un pilar fundamental a lo largo de toda la carrera.

Agradecer y reconocer la labor de los Ing. Agr. Juan Bolívar Rodríguez y Telmo D'Amado, que con su apoyo, predisposición y orientación a lo largo de todo el trabajo, me formaron y permitieron que este trabajo se concretara.

Agradecer a los compañeros que compartieron y realizaron el trabajo de campo de sus tesis junto a ésta. También a todo el equipo docente y funcionarios de la Escuela Agraria Superior "La Carolina", así como a los alumnos que de alguna manera u otra colaboraron.

## TABLA DE CONTENIDO

|   | Página |
|---|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN.....   | II     |
| AGRADECIMIENTOS.....  | III    |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....   | VI     |
| <br>  |        |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....  | 1      |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....  | 2      |
| 2.1 <u>INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN BOVINOS: DEFINICIÓN Y DESARROLLO</u> .....  | 2      |
| 2.1.1 <u>Uso de inseminación artificial en el mundo y en Uruguay</u> .....  | 3      |
| 2.1.2 <u>Ventajas de usar inseminación artificial e implementar protocolos en ganadería extensiva</u> .....   | 5      |
| 2.1.3 <u>Algunos factores que pueden afectar los resultados reproductivos al implementar inseminación artificial</u> .....  | 6      |
| 2.2 <u>CICLO ESTRAL EN BOVINOS</u> .....  | 8      |
| 2.2.1 <u>Fases del ciclo estral</u> .....   | 9      |
| 2.2.2 <u>Dinámica folicular</u> .....   | 10     |
| 2.2.3 <u>Interrelaciones endocrinas y foliculares durante el ciclo estral bovino</u> .....  | 10     |
| 2.2.4 <u>Dinámica folicular durante el período del posparto</u> .....   | 11     |
| 2.3 <u>EFFECTO DE LA FECHA DE PARTO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE UN RODEO DE CRÍA Y RELACIÓN ENTRE FECHA DE PARTO - INSEMINACIÓN</u> .....                                       | 12     |
| 2.3.1 <u>Relación entre la inseminación artificial a tiempo fijo, fecha de parto y preñez total</u> .....   | 12     |
| 2.3.2 <u>Relación entre fecha de parto, anestro posparto y la fertilidad posterior</u> .....  | 13     |
| 2.3.3 <u>Relación entre fecha de parto, el peso al destete de los terneros y la productividad de por vida de las vacas</u> .....  | 17     |
| 2.3.4 <u>Influencia de la fecha de nacimiento de la ternera sobre su futura actividad productiva y reproductiva</u> .....   | 20     |
| 2.3.5 <u>Influencia de la fecha de nacimiento del ternero sobre su futura actividad productiva</u> .....  | 23     |
| 2.4 <u>DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS, RESULTADOS Y FACTORES QUE INCIDEN EN LOS PRINCIPALES PROTOCOLOS HORMONALES PARA INSEMINAR A TIEMPO FIJO</u> .....                               | 24     |
| 2.4.1 <u>Bases de los protocolos hormonales para inseminar a tiempo fijo y para sincronizar ovulaciones en vacas cíclicas e inducir ovulaciones en vacas en anestro</u> ..... | 24     |
| 2.4.2 <u>Factores que afectan los resultados de la IATF</u> .....   | 33     |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.4.3 | <u>Momento óptimo para inseminar a tiempo fijo</u> .....  | 35 |
| 2.4.4 | <u>Descripción y análisis de algunos protocolos hormonales para inseminar a tiempo fijo</u> ..... | 37 |
| 3.    | <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....   | 43 |
| 3.1   | ANIMALES .....  | 43 |
| 3.2   | SINCRONIZACIÓN / INDUCCIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO .....                          | 43 |
| 3.3   | DESTETES TEMPORARIOS Y MANEJO DE LOS TERNEROS ....  | 44 |
| 3.4   | CONDICIÓN CORPORAL, EXTRACCIÓN DE SANGRE Y DETERMINACIÓN DE CELO Y PREÑEZ.....                    | 46 |
| 3.5   | ANÁLISIS DE LABORATORIO .....   | 47 |
| 3.6   | EXPERIMENTO .....   | 47 |
| 3.7   | ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....   | 48 |
| 4.    | <u>RESULTADOS</u> .....   | 50 |
| 5.    | <u>DISCUSIÓN</u> .....  | 54 |
| 6.    | <u>CONCLUSIONES</u> .....   | 58 |
| 7.    | <u>RESUMEN</u> .....  | 59 |
| 8.    | <u>SUMMARY</u> .....  | 60 |
| 9.    | <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....   | 61 |

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No.   | Página |
|--|--------|
| 1. Número de hembras en servicio según región a las que se les realizó inseminación artificial (40% corresponde hembras bovinas y búfala) .....                        | 4      |
| 2. Comportamiento reproductivo de vacas lecheras con y sin exposición a toro .....   | 6      |
| 3. Tasas de concepción de vacas lactantes de acuerdo con el semen utilizado para la inseminación artificial a tiempo fijo .....  | 8      |
| 4. Comportamiento reproductivo por fecha de parición .....   | 14     |
| 5. Efecto del mes de parto sobre el intervalo interparto (IIP) .....   | 15     |
| 6. Efecto del mes de parto sobre la posibilidad de parir en 2 años consecutivos.....   | 16     |
| 7. Características de los terneros; 1er. parto a los 3 años.....   | 18     |
| 8. Efecto de la fecha de parto sobre la producción de por vida de la vaca en kilogramos de ternero .....   | 19     |
| 9. Efecto del grupo de parto inicial sobre la performance de los terneros de la primera parición y las subsiguientes .....   | 20     |
| 10. Efecto de la fecha de nacimiento de la ternera sobre su reproducción y caracteres de su primer ternero.....  | 22     |
| 11. Porcentaje de preñez en vaquillonas servidas en el primer o tercer celo pos-puberal.....   | 22     |
| 12. Efecto de la fecha de nacimiento del ternero sobre su comportamiento en el corral y caracteres de la carcasa .....   | 24     |
| 13. Porcentaje de vacas en celo, horas al mismo y distintos tipos de formación de cuerpos lúteos (FCL), según momento de parición (MP, exp. 1 y 2) y tratamiento ..... | 32     |
| 14. Porcentaje de preñez de vacas de parición temprana y tardía (MP) .....   | 33     |

|  |    |
|--|----|
| 15. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas multíparas.....      | 42 |
| 16. Porcentaje (%) de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas primíparas ..... | 42 |
| 17. Días parto-destete temporario y evolución de la condición corporal de las vacas y peso de los terneros en diferentes momentos .....              | 51 |
| 18. Porcentaje de celos desde la extracción del DILP hasta 24 horas antes de la IATF para el tratamiento DTC-MAP7 .....                              | 53 |
| 19. Comportamiento reproductivo y peso de los terneros en diferentes momentos en los tratamientos.....   | 51 |

Figura No.

|   |    |
|---|----|
| 1. Tasa de preñez acumulada de vacas Nelore tratadas con diferentes manejos en la estación de monta.....  | 13 |
| 2. Efecto del tamaño del folículo ovulatorio sobre la concentración de estradiol entre vacas detectadas o no detectadas en celo (24 horas antes o después de la inseminación a tiempo fijo) ..... | 36 |
| 3. Diagrama del protocolo J-Synch .....   | 40 |
| 4. Diagrama del protocolo convencional reformulado .....  | 44 |
| 5. Ternero con tablilla junto a su madre .....  | 45 |
| 6. Terneros en corral con malla plástica colocada .....   | 45 |
| 7. Terneros junto a las madres por espacio de algunas horas, el día de la colocación del DILP .....   | 48 |
| 8. Esquemas de los tratamientos: DTTN-MAP7, DTTN-MAP5, DTC-MAP7 y DTC-MAP5.....   | 48 |

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo teórico de un rodeo de cría es lograr obtener un ternero por vaca y por año, si bien en la práctica siempre hay factores que impiden alcanzarlo. El presente trabajo trató una de las problemáticas del rodeo de cría uruguayo: el bajo porcentaje de preñez en vacas con cría al pie. Para ello se implementó un método de sincronización / inducción de las ovulaciones e inseminación artificial a tiempo fijo.

El trabajo se desarrolló durante 3 años consecutivos con 192 vacas entre 4 a 9 años, paridas en la primera mitad del período de parición (parición temprana) y que se encontraban en anestro al iniciar los tratamientos. Las hembras eran de las razas Hereford y Aberdeen Angus de la Escuela Agraria Superior “La Carolina” (Flores, Uruguay). Las mismas fueron manejadas en campo natural y sin suplementación, de forma de imitar las condiciones de la mayoría de los rodeos comerciales del país.

Las vacas fueron divididas en 4 tratamientos, entre los cuales varió el tipo de destete de los terneros (con tablilla nasal o a corral) y el número de días en que permaneció colocado un dispositivo liberador de progesterona en las hembras (entre 5 y 7 días). En los resultados se analizó la performance reproductiva de las hembras y productiva de los terneros nacidos.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN BOVINOS: DEFINICIÓN Y DESARROLLO

Se pueden encontrar diversas definiciones para inseminación artificial (IA). Una de las más descriptivas fue la propuesta por Cavestany y Méndez (1993) *“la inseminación artificial es una técnica mediante la cual el semen previamente extraído de un macho y adecuadamente procesado es depositado en el tracto genital de la hembra en el momento adecuado y mediante un instrumental apropiado. El objetivo es depositar un número determinado de espermatozoides vivos en el tracto genital femenino en el momento que permita la fertilización con el óvulo”*.

La técnica comenzó a desarrollarse después de la Segunda Guerra Mundial y ha permitido la dispersión de genes de alto valor genético, fundamentalmente en ganado para leche. Dos décadas atrás, la adopción de inseminación en dicha actividad ya superaba el 80%, en países como Dinamarca, Israel y Japón (Cavestany y Méndez, 1993). Por lo que es de suponerse que en la actualidad en vacas productoras de leche, la implementación en estos países, así como en otros que no se encontró información, esté muy cercana al 100%.

En ganado de carne la implementación de esta técnica es menor, posiblemente por el carácter extensivo y limitaciones para implementarla. Dentro de las limitaciones se pueden citar a las estructurales (mangas o tamaño de potreros), el personal o fallas en la detección de celos. Varios autores definieron a la falla en la detección de celos, como el principal factor limitante en el éxito de la técnica (Rowson et al., Lauderdale Yamada, citados por Rusiñol, 2014).

Pese a la escasa información disponible en los últimos años sobre el uso de inseminación artificial en bovinos a nivel mundial, es posible que ésta haya tenido un gran desarrollo. Esto fue debido, sin la menor duda, a los nuevos protocolos hormonales y herramientas que ayudan a superar algunas de las limitaciones planteadas para ganadería extensiva.

### 2.1.1 Uso de inseminación artificial en el mundo y en Uruguay

Es escasa la información del uso de la inseminación artificial en el mundo. Posiblemente, sea la de Thibier (2005) la más confiable. Este autor muestra (Cuadro 1) que el 20% de la totalidad de hembras que hay en el mundo (cabras, cerdas, vacas, etc.) aptas para servicio, son inseminadas artificialmente, variando enormemente esta proporción para cada continente y zona. De ese total, el 40% son hembras bovinas y búfalas.

En EEUU a fines de la década de 1990, el porcentaje de vacas inseminadas para carne, era del 5% (Nahms, 1998). Se puede estimar un incremento del 1% (hasta alcanzar un 6%) en los últimos años, suponiendo 40 millones de hembras que están aptas para el servicio anualmente. En un estado ganadero de ese país como lo es Texas, Williams (1990) mostró que su uso era del 13%. Información existente para el período 2008 a 2017, se establece un incremento anual de 7,5% en el uso de la tecnología en ganado de carne (NAAB, 2017). Posiblemente estos valores se hayan incrementado en todo el mundo, debido a nuevos protocolos hormonales, fundamentalmente la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), que atenúan algunas limitaciones de la inseminación artificial convencional.

En todo el rodeo de Brasil, el uso de inseminación artificial, tuvo una evolución entre el año 2009 al 2014 del 47%. Para el mismo período, si se analiza en vacas para producción de leche, la evolución fue del 34%, mientras que en ganado para producción de carne fue del 59% (ASBIA, 2014). En el año 2017, información presentada por ASBIA, muestra que el 10% de los animales (para leche y carne) son inseminados artificialmente, y si se analiza solo el ganado para producción de carne, representa el 11,7%. Una posible explicación, puede ser la fuerte presencia de ganado cebuino, que en un porcentaje mediano a alto comienza y termina el celo en la noche (Pinheiro et al., 1998) y por tanto la determinación de celo sería muy poco efectiva. Con el uso de algunos protocolos disponibles, se reduce el número de animales sometidos a la determinación de celo.

En la región, en 2013, fueron inseminadas usando IATF 3 y 8 millones de vacas en Argentina y Brasil, respectivamente (Bó y Baruselli, 2014). Información más reciente recopilada por Bó et al. (2016), revela que en rodeos comerciales de Brasil están involucrados unos 10 millones de animales en esta técnica de IA, lo que demuestra el crecimiento que está ocurriendo.

En Uruguay, el censo 2011 mostró que el 15,8% de vacas de cría y vaquillonas son sometidas a esta tecnología, sin especificar el protocolo utilizado (MGAP. DIEA, 2011). Menchaca et al. (2013) basados en datos

oficiales de importación de insumos exclusivos para IATF, encontraron que en el período 2005 a 2011, se inseminaron por IATF unas 10 mil vacas cada año. En 2012, estos mismos autores, determinaron que se inseminaron aproximadamente unas 250 mil vacas. Pese a la escasa información disponible para la temática en Uruguay, es presumible que también se esté acompañando la tendencia mundial de incrementar el uso de inseminación artificial sobre todo, sincronizando o induciendo ovulaciones. No se encontró información en cuanto a la cantidad de semen comercializado.

Cuadro 1. Número de hembras en servicio según región a las que se les realizó inseminación artificial (40% corresponde hembras bovinas y búfala)

| Regiones            | Total de hembras potenciales (A)<br>(10 <sup>6</sup> ) | Total de hembras con IA (B)<br>(10 <sup>6</sup> ) | Relación B/A (%) |
|---------------------|--|---|------------------|
| África              | 51,58  | 0,87 (0,79%)                                      | 1,69%            |
| Norteamérica        | 45,21  | 11,20 (10,14%)                                    | 24,78%           |
| Sudamérica          | 124,46   | 1,37 (1,24%)                                      | 1,10%            |
| Europa              | 61,75  | 37,74 (34,17%)                                    | 61,11%           |
| Lejano Oriente (a)  | 236,85   | 58,18 (52,69%)                                    | 24,56%           |
| Cercano Oriente (b) | 23,43  | 1,07 (0,97%)                                      | 4,56%            |
| Total               | 543,28   | 110,43 (100,00%)                                  | 20,33%           |

(a): China, Japón, Corea, Malasia. (b): Turquía, Siria, Jordania, Israel, Irak, Palestina.

Fuente: adaptado de Thibier (2005).

### 2.1.2 Ventajas de usar inseminación artificial e implementar protocolos en ganadería extensiva

Dentro de las ventajas que presenta el uso de inseminación artificial, se encuentra la de introducir material genético costoso y exótico. Por ejemplo, el de toros que se encuentren en el extranjero o de razas poco difundidas en la región. Esta tecnología permitió el máximo aprovechamiento del macho, ya que mediante monta natural un toro anualmente puede servir alrededor de 50 hembras, en cambio, mediante inseminación, el mismo toro tiene la posibilidad de superar ampliamente esa cantidad de hembras servidas (Cavestany y Méndez, 1993).

Otra ventaja, es que se compran y/o mantienen menos toros en el predio y se evitan enfermedades venéreas. Los toros pueden lastimarse y no poder montar, romper las instalaciones o incluso lastimar al personal que trabaja con ellos.

Con los protocolos disponibles en la actualidad, es posible tener dos ovulaciones (con o sin celo en la primera) en un período de 25 días (ciclo estral =  $21 \pm 4$  días), pudiendo presentar una alta concentración de preñeces el primer día de servicio. O dicho de otra manera, se podría tener dos posibilidades de preñez donde en forma natural se obtendría solamente una. Por esta razón, algunos de los protocolos de sincronización o inducción de ovulaciones (siempre que se realicen en forma adecuada), permiten controlar la fecha de concepción y por ende la de parición. Por lo tanto, sería posible lograr que un gran porcentaje del rodeo ovule en pocas horas o días, según el protocolo elegido.

El uso de protocolos con respecto a la inseminación artificial convencional o servicio natural, a su vez permite:

- 1) acortar el período de servicio y por lo tanto agrupar las pariciones
  - a) producen terneros más homogéneos y más pesados a fecha fija
  - b) facilita la práctica de destete precoz
  - c) hacen viable una mejor asistencia, más enfocada y especializada, durante la parición
  - d) tienen un período más largo desde el parto al comienzo del servicio siguiente
- 2) posibilita un mejor control del nivel nutritivo del rodeo (pre y posparto)
- 3) se pueden evitar más fácilmente las enfermedades venéreas al evadirse muchas montas naturales
- 4) se realizaría mejor la determinación de celos que haciéndola en un esquema de inseminación artificial convencional

### 2.1.3 Algunos factores que pueden afectar los resultados reproductivos al implementar inseminación artificial

Existen varios factores que afectan los resultados reproductivos cuando se implementa inseminación artificial convencional (determinación de celo diario) o alguno de los protocolos que pretenden controlar la reproducción usando tratamientos hormonales y/o biológicos.

Uno de los factores que pueden afectar los resultados de la inseminación artificial, es el error en la determinación de celos. Pese a ello, estudios realizados por Shipka y Ellis (1999), permiten concluir que, realizando la técnica de inseminación en forma adecuada, en vacas lecheras en lactancia temprano, no existen diferencias (en las variables estudiadas), entre realizar inseminación artificial o monta natural (Cuadro 2). Los distintos tratamientos, que se llevaron adelante en el estudio fueron: inseminación artificial, vacas con toro dos veces diarias y toros en forma continua.

Cuadro 2. Comportamiento reproductivo de vacas lecheras con y sin exposición a toro

| Características reproductivas      | Sin toro | 2 veces diarias con toro | Toro continuo |
|------------------------------------|----------|--------------------------|---------------|
| % de concepción al primer servicio | 46       | 53                       | 40            |
| Servicio/concepción                | 2,1      | 2,2                      | 1,9           |
| Días vacías                        | 124      | 127                      | 111           |

Fuente: Shipka y Ellis (1999).

Sin embargo, factores como el citado previamente, la técnica del inseminador, el manejo y la calidad del semen utilizado, juegan un rol importante y no se deben descuidar para obtener buenos resultados.

La receptividad sexual o celo en bovinos es el momento en que la hembra acepta al macho o que la hembra “*queda quieta*” al ser montada por otra vaca (Foote 1975, Allrich 1993). Es importante poder determinarlo ya que refleja en qué momento del ciclo estral se encuentra cada animal y permite tomar decisiones en cuanto al momento de realizar la inseminación.

Existen diversas herramientas de distinto costo y complejidad operativa, que ayudan a la detección de celo. Algunos ejemplos son la pintura en la cola, parches o bovinos “marcadores”. Por el momento con ninguna de éstas herramientas se han obtenido resultados contundentes. El signo de celo que dio mayor porcentaje de concepción es cuando la vaca se mantiene quieta al ser montada (Reimer et al., 1985). Stevenson y Britt (1977), no obtuvieron diferencia en exactitud en la determinación de celos entre bovinos androgenizados y observación visual. Tampoco Kiser et al. (1977), en la determinación de celo entre un observador bien entrenado, toros con desviación de pene y vacas androgenizadas.

Rodríguez Blanquet et al. (1992) obtuvieron un 98% de determinación de celos del 88% teórico en una inseminación artificial sincronizada aplicando prostaglandina  $f2\alpha$  ( $PGF2\alpha$ ) el día 5 (día 0= celo) del ciclo estral. Para obtener estos resultados determinaron celo en forma visual por conducta homosexual dos veces por día con diferencia de 10 a 12 horas (mañana y tarde) por un período mínimo de 45 minutos durante 6 días. Por lo tanto, con esta forma de proceder se pueden obtener buenos resultados.

Otro factor que puede modificar los resultados en una inseminación es el semen utilizado (Cuadro 3). El semen que debe ser extraído del macho, almacenado y transportado hasta el lugar donde se lleve a cabo la inseminación. Puede sufrir daños irreversibles, por ejemplo, en la etapa de almacenamiento y transporte si supera los  $-130^{\circ} C$  ocurrirá el fenómeno denominado recristalización (Barth, 1993) y el semen perderá calidad. También el descongelamiento previo al momento de la inseminación, modifica los índices de fertilidad. Senger et al. (1976), obtuvieron los mejores resultados descongelando a  $35^{\circ} C$  y luego manteniéndolos entre  $37^{\circ} C$  y  $20^{\circ} C$ . Por tanto, estos fenómenos deben ser considerados para no afectar el semen y en definitiva los resultados de una inseminación.

El personal que lleva a cabo la inseminación debe estar capacitado y entrenado para ser capaz de aplicar la técnica de manera efectiva. Sá Filho et al. (2009) obtuvieron variaciones en porcentaje de preñez por responsabilidad del técnico inseminador que van desde el 15.1% hasta el 81.8%. La técnica de canulación, el manejo del semen y el masaje del clítoris posiblemente expliquen estas variaciones.

Hasta el momento no hay una explicación científica, pero se lograron resultados diferentes cuando se estimuló el clítoris al menos por tres segundos luego de terminar la deposición del semen. Esta técnica aumentó el porcentaje de preñez en vacas lactando, pero no en vaquillonas (Rendel et al. 1975, Short et al. 1979).

Cuadro 3. Tasas de concepción de vacas lactantes de acuerdo con el semen utilizado para la inseminación artificial a tiempo fijo

| Toro | No. | Tasa de concepción (%) |
|------|-----|------------------------|
| A    | 118 | 44,9 (53/118) a        |
| B    | 248 | 69,4 (172/248) b       |
| C    | 219 | 57,1 (125/219) c       |

Fuente: adaptado de Marques et al. (2008).

En resumen, la inseminación artificial es una técnica que se sigue desarrollando y ha superado algunas de las limitaciones que presentaba, lo que ha llevado a que su uso se esté incrementando. Si bien varios factores pueden afectar el resultado de una inseminación, presenta varias ventajas y desarrollada correctamente no presenta diferencias significativas con respecto al servicio natural, inclusive puede ser superior ya que hay disponibles protocolos donde se usan dispositivos liberadores de progestinas que hacen ovular vacas con manifestación de celo con grandes posibilidades de preñez.

## 2.2 CICLO ESTRAL EN BOVINOS

El ciclo estral es el periodo de tiempo entre un celo y el otro. El celo, es el período en que la hembra acepta al macho (receptividad sexual). También se puede definir, como el número de días que hay entre 2 ovulaciones consecutivas. Tiene una duración promedio de 21 días (rango: 17 a 25 días) y se produce en forma continua a lo largo del año, por lo que se clasifica a las hembras bovinas como poliéstricas continuas.

Está regulado por el sistema nervioso y un mecanismo hormonal que funcionan en estrecha relación, donde la información se transmite por impulsos nerviosos y sangre. Ambos sistemas tienen un centro integrador común en el que se sintetizan hormonas, el hipotálamo. Éste se conecta con la hipófisis formada por una parte anterior o adenohipófisis y una posterior o neurohipófisis.

El hipotálamo sintetiza y libera la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH). La GnRH es responsable de controlar la liberación de la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH), producidas por la adenohipófisis. La FSH se encarga del crecimiento y maduración folicular al comienzo de cada onda. La LH interviene en la maduración final del folículo

ovulatorio, ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo (CL), resultante de la ovulación.

Otros órganos involucrados son los ovarios. Los ovarios son una glándula mixta (endocrina y exocrina), tienen estructuras que cumplen la función endocrina y estructuras que al romperse liberan contenido (parte exocrina). Liberan óvulos y secretan hormonas, como estrógenos, oxitocina, inhibina y progesterona. Los estrógenos, producidos por los folículos ováricos, ejercen sus efectos principales en el útero, oviducto, vagina, vulva y sistema nervioso.

La progesterona (P4), es producida fundamentalmente por el cuerpo lúteo estructura transitoria, aunque también la produce la placenta. Esta hormona, en el útero provoca aumento en el espesor del epitelio y afecta las glándulas uterinas para que alcancen su máximo desarrollo. Finalmente interviene el útero, que produce la prostaglandina  $f2\alpha$  que interviene en el proceso de luteólisis.

### 2.2.1 Fases del ciclo estral

El ciclo estral, se puede dividir en dos fases: I) fase luteal y II) fase folicular. La primera fase (luteal) comienza con la ovulación del folículo preovulatorio y termina con la regresión del cuerpo lúteo. A medida que se desarrolla el cuerpo lúteo, las cantidades de progesterona producidas por dicha estructura comienzan a aumentar. Una función de esta hormona es ejercer una retroalimentación negativa sobre la frecuencia de pulsos de GnRH, inhibiendo la pulsatilidad de la LH.

La luteolisis es provocada por la  $PGF2\alpha$ , la que es producida por la capa más interna del útero (endometrio). La  $PGF2\alpha$  pasa de la vena uterina a la arteria ovárica por un mecanismo llamado “de contracorriente” por diferencia de concentración. En esta fase la concentración de P4 disminuye a valores basales (ya que no existe CL que la produzca). La destrucción del CL termina en la formación de una nueva estructura ovárica denominado cuerpo albicans (cuerpo blanco). En el mecanismo de la luteólisis, están involucrados tanto la progesterona como los estrógenos (que controlan los receptores de oxitocina a nivel del endometrio). La producción de la oxitocina es del propio cuerpo lúteo.

La disminución de P4 termina con la retroalimentación negativa que tenía la progesterona sobre la pulsatilidad de GnRH y LH. El pico de LH estimula el crecimiento final del folículo ovulatorio y el incremento de esta estructura ovárica en la secreción de estradiol. El aumento de esta última

hormona estimula la motilidad uterina, la apertura del cérvix, la disolución del tapón mucoso, el comportamiento de celo.

El tiempo en días desde la luteólisis hasta el comienzo del celo, se denomina proestro y su duración es de 2 a 5 días. Desde la ovulación hasta la concentración superior de progesterona, se está en presencia de la etapa metaestro (día 1 a 5). Del día 5 al 16-18 corresponde a la etapa llamada diestro. A la ovulación le sigue una hemorragia profusa y el folículo se transformara en CL.

### 2.2.2 Dinámica folicular

Una onda de crecimiento folicular se define como el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos identificables a partir de un diámetro de 4 mm (porque es cuando se visualiza con un ecógrafo con un transductor 5.0 MHz). Las ondas foliculares no solo ocurren en animales ciclando, sino que están presentes en las terneras prepúberes desde los 2 meses de edad (Evans et al., 1994), en vacas preñadas (Thatcher et al. 1991, Ginther et al. 1996), e incluso en vacas en anestro posparto (Savio et al., 1990).

Una onda folicular anaovulatoria pasa por 3 etapas. La primera de crecimiento (día 0-6), otra estática (días 6-12), durante la cual el folículo no cambia su diámetro folicular y finalmente, una etapa de regresión (día 12 en adelante).

La primera onda de desarrollo folicular, se detecta el día de la ovulación (día 0). La segunda onda comenzará el día 9 o 10 para los ciclos de 2 ondas y el día 8 o 9 en los ciclos de 3 ondas. En hembras con este último tipo de desarrollo folicular, la tercera onda emerge el día 15 o 16. Es de resaltar, que hay una gran variabilidad individual en la emergencia de la segunda onda, que comienza entre los días 6 al 12.

### 2.2.3 Interrelaciones endocrinas y foliculares durante el ciclo estral bovino

El desarrollo folicular está controlado por la secreción de hormonas provenientes de la hipófisis (LH y FSH), del cuerpo lúteo (progesterona) y de los folículos (estradiol e inhibina).

Se ha demostrado que hay una descarga de FSH antes de la emergencia de cada onda. Ésta descarga de FSH, es la responsable del reclutamiento de los folículos de una onda folicular y comienza 2 días antes de la emergencia de la misma para llegar al pico máximo un día antes o el día de comienzo de la onda.

Luego de que se desarrolla la onda folicular, el folículo dominante comienza a producir grandes cantidades de inhibina y estradiol, que actúan inhibiendo la liberación de FSH. Esto hace que los folículos subordinados comiencen a regresar.

Sin embargo, el folículo dominante adquiere la habilidad de seguir creciendo a bajos niveles de FSH. La razón puede estar relacionada con la síntesis de receptores para LH en las células de la granulosa del folículo dominante. Todos los folículos poseen receptores de LH en las células de la teca y de FSH en las células de la granulosa. Pero sólo el folículo dominante adquiere receptores de LH en las células de la granulosa. La LH se unirá a los receptores de las células de la granulosa estimulando la mayor producción de estradiol que le permitirá al folículo seguir creciendo, aunque disminuyan los niveles de FSH, se transforma en un folículo preovulatorio. Pero durante la etapa de diestro, en la cual hay alta concentración de progesterona, se afectará la frecuencia de pulsos de LH e inducirán la regresión del folículo dominante. Como consecuencia, al no haber dominancia de ese folículo, se formará otra onda folicular. Luego, cuando se produzca la luteólisis (que puede ser natural o artificial), ese folículo dominante, seguirá creciendo y ovulará. Esto se dará porque la progesterona ya no tendrá la retroalimentación negativa sobre el hipotálamo y se podrá producir el pico preovulatorio de LH, desencadenante de la ovulación.

#### 2.2.4 Dinámica folicular durante el período del posparto

El desarrollo folicular continúa luego del parto. La FSH no es una hormona limitante para el desarrollo folicular en esta etapa. Pero para que la ovulación ocurra, el folículo dominante tiene que estar expuesto a una correcta frecuencia de pulsos de LH. La inadecuada frecuencia de pulsos de LH resulta en una baja producción de andrógenos de las células tecales y por lo tanto, las células de la granulosa producen bajas cantidades de estrógenos. Al no alcanzar la concentración de estrógenos, los umbrales mínimos que desencadenan el pico preovulatorio de LH, el folículo dominante comienza a regresar (se atresia).

La presencia o ausencia del ternero también influye. Las vacas en anestro en buenas condiciones nutritivas tienen un folículo capaz de ovular, lo que no tienen es un pico adecuado de LH (Roche et al., 1992). El ternero afecta el pico de LH cuando toma la posición de amamantamiento (Griffith y Williams, 1996).

## 2.3 EFECTO DE LA FECHA DE PARTO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE UN RODEO DE CRÍA Y RELACIÓN ENTRE FECHA DE PARTO - INSEMINACIÓN

El objetivo primario para mejorar la eficiencia biológica de producción de un rodeo de cría, es obtener los mayores porcentajes de destete (Davis et al., 1983). La fecha de parto es un punto que puede traer beneficios al sistema, y por tanto ser considerado también como objetivo.

El promedio de gestación en bovinos es de aproximadamente 283 días, por tanto, si se plantea como objetivo tener un ternero por vaca por año, ésta dispone de 85 días para volver a concebir. Durante ese lapso, transcurre el período de reposo sexual, denominado anestro posparto y el reinicio de la actividad ovárica normal. El reinicio de la actividad ovárica, en las mejores condiciones, tiene un mínimo de 30 días. Por lo tanto, la hembra bovina tiene solamente 50 días para quedar preñada.

### 2.3.1 Relación entre la inseminación artificial a tiempo fijo, fecha de parto y preñez total

Una investigación realizada por Penteado et al. (2005), estudiaron los efectos que tenían diferentes manejos sobre el desempeño reproductivo de hembras Nelore, durante un período de estación de monta de 90 días (Figura 1). Un total de 597 vacas lactantes que estaban en los días 55 a 70 post parto, fueron divididas en cuatro grupos:

1- grupo IATF + toro; IATF al inicio de la estación de monta y luego toro hasta el final (No.=150).

2- grupo IATF + IA; IATF al inicio de la estación de monta, seguido por inseminación artificial con detección de celo los siguientes 45 días y luego toro hasta el final de la estación de monta (No.=148).

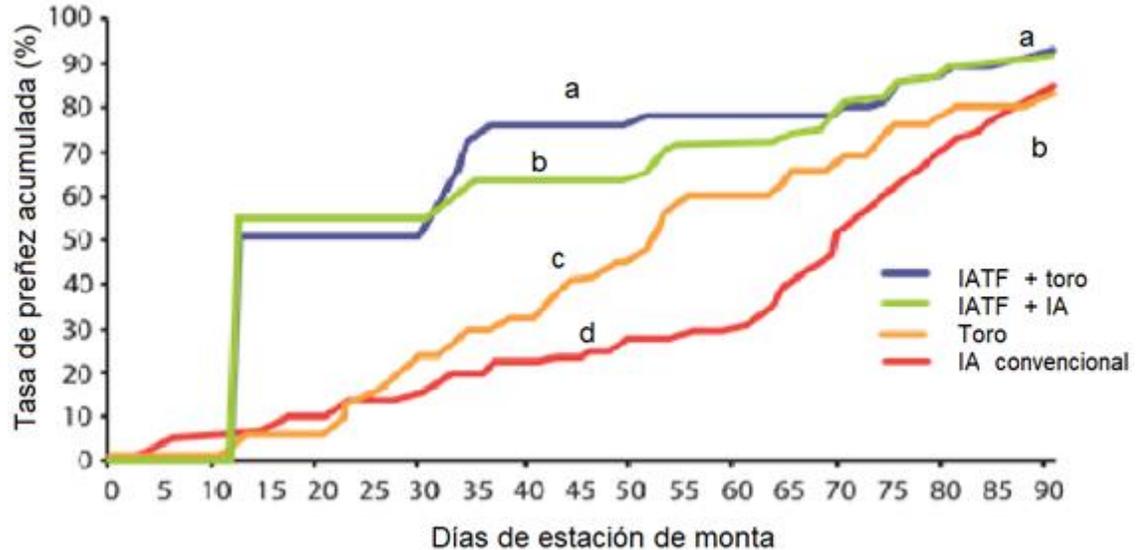
3- grupo IA convencional; inseminación artificial con detección de celo por 45 días al inicio, seguido por toro hasta el final de la estación de monta (No.=150).

4- grupo toro; solamente toro desde el inicio hasta el final de la estación de monta (No.=149).

La tasa media de preñez de los grupos tratados con IATF fue de 52,5%. Si se compara la media de preñez de los grupos donde la técnica de IATF fue aplicada con la media de los otros en los que no se empleó, se tiene respectivamente:

- a los 45 días de la estación de monta; 69,4% vs. 33,8% de preñez.
- a los 90 días de la estación de monta; 92,3% vs. 84,1% de preñez.

Figura 1. Tasa de preñez acumulada de vacas Nelore tratadas con diferentes manejos en la estación de monta



Fuente: Penteadó et al. (2005).

Estos resultados muestran que cuando el programa de IATF se desarrolla de manera exitosa, se podría esperar:

1- diferencias en la tasa de preñez final, de grupos que recibieron IATF, con respecto a los que se les realizó IA y la que se expuso a toro.

2- una mayor preñez acumulada a los 45 días de la estación de servicio, de los grupos que recibieron IATF.

Este último punto podría dar como resultado pariciones concentradas al inicio de la temporada de partos o “tempranas”. Esto influye tanto en las madres como en sus crías, tal como se desarrollará seguidamente.

### 2.3.2 Relación entre fecha de parto, anestro posparto y la fertilidad posterior

Estudios realizados por Morris (1980), mostraron que las vacas que paren más tarde, tienen un intervalo parto – 1er. celo más corto que las que paren más temprano. A esta conclusión llegó mediante estimaciones de varios autores para correlaciones y regresiones. Dentro de las estimaciones negativas, las regresiones indican un intervalo parto-1er. celo de 0,65 día más corto por cada día de retraso en el parto anterior de la vaca. Esto quiere decir que por cada 21 días más tarde que para una vaca, la fecha del primer celo posparto se adelanta en 14 días.

Hay varios factores que podrían explicar la disminución del intervalo parto-concepción a medida que se aproxima el verano (con pariciones en primavera). Estos podrían ser: el fotoperíodo (Hansen y Hauser, 1984), la nutrición (Dunn y Kaltenbach 1980, Hess et al. 2005), el efecto toro y las posibles interacciones entre ellos.

Hansen y Hauser (1984), encontraron un efecto del largo de las horas luz (fotoperíodo) sobre el intervalo parto- 1er. celo. Cuanto más largo eran las horas luz, más se disminuye el intervalo parto – 1er. celo. También a mayor estado corporal al parto el intervalo parto – 1er. celo disminuye notoriamente. Las vacas que paren tarde (con pariciones de primavera) presentan mayor estado corporal que las que paren temprano (fines de invierno, principio de primavera).

Otra explicación es la presencia del toro, que disminuye el intervalo parto – 1er. celo y parto-ovulación en las distintas categorías. Inclusive, esto ocurre cuando el toro recién tiene contacto con el rodeo a los 30 días de parida una vaca en particular (Zalenskey et al. 1984, Scott y Montgomery 1987, Alberio et al. 1987, Naasz y Miller 1987, Burns y Spitzer 1992, Retwot et al. 2000). Como se mencionó anteriormente, este y los demás factores mencionados pueden interactuar entre sí.

La reducción del intervalo entre partos, disminuye las oportunidades de celar y ovular durante la época de servicio, afectando de esta manera la probabilidad de preñez. Esto se refleja con los resultados obtenidos de Burris y Priode (1958) presentados en el Cuadro 4, donde las vacas que parieron más tarde, tuvieron menor porcentaje de preñez al siguiente año.

Cuadro 4. Comportamiento reproductivo por fecha de parición

| Período dentro de una parición de 100 días en que ocurre el parto | 1 - 20 | 21 - 40 | 40 - 60 | 61 - 80 | 81 - 100 |
|---|--------|---------|---------|---------|----------|
| Porcentaje de vacas preñadas en la estación siguiente             | 93,1   | 90,6    | 87,1    | 82,1    | 79,9     |

Fuente: adaptado de Burris y Priode (2005).

Burris y Priode (1958), estudiaron la fecha del siguiente parto, de vacas que parieron a fines de invierno - comienzo de primavera, con altos niveles de alimentación. Estos investigadores estimaron una regresión de la fecha del segundo parto sobre la fecha del primero de +0,32 días para tres razas (correlación de 0,37). Por tanto, dentro de las vacas que volvían a concebir, la vaca que parió tarde un año, tendía a parir más tarde el año siguiente.

Complementando estos trabajos, Bello y Mestre (1991), analizaron 874 registros tomados del rodeo (raza Hereford) de la Estación Experimental M. A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía (EEMAC), Uruguay, desde 1979 a 1986. El Cuadro 5 muestra el promedio de dos años de vacas paridas en los distintos meses (sin distinción de edad al parto) y el porcentaje de parición en el año siguiente. Se demuestra que las vacas que parieron temprano tenían mayor porcentaje de parición al año siguiente que las que lo hacían más tarde, es decir las vacas paridas en setiembre y octubre presentaron mayor porcentaje de parición que las de agosto, noviembre y diciembre.

Cuadro 5. Efecto del mes de parto sobre el intervalo interparto (IIP)

| Mes de parto  | No. de vacas | IIP (días) |
|---------------|--------------|------------|
| Setiembre (*) | 130          | 408 (a)    |
| Octubre       | 227          | 385 (b)    |
| Noviembre     | 104          | 360 (c)    |
| Diciembre     | 46           | 338 (d)    |

(\*): el mes de setiembre incluye los partos del mes de agosto.

a, b, c, d: letras diferentes difieren significativamente entre sí ( $p < 0,01$ ).

Fuente: Bello y Mestre (1991).

En el Cuadro 6, se observa que las vacas paridas en agosto tuvieron menor porcentaje de parición que las que parían en setiembre y octubre, aunque parieron antes. Si bien, los animales paridos en agosto no son numerosos, en la mayoría de los casos la oferta forrajera mensual del campo natural tanto en este mes, como el mes previo, es inferior a la que se tiene en los próximos dos o tres meses, por tanto, es de esperar que el nivel nutritivo preparto (condición corporal al parto) y el nivel posparto, hayan influido en estos resultados. En otras palabras, eran animales que venían saliendo del invierno, donde en la mayor parte del campo natural uruguayo, se da la menor oferta

forrajera, por lo que es de esperar la condición corporal al parto no sea la deseada, o recomendable.

Cushman et al. (2013), mostraron que las vaquillonas que parían en los primeros 21 días del período de parición, se mantenían más años en el rodeo antes de no quedar preñadas por primera vez. Mostraron que la edad cuando falla por primera vez las vacas que parían los primeros 21 días fue de 8 años, mientras que las que parieron posterior a los 43 días, fue a los 7 años. Pese a que son varios los factores que influyen sobre la fertilidad de un rodeo, este trabajo brinda otro argumento para aspirar a concentrar la mayor cantidad de partos en el inicio de la temporada de parición (primeros 21 días).

Cuadro 6. Efecto del mes de parto sobre la posibilidad de parir en 2 años consecutivos

| Mes de parto | No. de vacas | % de vacas que volvieron a parir |
|--------------|--------------|----------------------------------|
| Agosto       | 9            | 44 (b)                           |
| Setiembre    | 85           | 64 (a)                           |
| Octubre      | 304          | 61 (a)                           |
| Noviembre    | 179          | 49 (b)                           |
| Diciembre    | 83           | 53 (b)                           |

a, b: letras diferentes difieren significativamente entre sí (  $P < 0,01$ ).

Fuente: Bello y Mestre (1991).

En el estudio presentado por Penteado et al. (2005), en los grupos donde se llevó a cabo programas de IATF se obtuvieron mayores tasas de preñez acumuladas a los 45 días, con respecto a la monta natural o inseminación artificial convencional. Es decir, las vacas pertenecientes a los grupos en los que se implementó IATF, el mayor porcentaje logró preñarse antes, por lo que es de esperar que se den pariciones más temprano.

En conclusión, las vacas que paren temprano tienen mayor tiempo (días) de intervalo interparto (Bello y Mestre, 1991), disminuyendo las posibilidades de entrar en anestro posparto y mejor condición corporal al entore. En los trabajos realizados por Burris y Priode (1958), las vacas paridas temprano obtuvieron mayor porcentaje de preñez en el siguiente entore. Con respecto a las vaquillonas que logran parir temprano, del trabajo de Cushman et

al. (2013), se concluye que permanecen más años en el rodeo antes de fallar por primera vez. Finalmente implementar IATF, fue una herramienta que permitió aumentar la preñez acumulada a los 45 días de la estación de servicio (Penteado et al., 2005), lo que significa contar con mayores posibilidades de que se den pariciones tempranas.

### 2.3.3 Relación entre fecha de parto, el peso al destete de los terneros y la productividad de por vida de las vacas

En este ítem, se describe que sucede con el crecimiento de los terneros según su fecha de nacimiento. Morrow y Brinks (1968) agruparon los partos y evaluaron el comportamiento de cada ternero de acuerdo a su fecha de nacimiento (Cuadro 7). El trabajo incluyó datos de 20 años de nacimientos al destete. Los investigadores conformaron sus grupos de estudio en vacas que paren a los 2 o 3 años. De estos grupos, realizaron una subdivisión en función de la fecha de parición. El primer subgrupo contemplaba a animales paridos los primeros 20 días, el segundo del día 21 al 40 y así sucesivamente cada 20 días; hasta el quinto grupo, que contempla animales paridos del día 81 al 100. El subgrupo “temprano” corresponde a animales que parieron antes de la fecha fijada como “cero”; mientras que el subgrupo “tardío” corresponde a animales que parieron posterior al día 100.

Los resultados obtenidos por el grupo conformado por animales cuyo primer parto es a los 3 años, son similares a los obtenidos por animales cuyo primer parto fue a los 2 años de edad. Por tanto, se presenta el de animales cuyo primer parto fue con 3 años de edad.

Las conclusiones de este trabajo, se asemejan con el realizado por Lesmeister et al. (1973, Cuadro 7). En este caso los investigadores agruparon las vacas según la fecha de parición de su primer ternero. Es decir, si una vaca paría su primer ternero en una fecha tal que pasaba a integrar, por ejemplo, el grupo 2, aunque el parto del siguiente ternero correspondiere por fecha al grupo 4, su peso al destete se incluía en el grupo 2, y así por el resto de la vida de esa vaca. Una vez que la vaca fallaba era eliminada del grupo de estudio. Este trabajo se realizó en dos rodeos, y los resultados fueron similares.

La conclusión de ambos trabajos es que el ternero que nace temprano, a una fecha fija de destete, pesa más que el que nace tarde. La explicación es que tienen más edad (Cuadros 4, 5 y 7), sin considerar la ganancia diaria al pie de su madre.

Otra conclusión que se evidencia en estos trabajos (Cuadros 4 y 5) es que los terneros nacidos temprano tenían mayor ganancia de peso que los

tardíos (Cuadro 8). Esto puede ser debido a que los terneros nacidos más temprano, y por tanto más viejos, consumen mayor cantidad de pasturas y leche que los terneros más jóvenes. La vaca que pare tarde puede producir gran cantidad de leche desde el comienzo de la lactancia, presumiblemente por tener diferentes condiciones corporales al parto (mayor condición en las paridas entrada la primavera). Pese a esto, el ternero no tiene la capacidad física para consumir esa mayor cantidad de leche producida. La capacidad de consumir leche por el ternero puede ser el factor limitante de la producción de leche de la madre (Gleddie y Berg, 1968), esto lleva a que la producción de leche baje rápidamente. Con respecto a las pasturas, el ternero nacido temprano, cuando está en condiciones de poder consumirlas y aprovecharlas, es de suponer que tenga a disposición más cantidad y calidad de las mismas. Por tanto, estos dos hechos pueden explicar las mayores ganancias de peso en los terneros nacidos temprano. Esto, sumado a que los terneros paridos temprano tienen más edad (días) a una fecha fija de destete, les permite lograr mayores pesos hasta este momento.

Cuadro 7. Características de los terneros; 1er. parto a los 3 años

| Fecha de parto | No. de terneros | Días al nacimiento | Ganancia diaria (kg) | Peso al destete (kg) | Edad de destete (días) | % de pérdida |
|----------------|-----------------|--------------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------------|
| Temprana       | 4               | 51                 | 0,571                | 179                  | 259                    | 7,5          |
| 1              | 250             | 90                 | 0,744                | 195                  | 220                    | 12,8         |
| 2              | 141             | 107                | 0,703                | 175                  | 204                    | 13,5         |
| 3              | 61              | 125                | 0,658                | 153                  | 185                    | 16,4         |
| 4              | 38              | 145                | 0,671                | 143                  | 165                    | 21,1         |
| 5              | 11              | 159                | 0,662                | 132                  | 151                    | 18,2         |
| Tardía         | -               | -                  | -                    | -                    | -                      | -            |

Fuente: adaptado de Morrow y Brinks (1968).

Del trabajo de Lesmeister et al. (1973), otra conclusión es, que las vacas que paren temprano, tienen mayor producción de kilos de ternero de por vida (Cuadro 9). Esta diferencia de peso al destete se da solamente en el primer ternero y no en los resultantes de las pariciones siguientes, donde no existen diferencias estadísticamente significativas en dicha variable. Por tanto, el peso del primer ternero es el responsable de la mayor producción de kilos de ternero. Una posible explicación podría ser, que las vacas paridas en el primer período a la siguiente parición, comenzaban a mezclarse con los otros grupos de parición. Morrow y Brinks (1958) publicaron las mismas conclusiones, pero según ellos la razón de que las vacas que parían su primer ternero temprano eran más productivas por el resto de su vida, era porque seguían pariendo temprano.

Cuadro 8. Efecto de la fecha de parto sobre la producción de por vida de la vaca en kilogramos de ternero

| Fecha de parto | No. partos registrados durante vida | No. terneros | Peso destete (kg) | Edad destete (días) | Ganancia diaria (kg) |
|----------------|-------------------------------------|--------------|-------------------|---------------------|----------------------|
| Temprano       | 5,1                                 | 77           | 202               | 211                 | 0,80                 |
| 1              | 4,1                                 | 264          | 197               | 206                 | 0,80                 |
| 2              | 5,4                                 | 244          | 189               | 201                 | 0,81                 |
| 3              | 5,1                                 | 138          | 186               | 195                 | 0,80                 |
| 4              | 4,6                                 | 65           | 184               | 195                 | 0,76                 |
| Tarde          | 5,3                                 | 16           | 171               | 190                 | 0,72                 |
|                |                                     |              | **                | **                  | **                   |

\*\* Nivel de significación ( $p < 0,01$ ).

Fuente: adaptado de Lesmeister et al. (1973).

Cuadro 9. Efecto del grupo de parto inicial sobre la performance de los terneros de la primera parición y las subsiguientes

| Fecha de parto | Primer parto |                      |                      | Pariciones siguientes |                      |                      |
|----------------|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
|                | No.          | Peso al destete (kg) | Ganancia diaria (kg) | No.                   | Peso al destete (kg) | Ganancia diaria (kg) |
| Temprano       | 15           | 214                  | 0,78                 | 62                    | 191                  | 0,77                 |
| 1              | 64           | 193                  | 0,74                 | 200                   | 196                  | 0,80                 |
| 2              | 45           | 182                  | 0,77                 | 199                   | 197                  | 0,82                 |
| 3              | 27           | 167                  | 0,75                 | 111                   | 194                  | 0,82                 |
| 4              | 14           | 157                  | 0,73                 | 51                    | 189                  | 0,78                 |
| Tarde          | 3            | 128                  | 0,67                 | 13                    | 183                  | 0,67                 |
|                |              | **                   | NS                   |                       | NS                   | NS                   |

\*\* Nivel de significación ( $p < 0,01$ ) (NS: la diferencia no es significativa).

Fuente: adaptado de Lesmeister et al. (1973).

#### 2.3.4 Influencia de la fecha de nacimiento de la ternera sobre su futura actividad productiva y reproductiva

Uno de los trabajos realizados sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las terneras según su fecha de nacimiento, fue el de Funston et al. (2012). En el estudio, los investigadores dividieron la progenie según su fecha de parto en 3 grupos; nacidas en los primeros 21 días, entre los 21 y 42 días y otro grupo que agrupaba las terneras nacidas luego del día 43. Las terneras nacidas en el primer período tenían 16 días más de edad que las del segundo grupo y 36 días más que las del tercero. Los resultados muestran que el peso al destete decrecía a medida que avanzaba el período de nacimiento (219, 213 y 197 kg). Esta diferencia de peso al destete se siguió manteniendo a través del tiempo y se refleja en los pesos pre-servicio. A su vez, esta diferencia

podría explicar las que existieron en el porcentaje de vaquillonas ciclando normalmente al comienzo del servicio. King et al. (1983), obtuvieron un valor de -0,51 para la regresión de edad a la pubertad sobre la edad de los terneros al destete. Es decir, a mayor edad al destete, menor edad a la pubertad.

En el trabajo, hubo una relación entre los pesos pre-servicio obtenidos, con el porcentaje de preñez obtenido en las vaquillonas nacidas en el primer (90%), segundo (86%) y tercer (78%) período de nacimiento ( $p < 0,02$ ). A su vez, las vaquillonas del primer grupo lograron quedar preñadas antes. Esta "rapidez" se constata mediante la fecha del subsiguiente parto (días 68, 73 y 75;  $p < 0,01$ ) y se corrobora en el porcentaje que luego paren en los primeros 21 días (81%, 69% y 65%;  $p < 0,01$ , Cuadro 10). El porcentaje de preñez luego del primer ternero fue similar en los 3 grupos (93%, 90% y 84%;  $p = 0,20$ ), por lo que es posible suponer que el resto de sus vidas productivas no tendrían diferencias en esa variable. Sin embargo, los trabajos de Lesmeister et al. (1973), García Paloma et al. (1992), muestran que la mayor producción de por vida de las vacas que paren temprano se debe solamente al peso al destete del primer ternero. Por lo tanto, se podría asumir también que esa ternera que nació de una madre parida en los primeros 21 días sería más productiva por el resto de su vida.

Otro trabajo que complementa lo expuesto es el de Arias et al. (1978) que determinaron para vaquillonas cruza (5/8 a 3/4 Hereford) y Brahman puras, correlaciones positivas y muy altas entre el peso a los 10 meses (destete), a los 22 meses y el peso de entore (25 meses). En otras palabras, las vaquillonas más pesadas a los 10 meses resultan en general más pesadas a los 22 meses, de la misma forma que entre los 22 meses y en el entore (25 meses). En el estudio no se manifestó crecimiento compensatorio, por lo que la fecha de parto resulta ser el factor primordial en los resultados obtenidos.

El hecho de ser más pesadas y tener más edad al destete, por nacer en los primeros días de la parición, implica que estos animales logren llegar antes a la pubertad (King et al., 1983). Por lo tanto, es de suponer que hayan ciclado mayor número de veces que los animales nacidos con posterioridad. Esto se relaciona con el trabajo realizado por Byerley et al. (1987), quienes mostraron que las vaquillonas que eran servidas en su tercer celo obtenían un porcentaje superior de preñez respecto a las que lo hacían en su primer celo (Cuadro 11). Por lo tanto, es de esperar, que las vaquillonas nacidas con anterioridad, hayan ciclado más veces y puedan obtener superiores porcentaje de preñez que las nacidas posterior.

Cuadro 10. Efecto de la fecha de nacimiento de la ternera sobre su reproducción y caracteres de su primer ternero

| Fecha de parto (período)                                   | 1     | 2     | 3     | valor p |
|--|-------|-------|-------|---------|
| No.  | 651   | 304   | 64    |         |
| <b>Caracteres del nacimiento al destete</b>                |       |       |       |         |
| Fecha de nacimiento, día del año                           | 77 a  | 93 b  | 113 c | <0,01   |
| Peso al destete (kg)                                       | 219 a | 213 b | 197 c | <0,01   |
| <b>Caracteres del servicio al porcentaje de preñez</b>     |       |       |       |         |
| Peso pre-servicio (kg)                                     | 296 a | 292 b | 276 c | <0,01   |
| Ciclando al comenzar el servicio (%)                       | 70 a  | 58 b  | 39 c  | <0,01   |
| Peso al diagnóstico de preñez (kg)                         | 373 a | 371 a | 358 b | <0,01   |
| Peñez (%)  | 90 a  | 86 a  | 78 b  | <0,02   |
| <b>Caracteres del parto al fin del período de parición</b> |       |       |       |         |
| Peso parto (kg)  | 429   | 430   | 418   | 0,06    |
| Fecha de nacimiento, día del año                           | 68 a  | 73 b  | 75 b  | <0,01   |
| Paridas en los primeros 21 días (%)                        | 81 a  | 69 b  | 65 b  | <0,01   |
| <b>Caracteres de la ternera y su progenie al destete</b>   |       |       |       |         |
| Peso de la vaca (kg)                                       | 419   | 422   | 422   | 0,68    |
| Peso del ternero (kg)                                      | 193   | 189   | 186   | 0,10    |
| Preñez luego del primer ternero (%)                        | 93    | 90    | 84    | 0,20    |

a, b y c: diferentes letras en las columnas difieren significativamente entre sí.

Fuente: adaptado de Funston et al. (2012).

Cuadro 11. Porcentaje de preñez en vaquillonas servidas en el primer o tercer celo pos-puberal

| Tratamiento | Porcentaje de preñez (No. preñadas / No. total) |
|-------------|---|
| Primer celo | 57 (36/63) a                                    |
| Tercer celo | 78 (35/45) b                                    |

a, b: diferentes letras en las columnas difieren significativamente entre sí ( P< 0,05).

Fuente: adaptado de Byerley et al. (1987).

En resumen, una vaca o vaquillona que pare en los primeros 21 días de parición, es más productiva a lo largo de toda su vida reproductiva, así como su

progenie. Producirá terneros más pesados al destete, a diferencia de los terneros nacidos con posterioridad y estas diferencias en peso se mantendrán en etapas posteriores; a la faena (si se realizara a fecha fija) en los terneros, o en el pre servicio para el caso de las terneras (muy importante para servir vaquillonas más jóvenes). Existe una tendencia a que las vacas que parieron temprano lo sigan haciendo en los próximos servicios, lo que implicaría seguir retroalimentando esta tendencia. Finalmente, Penteado et al. (2005), demostraron que implementar IATF en un rodeo, permite lograr mayores porcentajes de preñez acumulada a los 45 días de la época de servicio, a que si se realizara IA convencional y/o se utiliza toro. De esta manera, la IATF contribuye a que las pariciones se den en los primeros 21 días del periodo de parición, con los resultados productivos y reproductivos ya desarrollados.

### 2.3.5 Influencia de la fecha de nacimiento del ternero sobre su futura actividad productiva

En estudios realizados por Funston et al. (2012), se analiza el efecto sobre los terneros nacidos en diferentes períodos durante la parición. La conclusión del trabajo fue similar en cuanto al peso al destete. Los terneros nacidos en los primeros 21 días, resultaron 13 kg más pesados al destete que los nacidos entre los días 22 y 42, y 34 kg más pesados que los nacidos en el tercer periodo (Cuadro 12).

En el estudio no se encontraron diferencias en ganancia diaria ni en consumo ( $p=0,81$ ) entre los grupos. También se mantuvieron las diferencias de peso entre los grupos a peso final en el corral y peso de carcasa (la faena se realizó a fecha fija para todos los grupos del experimento). El engrasamiento se dio antes en el primer grupo de parición, por tanto y como se evidencia en los resultados obtenidos, es lógico que el primer grupo tenga más grasa en la carcasa. La razón es que este grupo de terneros, nacidos en el primer período, tienen más edad y son más pesados a una fecha fija

Cuadro 12. Efecto de la fecha de nacimiento del ternero sobre su comportamiento en el corral y caracteres de la carcasa

|  | Fecha de parto |        |        | valor p |
|--|----------------|--------|--------|---------|
|  | 1              | 2      | 3      |         |
| No.  | 431            | 287    | 53     |         |
| <b>Caracteres del nacimiento al destete</b>  |                |        |        |         |
| Fecha de nacimiento (día del año)            | 73 a           | 91 b   | 116 c  | <0,01   |
| Peso al destete                              | 238 a          | 225 b  | 204 c  | <0,01   |
| <b>Caracteres en el corral</b>               |                |        |        |         |
| Ganancia diaria (kg/día)                     | 1,64           | 1,64   | 1,66   | 0,81    |
| Peso final (kg)                              | 590 a          | 580 b  | 562 c  | <0,01   |
| Consumo de MS (kg/día)                       | 8,13           | 8,12   | 8,13   | 0,97    |
| <b>Caracteres de la carcasa</b>              |                |        |        |         |
| Peso de la carcasa (kg)                      | 372 a          | 365 b  | 353 c  | <0,01   |
| Grasa en la 12a. costilla (cm)               | 1,35 a         | 1,29 a | 1,19 b | <0,01   |
| Grasa total (%)                              | 30,6 a         | 30,0 b | 29,2 c | <0,01   |
| Veteado del músculo<br>(MSA. marbling score) | 569 a          | 544 b  | 519 c  | <0,01   |

a, b, c: diferentes letras en las columnas difieren significativamente entre sí.

Fuente: adaptado de Funston et al. (2012).

## 2.4 DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS, RESULTADOS Y FACTORES QUE INCIDEN EN LOS PRINCIPALES PROTOCOLOS HORMONALES PARA INSEMINAR A TIEMPO FIJO

El objetivo de este capítulo, es describir los distintos protocolos de IATF y los factores a considerar para obtener resultados exitosos. Si bien algunos protocolos logran mejorar los resultados reproductivos, ninguno reemplaza un correcto manejo nutricional y sanitario ni mejoran por sí mismos el porcentaje de celos diarios, ni tampoco la fertilidad del rodeo (Bavera, 2005).

### 2.4.1 Bases de los protocolos hormonales para inseminar a tiempo fijo y para sincronizar ovulaciones en vacas cíclicas e inducir ovulaciones en vacas en anestro

Los actuales programas de inseminación artificial a tiempo fijo, se basan en controlar la dinámica folicular, inducir la regresión del cuerpo lúteo e

inducir la ovulación de un folículo dominante. Para lograrlo, se consideran básicamente cuatro componentes:

1) exposición por un corto período a una fuente exógena de una progestina (progesterona natural o progestágeno).

2) inyectar estrógeno o GnRH al momento de comenzar el tratamiento para que se atresie (con estrógeno) u ovule (con GnRH) el folículo que esté presente en ese momento y comience el crecimiento de una nueva onda folicular (crear un folículo “fresco”).

3) inyectar PGF2 $\alpha$  al momento de la extracción de la progestina. En una publicación reciente Pfeifer et al. (2014), mostraron que la PGF2 $\alpha$  podría ser usada para inducir y sincronizar ovulaciones en protocolos de IATF. Ésta hormona tiene la capacidad de lisar el cuerpo lúteo y de esta forma se quita la retroalimentación negativa de la progesterona sobre la salida de la LH. Esta propuesta requiere más investigación.

4) Inyectar estrógeno, GnRH y/o destete temporario para inducir la ovulación.

Con respecto al primer punto, “exposición por un corto período de una fuente exógena de una progestina (progesterona natural o progestágeno)”, el objetivo es generar un “ambiente” con alta concentración de progesterona, de tal manera que exista retroalimentación negativa sobre la frecuencia de pulsos de GnRH y se inhiba la pulsatilidad de la LH.

El uso de progestinas solas, ha tenido éxito en algunos estudios estimulando la reactivación de los ciclos estrales en vacas para carne, amamantando (Fike et al., 1997), pero no en otros (Saiduddin et al. 1968, Brown et al. 1972, Lucy et al. 2001). Los resultados de los trabajos revisados, no permiten llegar a conclusiones coincidentes.

Con respecto a los diferentes dispositivos liberadores de progestinas disponibles en el mercado uruguayo, los estudios consultados tampoco permiten concluir la superioridad de uno sobre el resto. Alberio et al. (1999b), no obtuvieron diferencia en porcentaje de celos y porcentaje de no retorno luego de la IATF usando un dispositivo intravaginal para vacas (CIDR) nuevo, CIDR reutilizado y una esponja artesanal impregnada con 250 mg de acetato de medroxiprogestero (MAP). Guerra et al. (2011), tampoco obtuvieron diferencia estadística en porcentaje de preñez a los 30 días de la IATF al comparar la esponja artesanal similar a la utilizada por Alberio et al. (1999b) y un dispositivo comercial (Pro Ciclar). Bó et al. (2002) compararon otros dos dispositivos intravaginales liberadores de progesterona (CIDR y DIV) no teniendo diferencia en las variables reproductivas por ellos estudiadas. Sin embargo, Perry et al. (2004), publicaron que el uso del CIDR fue más efectivo

que el uso del progestágeno oral (acetato de melengestrol), en iniciar la ciclicidad en vacas en anestro y prevenir ciclos cortos.

La concentración de progesterona de los dispositivos, es otro de los puntos en el que hasta el momento no se ha arribado a resultados coincidentes. Scándolo et al. (2011), concluyeron que el porcentaje de concepción en vacas lecheras difiere según la concentración de progesterona que presenten al momento de la inseminación artificial. Contrariamente otros investigadores no encontraron diferencia en porcentaje de concepción por usar diferentes dispositivos intravaginales y con diferente concentración de progesterona (Alberio et al. 1999b, Cutaia et al. 2001, Stahringer et al. 2001, Carcedo et al. 2003, Aviles et al. 2005, Balla et al. 2005, Fonseca et al. 2011).

En conclusión, del cúmulo de trabajos consultados, no se arriba a resultados contundentes sobre qué fuente o dispositivo, ni con qué concentración de progesterona, se obtienen los mejores resultados reproductivos en todas las situaciones (vacas secas, amamantando, vaquillonas, etc.).

Con respecto al segundo punto: “inyectar estrógeno o GnRH al momento de comenzar el tratamiento”, el objetivo es que se atresie (con estrógeno) u ovule (con GnRH) el folículo que esté presente en ese momento y comience el crecimiento de una nueva onda folicular (crear un folículo “fresco”).

La aplicación solamente de progestinas por muchos días en vacas ciclando, puede traer como consecuencia baja fertilidad (folículo persistente). Esto se podría explicar por defectos en el transporte de los espermatozoides y por mala calidad del ovocito (Mihm et al. 1994, Smith y Stevenson 1995). Por ello, es necesario sincronizar la onda folicular. De esta forma, después de remover el dispositivo liberador de progestinas, todas las vacas tendrían al mismo momento un folículo en crecimiento (folículo “fresco”) y con capacidad de ovular un ovocito viable.

Para sincronizar la onda folicular, se pueden utilizar dosis farmacológicas de estrógenos y progestinas o GnRH para inhibir las gonadotropinas circulantes (LH y FSH). De esta forma se induce la atresia u ovulación (según se use benzoato de estradiol o GnRH) de los folículos en crecimiento y comienza el crecimiento de una nueva onda folicular. En una serie de experimentos (Bó et al. 1995, 1996, Caccia y Bó 1998) demostraron que el tratamiento con progestinas y estradiol 17b o benzoato de estradiol administrado en cualquier momento del ciclo estral, induce el crecimiento sincrónico de una nueva onda folicular entre el 3º. y 5º. día. En los años siguientes, se publicó que no era necesario inyectar una progestina al momento

de la inserción de los dispositivos intravaginales, por lo menos con CIDR o DIV (Bó et al. 2000, Cutaia et al. 2001, Whittaker et al. 2002). Es decir, solo con estrógeno se obtenían resultados similares que con estrógeno-progesterona. Por otra parte si se usa GnRH, la emergencia de la onda folicular se da al 1º. o 2º. día (Martínez et al., 2002).

Sin embargo, en vacas en anestro existen trabajos con resultados contradictorios. Viñoles et al. (2000) utilizaron una esponja de poliuretano impregnada con MAP y una inyección de benzoato de estradiol al momento de la inserción de la esponja, en vacas en anestro con cría al pie y no provocaron la emergencia de una nueva onda folicular, no registrando diferencia con el grupo control. Quinteros et al. (2000) mostraron que podían sincronizar la onda folicular usando un dispositivo intravaginal igual al anterior e inyectando 2 mg de BE y 40 mg de MAP. También Rivera et al. (1998) trabajando con vacas para carne en anestro posparto con progestina y benzoato de estradiol al inicio de un tratamiento, obtuvieron mayor sincronización de las ondas foliculares que en las que solo usaron la progestina. Por tanto, en vacas en anestro, los resultados no son del todo claros.

Aunque la GnRH y el estrógeno tienen el mismo fin (sincronizar la onda folicular) su acción es diferente. El estrógeno induce la atresia del folículo y sincroniza la emergencia de una nueva onda folicular alrededor del 4º. día de suministrado. La GnRH induce un pico de LH y ovulación del folículo dominante (en caso de haber uno presente) y la emergencia de una nueva onda folicular alrededor de 1 a 2 días más tarde. Al hacer ovular ese folículo y si hubiese otro cuerpo lúteo, se pueden tener 2 cuerpos lúteos; el del ciclo anterior y el cuerpo lúteo originado por la aplicación de GnRH (cuerpo lúteo accesorio). En vacas en anestro con cría al pie, en las que se inyectó GnRH al momento que se insertó un CIDR, los porcentajes de preñez fueron similares entre las vacas que ovularon y las que no lo hicieron, en respuesta al tratamiento inicial de GnRH (Stevenson et al., 2003a). Esto pone en duda el uso de GnRH en este tipo de hembras al comienzo del tratamiento.

Finalmente, es necesario “inyectar estrógeno, GnRH y/o realizar un destete temporario para inducir la ovulación”. De diversos trabajos, se concluye que dar un estímulo para inducir el pico de LH (sea con GnRH o estrógeno) después de la exposición a una progestina es clave para asegurar la ovulación tanto en vacas en anestro como en vacas ciclando normalmente. Fike et al. (1997), trabajaron con vacas en anestro y obtuvieron 71% de cuerpos lúteos de fase lútea normal y 4% de ciclos cortos al usar una progestina (CIDR) e inyectar 1 mg de benzoato de estradiol a las 24 horas de haber extraído el dispositivo. Sin embargo, cuando usaron solo el dispositivo intravaginal, sus resultados fueron 55% y 5% de cuerpos lúteos de fase lútea normal y ciclos cortos

respectivamente. Bó et al. (2001) obtuvieron resultados similares usando otra progestina, Sincro Mate B (SMB). También Smith et al. (1987), lograron incrementar el porcentaje de vacas que ovularon inyectando GnRH 50 horas luego de la extracción de una progestina (SMB), respecto a usar solo la progestina.

En lo que respecta al momento de la aplicación de benzoato de estradiol una vez retirada la progestina, existe discrepancia en la bibliografía. Esto es, debido a que el momento de ovulación puede depender del estado de ciclicidad, categoría, raza, momento del año, entre otros factores. Alberio et al. (1999a), Ross et al. (2004), sobre vacas en anestro, obtuvieron los mismos resultados en el porcentaje de concepción (medido como % de no retorno) y ovulación, al inyectar benzoato de estradiol a las 0 y 24 horas luego de extracción de la progestina. Un aspecto que podría haber afectado los resultados en esta investigación, es que la inseminación a tiempo fijo se realizó a las 48 horas de haber extraído los dispositivos y no entre 52 a 56 horas como normalmente es recomendado en estos casos (protocolo convencional). De lo contrario, en vacas ciclando Cutaia et al. (2001), Stahringer y Vispo (2005), encontraron mayor sincronización de las ovulaciones cuando se inyectaba benzoato de estradiol a las 24 horas de retirar la progestina. Sorarrain et al. (2005) obtuvieron mayor porcentaje de preñez cuando se aplicaba benzoato de estradiol a las 24 horas de la extracción del dispositivo con progestina y se inseminaba a las 48 horas de la extracción del mismo, que cuando se aplicaba el benzoato de estradiol al momento de retiro de éste y la IATF se realizaba a las 32 horas. Sin embargo, Zapiola et al. (2005), no obtuvieron diferencia en porcentaje de preñez cuando inyectaron benzoato de estradiol al momento de retiro del dispositivo y a las 24 horas del mismo. En el primer caso, se inseminó entre las 47 a 50 horas y en el segundo, entre 52 a 55 horas. Ésta similitud en el porcentaje de preñez a los 30 días, se podría explicar por el hecho de que se inseminó más cerca del momento de ovulación que lo realizado por Sorarrain et al. (2005).

Otro tema que se investigó, ha sido la dosis de benzoato de estradiol utilizada al retiro del dispositivo liberador de progestina. A nivel comercial, se recomienda 1 mg de benzoato de estradiol para todas las categorías y estados fisiológicos. Sin embargo, Alberio et al. (1999a), mostraron que aplicando 0.450 o 0.700 mg de benzoato de estradiol no había diferencia en las variables reproductivas por ellos estudiadas.

En resumen, es necesario un estímulo para inducir un pico de LH. Una de las formas es, inyectando benzoato de estradiol. Sin embargo, la bibliografía consultada no permite arribar a resultados contundentes y aplicables a todas las

situaciones en lo que respecta a la dosis ni el momento de suministrar el benzoato.

Además del benzoato de estradiol, varios grupos de investigadores han obtenido resultados similares en porcentaje de preñez usando cipionato de estradiol (CPE) suministrado en el momento de la extracción del dispositivo liberador de progestina. Estos resultados se han obtenido en vacas *Bos indicus* amamantando (Stahringer y Vispo 2005, Meneghetti et al. 2009, Sales et al. 2012), vacas *Bos taurus* amamantando (Rocha et al. 2005, Uslenghi et al. 2014) y en vaquillonas y vacas secas *Bos taurus* para carne (Callejas et al. 2005, Veiga et al. 2011a, Veiga 2011b, Menchaca et al. 2013). Sin embargo, en otros estudios realizados con vaquillonas para carne usando cipionato de estradiol, Callejas et al. (2011a, 2011b), obtuvieron gran dispersión de las ovulaciones y menores porcentajes de preñez. Lo distintivo de esta hormona es que se metaboliza más lentamente que el benzoato de estradiol. De esta forma, puede ser suministrado al momento de retirar el dispositivo, lo que evita que el ganado pase nuevamente por las mangas. En vacas secas y amamantando para carne de razas británicas, Uslenghi et al. (2014), no encontraron diferencia en porcentaje de preñez entre usar cipionato y benzoato, aplicados en dos oportunidades diferentes, en el grupo de vacas amamantando. Pero sí en vacas secas (CPE=49%; BE=61%). Esto podría ser explicado por la gran distribución de ovulaciones que mostró el tratamiento de CPE con respecto al BE que tiene relación con las variaciones en la presentación de los celos. Las vacas tratadas con BE ovularon entre 54 y 78 horas luego de la remoción del dispositivo liberador de progestina, lo cual tienen una gran probabilidad de quedar preñadas si se realizara la IATF entre 52-54 horas después de la remoción del dispositivo. En cambio, las vacas tratadas con CPE ovularon entre 42 y 90 horas luego de la remoción del dispositivo. Si se considera que la viabilidad del ovocito varía entre 6-10 horas, las vacas que ovularán a las 42 horas de la remoción del dispositivo tendrían poca probabilidad de quedar preñadas al momento de llegar el semen debido a la vida media del ovocito. Así mismo, las vacas que ovularon a las 90 horas de la remoción del dispositivo, también tendrían poca probabilidad de quedar preñadas en este caso, por la viabilidad del semen que varía entre 12 a 30 horas.

En resumen, suministrar cipionato de estradiol al momento de la extracción del dispositivo liberador de progestina, evita pasar el ganado por las mangas, el día posterior de la extracción (cuando se recomienda inyectar benzoato de estradiol). Uslenghi et al. (2014), mostraron que en vacas de razas británicas amamantando, no hay diferencia entre aplicar uno u otro estrógeno. Sin embargo, sí las hay, en vacas secas, posiblemente por la distribución de las ovulaciones que presentó este grupo. En la bibliografía, se encuentran beneficios adicionales del benzoato de estradiol, como son, la mejora en el

porcentaje de celos, el incremento de la concentración de estrógeno alrededor del período preovulatorio, el incremento y sincronización de la ovulación y que posiblemente aumente el canal del cérvix, facilitando la canulación en el momento de la inseminación artificial.

Otro estímulo sobre el cual se investigó cómo podría afectar los resultados de la inseminación artificial a tiempo fijo, fue el destete. En vacas que amamantan la frecuencia de pulsatilidad de GnRH es baja (Williams et al., 1996), no permitiendo a los folículos ováricos entrar en la fase final de desarrollo que precede a la ovulación. Shively y Williams (1989) demostraron, que la separación física del ternero de su madre incrementaba la pulsatilidad de LH y la ovulación. Por lo tanto, esta práctica podría contribuir a mejorar los porcentajes de preñez de la inseminación.

Rodríguez Blanquet et al. (2005), realizaron trabajos con benzoato de estradiol conjuntamente a un destete temporario a corral de corta duración. Los investigadores utilizaron una esponja de poliuretano artesanal con un progestágeno por espacio de 7 días, suministrando 2mg de BE a la colocación de la misma. Su estudio consistió en tres tratamientos sobre vacas en anestro con cría al pie, durante tres años en dos rodeos de cría de dos localidades, Flores y Salto. En uno de los tratamientos, se inyectó 0.5 mg de benzoato de estradiol a las 24 horas de retirar el dispositivo intravaginal artesanal (MAP+BE). En otro, un destete temporario (DT) que consistió, en la separación física de los terneros de sus madres por espacio de cinco días, desde el momento de la extracción de la esponja artesanal (MAP+DT). En el restante, inyectaron 0.5 mg de benzoato de estradiol a las 24 horas de retirar el dispositivo y destete, desde el momento de la extracción, por espacio de cinco días (MAP+BE+DT). Estos tres tratamientos se repitieron en vacas de parición temprana y tardía (Cuadro 13). De los tres tratamientos, con el de inyectar benzoato de estradiol y destete temporario por cinco días luego de la esponja con un progestágeno (MAP+BE+DT), se produjeron los mejores resultados en porcentaje de celos (%C.), porcentaje de formación de cuerpo lúteo total (% FCL total) de fase luteal normal (% FCL de fase luteal normal) y menor tiempo en horas desde la extracción de la esponja a la manifestación de celo respecto a los otros dos tratamientos, únicamente en el grupo de vacas de parición temprana. Sin embargo, en vacas de parición tardía, no se presentaron diferencias significativas en las variables analizadas, posiblemente, debido a que éste grupo se haya favorecido por un efecto en la nutrición (Hess et al., 2005), el fotoperíodo (Hansen y Hauser, 1984), y sus posibles interacciones.

En otro estudio, Rodríguez Blanquet et al. (2009), implementaron el tratamiento MAP+BE+DT del experimento citado previamente. El mismo fue desarrollado durante dos años, en dos empresas agropecuarias, con diferentes

categorías de animales, distintos intervalos desde el parto a la aplicación de la progesterina y diferentes condiciones corporales al momento de la aplicación del dispositivo intravaginal, en dos grupos de vacas divididos entre parición temprana y tardía. Sin embargo, en esta ocasión, el grupo de vacas de parición temprana (MP temprana) en anestro con cría al pie los resultados de preñez (ecografía a los 30 días de la IATF) fueron 14% y 8% en el testigo (No.=582,  $p < 0.05$ , Cuadro 14). Otros investigadores, también han obtenido resultados poco alentadores, al aplicar un destete temporario de corta duración a la extracción del dispositivo (Geary et al. 2001, Pinheiro et al. 2009). Las razones de los magros resultados se presume sean varias, entre ellos, el no haber sincronizado la onda folicular, el tipo de progesterina usada, la forma y dosis suministrada, la duración de la exposición (días), número de días posparto al momento de aplicar la progesterina, no haber aplicado  $PGF2\alpha$  aunque las vacas estaban en anestro (Pfeifer et al., 2014), categoría, raza, momento de realizar la IATF y el nivel nutritivo de la vaca. Rodríguez Blanquet et al. (2009), no obtuvieron diferencias estadísticas entre los grupos al realizar el mismo tratamiento en vacas de parición tardía y los resultados fueron 46% y 45% (Cuadro 14). El grupo de investigadores, atribuye los resultados a que el grupo testigo posiblemente haya sido favorecido por efecto de nutrición (Hess et al., 2005), fotoperíodo (Hansen y Hauser, 1984), el efecto toro y todas sus posibles interacciones.

Otro estímulo sobre el que se investigó fue el uso de eCG que incrementa el tamaño del cuerpo lúteo (por estimulación del crecimiento del folículo dominante) y por ende la concentración de progesterona en la siguiente fase luteal (Nuñez - Olivera et al., 2014). Esto está relacionado a una disminución de la mortalidad embrionaria y por lo tanto mayor porcentaje de preñez (Jinks et al. 2013, Madsen et al. 2015). Marquezini et al. (2013), utilizaron eCG combinado a un destete temporario, sin embargo y pese a los argumentos teóricos, en los resultados del estudio no se evidenció un efecto aditivo sobre la fertilidad.

Cuadro 13. Porcentaje de vacas en celo, horas al mismo y distintos tipos de formación de cuerpos lúteos (FCL), según momento de parición (MP, exp. 1 y 2) y tratamiento

|                          | MAP+ BE   | MAP+ DT    | MAP+BE+DT |
|--------------------------|-----------|------------|-----------|
| % C                      |           |            |           |
| MP temprana (exp. 1)     | 40 c      | 20 b       | 76 a      |
| MP tardía (exp. 2)       | 52        | 60         | 68        |
| Horas                    |           |            |           |
| MP temprana (exp. 1)     | 60c ± 7,9 | 70b ± 20,4 | 54a ± 9,5 |
| MP tardía (exp. 2)       | 45 ± 14,8 | 39 ± 10,2  | 42 ± 8,5  |
| % FCL total              |           |            |           |
| MP temprana (exp. 1)     | 25 b      | 32 b       | 56 a      |
| MP tardía (exp. 2)       | 80        | 86         | 93        |
| % FCL fase luteal normal |           |            |           |
| MP temprana (exp. 1)     | 7 b       | 11 b       | 33 a      |
| MP tardía (exp. 2)       | 49        | 50         | 63        |

a, b, c: valores con diferente letra en la fila difieren significativamente entre sí (p<0.05).

En resumen, de la bibliografía consultada, no se puede determinar un procedimiento único que permita obtener el mayor porcentaje de preñez y que se aplique a todas las situaciones. Este tema requiere más investigación.

Cuadro 14. Porcentaje de preñez de vacas de parición temprana y tardía (MP)

| MP temprano |                |                |              |
|-------------|----------------|----------------|--------------|
| Tratamiento | Preñez 30 días | Preñez 60 días | Preñez final |
| I           | 14 a           | 42             | 56 a         |
| II          | 8 b            | 41             | 68 b         |
| MP tardío   |                |                |              |
| Tratamiento | Preñez 30 días | Preñez 60 días | Preñez final |
| I           | 45             | 58             | 59           |
| II          | 46             | 66             | 71           |

a, b: las variables seguidas en la columna por diferentes letras, difieren significativamente entre sí ( $p < 0.05$ ). MP temprano; MP tardío: momento de parto.

Fuente: Rodríguez Blanquet et al. (2009).

#### 2.4.2 Factores que afectan los resultados de la IATF

Son varios los factores que afectan los resultados de una IATF, si bien la nutrición es uno de los factores determinantes (Stevenson et al., 1989). En diferentes trabajos se demostró que la nutrición reflejada en el estado corporal al momento de aplicar la IATF, afectó los resultados de preñez. Cutaia et al. (2003), obtuvieron 46,5% de preñez en vacas con estado corporal de 2 (escala, 1-flacas; 5- gordas), mientras que en vacas con estado promedio de 3 fue de 57,7% ( $p < 0,0001$ ). Sin embargo en este trabajo no se obtuvieron diferencias significativas entre los estados corporales 3, 4 y 5. Stevenson et al. (2015), también obtuvieron diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos de vacas con diferentes estados corporales (escala, 1-muy flacas; 9-muy gordas). Los resultados de preñez fueron 46,1% y 41,7% (estado corporal mayor y menor a 5, respectivamente).

Otro factor que afectó los resultados de la IATF, fue el número de días posparto al momento de aplicar la progesterona. Stevenson et al. (2015),

observaron que las vacas con más de 72 días posparto al comenzar el protocolo de IATF tuvieron 46,9% de preñez, mientras que las que tenían menos de 72 días, lograron 40,9% de preñez ( $p < 0,05$ ). Similares resultados fueron obtenidos por otros investigadores (Lamb et al. 2001, Cutaia et al. 2003, Rodríguez Blanquet et al. 2005, 2009, Stevenson et al. 2015).

Stevenson et al. (2015), obtuvieron diferencias significativas ( $p=0,05$ ) al analizar vacas primíparas o multíparas. El resultado de preñez de vacas en anestro amamantando con el protocolo Co-Synch fue de 44% en vacas multíparas mientras que en primíparas fue de 34,4% ( $p < 0,05$ ).

Los investigadores encontraron que existió una interacción triple entre los factores mencionados. El índice de preñez fue máximo cuando el estado corporal fue mayor a 5 (1-muy flacas; 9-muy gordas), las vacas fueron multíparas y el tiempo desde el parto al inicio del tratamiento de IATF fue mayor a 72 días.

Por otra parte, Cutaia et al. (2003) encontraron diferencias en vacas cruzas índicas y británicas; menor porcentaje de preñez en razas índicas. Estiman que esta diferencia estaría relacionada a su temperamento, fisiología reproductiva y condiciones ecológicas a las que fueron expuestas.

Diversos trabajos demuestran, que el estado fisiológico es un factor que influye en los resultados de preñez (Stevenson y Britt 1977, Lamb et al. 2001, Dobbins et al. 2009). Cutaia et al. (2003), Stevenson et al. (2003b) obtuvieron mayor porcentaje de preñez a la IATF en vacas ciclando normalmente que en vacas en anestro.

Por otra parte, el tiempo que permanece el dispositivo liberador de progestinas entre 7 a 9 días, en ensayos realizados tanto en vacas ciclando como con cría al pie, no resultó un factor determinante sobre los resultados de preñez. Varios investigadores no encontraron diferencias estadísticamente significativas en porcentajes de preñez entre usar dispositivos por 7, 8 o 9 días (Chesta et al. 2005, Balla et al. 2005, Scena et al. 2005, Stevenson et al. 2015).

En resumen, el factor de mayor impacto sobre los resultados de una IATF es la nutrición. Otros factores, son el número de días pos parto al cual se aplica la progestina, la categoría (primípara o multípara), la raza y el estado fisiológico. Además de las posibles interacciones entre ellos.

### 2.4.3 Momento óptimo para inseminar a tiempo fijo

En la mayoría de los programas de inseminación artificial, el momento de realizar la inseminación, está determinado en relación al momento en que se detecta el celo. Por ello, se debe considerar la duración del celo (0 a 18 horas), el momento de ovulación con respecto al inicio del celo (30 horas), la viabilidad del semen (12 a 30 horas) y del ovocito (6 a 10 horas) y la duración del transporte del semen (4 a 8 horas).

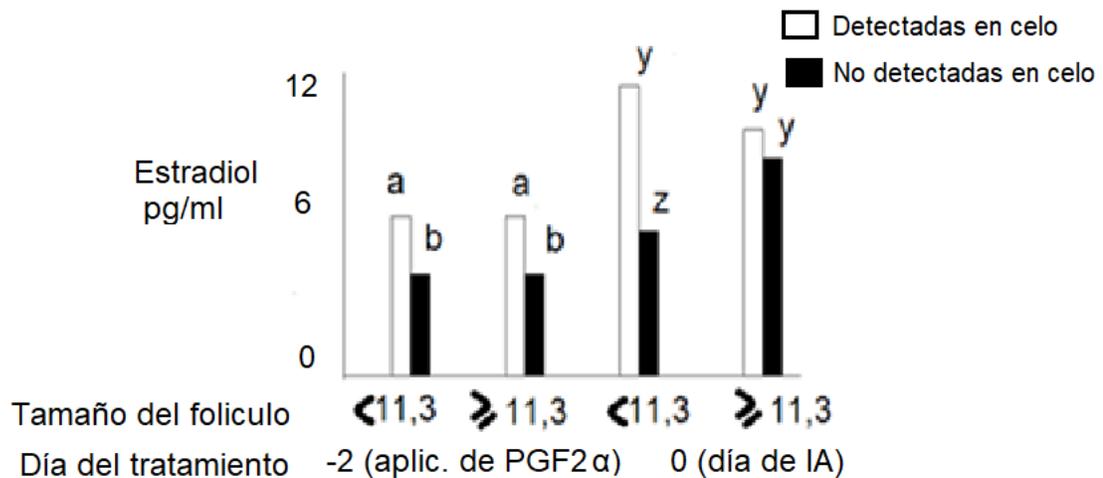
Exámenes frecuentes de los ovarios de vacas tratadas con un protocolo convencional, muestran que desde la extracción del dispositivo liberador de progestinas a la ovulación, hay en promedio de 66 horas (Cutaia et al. 2003, Ramos et al. 2011). Para la misma variable otros investigadores, publicaron un rango de 72 a 108 horas (Martínez et al., 2000) y en vaquillonas, 72 a 84 horas (Bó et al., 2001). Estas diferencias pueden ser debidas al número de horas entre exámenes consecutivos.

Varios trabajos muestran que vacas en anestro o ciclando normalmente y de diferentes edades, no hay mayores diferencias en inseminar a tiempo fijo entre 48 a 56 horas de haber extraído el dispositivo intravaginal. Este tiempo, corresponde al momento de realizar la IATF en el protocolo convencional. Los resultados promedio de preñez del protocolo convencional, son del 50% (Bó et al. 2001, Cutaia et al. 2003, Callejas et al. 2011a, Zaballa et al. 2011). Sin embargo, cuando se inseminó a las 72 horas, los porcentajes de preñez obtenidos fueron superiores, 74% (Dick et al., 2010) y 71% (Rodríguez Blanquet et al., 2017).

Los folículos de pequeño diámetro que se inducen a ovular, como sucede mayoritariamente en el protocolo convencional, tienen menos posibilidad de ser fertilizados en una IATF (Vasconcellos et al. 2001, Lamb et al. 2001, Perry et al. 2005, Mussard et al. 2007). Éstos folículos, producirán cuerpos lúteos con menor producción de progesterona que redundará en menores porcentajes de preñez (Vasconcellos et al., 2001). Perry et al. (2005) obtuvieron menor porcentaje de preñez y mayor mortalidad embrionaria cuando vía GnRH, indujeron a ovular folículos de diámetro menores a 11,3 mm. Los autores atribuyen estos resultados a la menor concentración de estradiol el día de la inseminación (Figura 2), y la menor secreción y concentración de progesterona luego de la inseminación. En éste mismo trabajo pero cuando los folículos ovularon naturalmente, los autores no encontraron efectos negativos sobre la fertilidad en folículos menores a 11,3 mm. Una posible explicación es, que dichos folículos pueden tener un bajo número de células grandes (responsables del 80% de la producción de progesterona, Niswender et al., 1985), pero debido a la alta concentración de estradiol dado por el folículo

precedente, logran producir una adecuada producción de progesterona. Welsh et al. (1983) demostraron que la cantidad de estradiol producida por el folículo dominante tiene relación con la síntesis de progesterona del cuerpo lúteo siguiente luego de la estimulación de la gonadotrofinas.

Figura 2. Efecto del tamaño del folículo ovulatorio sobre la concentración de estradiol entre vacas detectadas o no detectadas en celo (24 horas antes o después de la inseminación a tiempo fijo)



a, b, y, z: valores con diferente letra difieren significativamente ( $p < 0,02$ ).  
PGF2α: prostaglandina f2α.

Fuente: Perry et al. (2005).

La Figura 2, muestra que las vacas no detectadas en celo e inducidas a ovular folículos menores a 11,3 mm, tenían menor concentración de estradiol el día de la IATF, a diferencia de las vacas inducidas a ovular folículos de mayor tamaño ( $p < 0,02$ ). Por otro lado, las vacas que mostraron celo, el tamaño del folículo no afectó la concentración de estradiol el día de la IATF. Por lo tanto, el mostrar celo representó mayor concentración de estradiol, que se relaciona con la posterior producción de progesterona, menor mortalidad embrionaria y mayor porcentaje de preñez, independientemente del tamaño del folículo.

En resumen, para obtener los mayores resultados de preñez, se debe procurar, que el tamaño del folículo inducido a ovular sea del mayor tamaño posible, para que los animales muestren un celo claro y con mayor concentración de estradiol el día de la IATF. El estradiol está relacionado con la producción de progesterona posterior, la que se vincula con la mortalidad embrionaria y el índice de preñez final obtenido. Además, el estradiol tiene

efectos sobre el transporte de esperma, regula su motilidad y preserva la viabilidad (Perry et al., 2017). También, Perry et al. (2017), demostraron que elevados niveles de estradiol tuvieron un efecto en el transporte de glucosa utilizada para el crecimiento y desarrollo del embrión. En conclusión, investigadores obtuvieron los mejores resultados de preñez cuando inseminaron a las 72 horas de haber extraído el dispositivo liberador de progestina. Con proestros más largos existe un mejor desarrollo del folículo pre ovulatorio, mayor tamaño de este folículo, altos niveles de estradiol, mejor preparación del ambiente uterino, y concentraciones superiores de progesterona por producción del cuerpo lúteo en el ciclo subsiguiente (Bridge et al., 2010).

#### 2.4.4 Descripción y análisis de algunos protocolos hormonales para inseminar a tiempo fijo

Los protocolos hormonales actuales para inseminar a tiempo fijo buscan controlar la dinámica folicular, inducir la regresión del cuerpo lúteo y por último inducir la ovulación de un folículo dominante. En este punto se describirán diferentes protocolos, sus particularidades y resultados.

Si bien en muchos países no es posible utilizar sales de estradiol, en la región, uno de los protocolos más usados se basa en el uso de progestágenos y estradiol. Éste se denomina “protocolo convencional” y comienza con la inserción de un dispositivo intravaginal liberador de progestina (día 0), por 7 días. Al momento de la inserción, se aplica una dosis de benzoato de estradiol (2 mg). Al día 7 se extrae el dispositivo liberador de progestinas y se aplica una dosis luteolítica de PGF<sub>2</sub> $\alpha$  y cipionato de estradiol. En caso de que se use benzoato de estradiol, debe ser inyectado a las 24 horas (día 8) de la extracción del dispositivo. La inseminación se realiza a las 52-56 horas de la remoción del dispositivo (día 9 a la tarde). En países donde está prohibido el uso de benzoato de estradiol, se sustituye esta hormona por GnRH al inicio y al momento de la IATF. Con este protocolo, se obtienen resultados aproximados al 50% de preñez (Cutaia et al., 2003).

Se han desarrollado otros protocolos en los que se modifica la duración del proestro, los cuales alargan el intervalo de 48/54 hs (como es en el tratamiento convencional) o 50/66 hs (como es en el protocolo Co-Synch de 7 días) a 72 hs. Con proestros más largos existe un mejor desarrollo y tamaño del folículo pre ovulatorio, altos niveles de estradiol y concentraciones superiores de progesterona en el próximo ciclo estral (Bridge et al., 2010). Recientemente en EEUU se propuso el protocolo denominado Co-Synch de cinco días, en el cual la tasa de preñez alcanzada en promedio fue mayor al 60% en estudios realizados en 23 establecimientos de tres estados diferentes de los Estados

Unidos. Es decir, se incrementa la tasa de preñez un 10% aproximadamente, en vaquillonas de carne en comparación con el Co-Synch de siete días (Bridges et al., 2008). En otro estudio, Wilson et al. (2010), compararon el protocolo Co-Synch de siete días (IATF 66 horas después de la retirada del CIDR) frente al Co-Synch de cinco días (IATF 72 horas tras la retirada del CIDR), pero no observaron diferencias en la tasa de preñez, quedando finalmente preñadas el 67% de las vacas de carne.

El protocolo Co-Synch de cinco días, inicia con una dosis de GnRH junto a la colocación de un dispositivo liberador de progestinas. Al quinto día, se extrae el dispositivo y se inyecta PGF2 $\alpha$ . La inseminación se realiza a las 72 horas junto con una aplicación de GnRH. La primer dosis de GnRH resulta en la luteinización u ovulación de los folículos según su tamaño, y posterior emergencia de una nueva onda (Thatcher et al. 1989, Macmillan y Thatcher 1991, Twagiramungu et al. 1994, 1995). La emergencia de la nueva onda folicular, al utilizar GnRH, se da al primer o segundo día de aplicada (Martínez et al., 2002). Estudios realizados por Rhodes et al. (1995) demostraron, que la concentración de estradiol en la vena cava fue mayor a los tres días de la emergencia del folículo dominante de la primera onda folicular, por lo que al quinto día del tratamiento y al momento de aplicar la PGF2 $\alpha$ , el folículo estaría en su momento de máxima producción y concentración de estradiol.

Sin embargo, la eficiencia de la GnRH, varía de acuerdo al animal (vaca o vaquillona) y del estado del ciclo estral en que se encuentre (Pursley et al. 1995, Atkins et al. 2008), alcanzando hasta un 60% de respuesta (Geary et al., 2000). Los animales que inician el protocolo y se encuentran en la etapa de metaestro (día 1 a 5) o diestro tardío (días 13 a 17) del ciclo estral, no responden a la dosis de GnRH inicial. Cuando se inicia el tratamiento con GnRH y en el momento en los animales no hay un cuerpo lúteo presente, se producirán folículos persistentes y de baja fertilidad, si el largo de permanencia del dispositivo fuese mayor a cinco días (Austin et al., 1999); razón por la cual en este protocolo se propuso acortar de 7 a 5, los días de permanencia del dispositivo.

Por otro lado, entre la aplicación de la primera dosis de GnRH y la inyección de PGF2 $\alpha$ , existe la posibilidad de que aquellos cuerpos lúteos accesorios (producto de la respuesta ovulatoria a la primer dosis de GnRH), no regresen y por esta razón se deban aplicar 2 dosis de PGF2 $\alpha$  para conseguirlo. Kasimanickam et al. (2009) demostraron que al usar dos dosis de PGF2 $\alpha$  con diferencia de 7 horas, mejoraron los resultados reproductivos. Sin embargo, resulta poco práctico, ya que el ganado debería quedar encerrado o pasar nuevamente por las mangas y se tendrá que asumir nuevamente el costo de esta hormona. De todos modos la necesidad de una segunda dosis, no está

totalmente definida. En un trabajo realizado por Cruppe y Day (2011), en cuatro localidades, el porcentaje de preñez de vaquillonas a las que se les suministraron análogos de PGF2 $\alpha$  (lutalise) en una y dos dosis, obtuvieron resultados similares: 52% y 52,7% de preñez respectivamente. Si bien el protocolo no lo establece, una forma de incrementar los resultados de preñez, sería determinar celo e inseminar con regla am/pm desde la extracción del dispositivo intravaginal a la mañana antes de realizar la IATF, de forma de “capturar” las hembras que ovulan de inmediato.

Otro grupo de investigadores liderados por el Dr. Gabriel Bó propuso un nuevo protocolo denominado J-Synch. A diferencia de los protocolos en los que se utiliza GnRH al inicio del tratamiento, este protocolo comienza con la colocación de un dispositivo liberador de progestinas y el suministro de 2 mg de benzoato de estradiol. Otra diferencia es, que el dispositivo liberador de progestinas, permanece por espacio de seis días y al momento de la extracción se aplica una dosis luteolítica de PGF2 $\alpha$ . Al noveno día, o sea a las 72 horas de la extracción del dispositivo (realizada el día 6), se aplica GnRH y se realiza la IATF (Figura 3). En este caso, al usar benzoato de estradiol, en lugar de utilizar GnRH para sincronizar la onda, no se producirá un cuerpo lúteo accesorio por lo que no sería necesario inyectar una segunda dosis luteolítica de PGF2 $\alpha$ . Además con el uso de benzoato de estradiol se atresia casi el 90% de los folículos dominantes de las vacas y provoca la emergencia de la siguiente onda entre el cuarto o quinto día (Martínez et al., 2000).

En diferentes trabajos realizados en vaquillonas durante la primavera, los resultados en porcentaje de preñez obtenidos con el protocolo J-Synch fueron similares a los obtenidos con el protocolo convencional (% J-Synch vs. % Convencional): 53% vs. 52% (Chesta et al., 2017); 47% vs. 49% (Pelassa et al., 2017); 71% vs. 75 % (Rentarías et al., 2017); 61% en ambos casos (Erbiti et al., 2017).

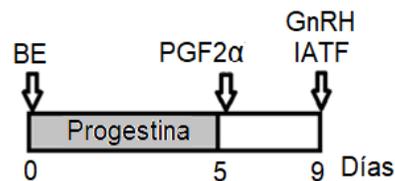
De la Mata et al. (2015), experimentaron determinando e inseminando los animales detectados en celo, entre la extracción del dispositivo intravaginal y antes de la IATF. Si bien esta práctica no está establecida por el protocolo, los condujo a obtener incrementos significativos en los porcentajes de preñez total luego de la IATF, 46,5% en el protocolo convencional y 67,9% en el trabajo realizado por De la Mata et al. ( $p < 0,09$ ). Por lo tanto, ésta medida combinada al protocolo J-Synch, permite incrementar los porcentajes de preñez.

Una modificación al protocolo descrito, fue propuesta por el Dr. Menchaca. El protocolo inicia en la tarde con la colocación de un dispositivo liberador de progestina junto con 2 mg de benzoato de estradiol (día 0). La tarde del día 6, se extrae el dispositivo, inyecta una dosis comercial de PGF2 $\alpha$  y

pinta la cola de las vacas (Rodríguez Blanquet et al., 2015). Las hembras despintadas se consideran que mostraron celo y se inseminan la mañana del día 9 (66 horas desde la extracción del dispositivo), sin la aplicación de GnRH. Al resto de las hembras, que tienen la pintura intacta, se les realiza IATF junto con una dosis de GnRH, la tarde del día 9 (72 horas desde la extracción del dispositivo).

La tendencia ha sido, buscar sincronizar e inseminar en el momento óptimo el mayor número de animales posibles, dentro de un mismo rodeo. Con esta misma idea, el grupo de Rodríguez Blanquet, propuso el “protocolo convencional reformulado” (Figura 4). Este protocolo inicia con el suministro de 2 mg de benzoato de estradiol al mismo momento en que se aplica un dispositivo liberador de progestinas por espacio de siete días. Al momento de la extracción se aplica una dosis luteolítica de PGF2 $\alpha$  (día 7). El día 8 (mañana y tarde) y en la mañana del día 9, se determina celo. A las vacas detectadas en celo se las insemina con la regla am/pm. Esto posibilita no perder ninguna oportunidad de preñez previa a la IATF. Las vacas que no hayan sido detectadas en celo y por tanto no inseminadas hasta ese momento (mañana del día 9), se inyectan con 0,5 mg de benzoato de estradiol y al día siguiente se les realiza la IATF (día 10).

Figura 3. Diagrama del protocolo J-Synch



BE: benzoato de estradiol  
 PGF2 $\alpha$ : prostaglandina f2  $\alpha$   
 IATF: inseminación artificial a tiempo fijo.

En este protocolo, al utilizar benzoato de estradiol el día 0, en lugar de GnRH, presenta las ventajas ya discutidas. Una de ellas es que no se generan cuerpos lúteos accesorios, por tanto no son necesarias dos dosis de PGF2 $\alpha$ . Otra es, que se atresian casi el 90% de los folículos dominantes (Martínez et al., 2000), frente al 60% (Geary et al., 2000) obtenido con GnRH. Finalmente, el benzoato de estradiol facilita la canulación debido a su característica de incrementar el diámetro del canal cervical.

Como se describió, en el protocolo convencional reformulado el benzoato de estradiol se inyecta el día 9 y no el 8 (como sucede en el protocolo convencional), lo que representa dos días posteriores a haber extraído el

dispositivo liberador de progestinas. De este modo, en el protocolo convencional reformulado, se estaría induciendo a ovular folículos no tan pequeños y con mayor producción de estradiol, lo que repercute positivamente en el índice de preñez. Por otro lado, el benzoato de estradiol provoca la emergencia de la siguiente onda alrededor del cuarto día (Martínez et al., 2000) y en los folículos la máxima producción de estrógenos se da a los tres días de emergidos (Rhodes et al., 1995); por lo tanto, el tiempo de permanencia de la progestina por siete días, en teoría se estima que se obtendrían los mejores resultados.

En resumen, las diferentes combinaciones entre hormonas e intervalos de tiempo utilizados, han dado origen a los diferentes protocolos hormonales para inseminar a tiempo fijo. Para sincronizar la onda, el uso de benzoato de estradiol frente a GnRH, presenta la ventaja de no generar un cuerpo lúteo accesorio, y que atresia casi el 90% de los folículos dominantes (frente al 60% obtenido por usar GnRH). Al utilizar esta hormona, debido al tiempo en que se originan los nuevos folículos y que maximizan su producción de estradiol, realizar la extracción de la progestina y aplicación de PGF2 $\alpha$  el día siete del tratamiento, en teoría se obtienen los mejores resultados. Desde la extracción del dispositivo al día de la IATF, pueden aparecer animales en celo, por lo tanto la detección de celo o el uso de toros en este lapso de tiempo sería una medida que permitiría mejorar los porcentajes de preñez final. Con respecto al tiempo desde la extracción de la progestina a la IATF, los mejores resultados se han obtenido con 72 horas, tiempo sugerido por el “protocolo convencional reformulado”, ya que la IATF en este protocolo se realiza el día 10.

Figura 4. Diagrama del protocolo convencional reformulado



BE: benzoato de estradiol  
 PGF2: prostaglandina f2 alfa  
 IATF: inseminación artificial a tiempo fijo.

Diversos investigadores han trabajado en el efecto y la interacción que tienen diferentes prácticas de manejo. Berardinelli et al. (2007), Tauck y Berardinelli (2007), obtuvieron respuestas positivas sobre el comportamiento reproductivo al unir el “efecto toro” a tratamientos hormonales. También

Menchaca et al. (2005), en vacas multíparas (Cuadro 15) y Rodríguez Blanquet (2008a), en primíparas (Cuadro 16) publicaron resultados muy auspiciosos al incluir en forma conjunta destete precoz en programas de IATF.

Cuadro 15. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas multíparas

| Tratamiento | Preñez el 1º. día de la IATF | Preñez en los primeros 30 días de servicio |
|-------------|------------------------------|--|
| DP          | 0% (0/47) a                  | 51% (24/47) a                              |
| IATF        | 35% (16/46) c                | 48% (22/46) a                              |
| IATF + DP   | 56% (26/46) b                | 78% (36/46) b                              |

a, b: las variables seguidas en la columna por diferentes letras, difieren significativamente entre sí ( $p < 0,05$ ).

Fuente: Menchaca et al. (2005).

Entonces, las prácticas de manejo como el destete precoz o el efecto toro (según los trabajos presentados) incrementan el porcentaje de preñez final lograda y la preñez obtenida los primeros días del programa.

Cuadro 16. Porcentaje (%) de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas primíparas

| Tratamiento | % de preñez en primeros 10 días de la IATF | % de preñez en los primeros 30 días de servicio |
|-------------|--|---|
| DP          | 19 (4/27) a                                | 81 (22/27)                                      |
| DP + IATF   | 50 (11/22) b                               | 77 (17/22)                                      |

a, b: las variables seguidas en la columna por diferentes letras, difieren significativamente entre sí ( $p < 0,05$ ).

Fuente: adaptado de Rodríguez Blanquet (2008a).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ANIMALES

El experimento se realizó durante tres años consecutivos con 192 vacas entre 4 a 9 años, que habían parido en la primera mitad del período de parición (parición temprana). Las hembras eran de las razas Hereford y Aberdeen Angus y pertenecían a la Escuela Agraria Superior “La Carolina” (CETP, UTU, ANEP) (Flores, Uruguay). Las mismas se manejaron en campo natural sin ningún tipo de suplemento. Las vacas estaban en anestro (progesterona en sangre < 1 ng/ml en las dos evaluaciones), el parto fue normal y tenían ternero al pie. Para los terneros el intervalo del parto al comienzo del destete temporario fue entre 75 a 113 días pos parto. Se eliminaron del análisis estadístico las hembras que estuvieran ciclando normalmente. Se realizó control de parto diariamente, en el cual se registraba fecha de parto, tipo de parto, raza de madre y ternero, edad de la madre (por número de caravana y registro de nacimiento), sexo del ternero, y se identificó con carava y tatuó a los mismos.

#### 3.2 SINCRONIZACIÓN / INDUCCIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO

El método de sincronización / inducción de las ovulaciones, se basó en el uso de un dispositivo intravaginal de liberación de un progestágeno por un período determinado (según tratamiento), asociado a inyecciones de benzoato de estradiol y PGF<sub>2</sub>α. El DILP consistió en una esponja artesanal de poliuretano cilíndrica de 12 cm de largo y 5 cm de diámetro, impregnada con 250 mg de acetato de medroxiprogesterona colocado en la vagina de las hembras por un lapso de 5 o 7 días según tratamiento. El DILP se aplicaba al 5to. día de comenzar los destetes temporarios, momento en que también se inyectaba una dosis de 0,16 g de oxitetraciclina de larga acción (FATRO, Montevideo, Uruguay) para evitar infecciones locales. Se eliminaron del análisis las hembras que hubiesen perdido el DILP. La PGF<sub>2</sub>α usada durante los 3 años fueron de diferentes marcas comerciales pero todas tenían el mismo principio activo (D-Cloprostenol) inyectada a la dosis comercial recomendada (0,150 mg). El BE era estradiol inyectable (Dispert, Montevideo, Uruguay) que se diluía con aceite de girasol para obtener la concentración que se usó en los dos momentos. Las hormonas utilizadas fueron aplicadas en forma intramuscular en el anca.

Las inseminaciones artificiales a tiempo fijo se realizaron el 23/12 y el comienzo de los tratamientos fue el 8/12 durante los tres años. Tanto la preparación del semen como la inseminación, fueron realizadas por los mismos técnicos en cada tratamiento. Dentro de cada raza, se usó semen de un solo

toro de probada fertilidad cada año. A los 10 días de terminada la IATF en cada tratamiento, se pusieron toros en el rodeo, separados en dos grupos según raza. El repaso de los toros se realizó por solo una oportunidad más de preñez (30 días) luego de la IATF.

### 3.3 DESTETES TEMPORARIOS Y MANEJO DE LOS TERNEROS

Los destetes temporarios (DT), se realizaron con tablilla nasal (DTTN, Figura 5) o a corral (DTC) por 13 o 15 días según el tratamiento. Se controló la pérdida de las tablillas nasales en los terneros durante dos momentos: al colocar el DILP y el día de la IATF (día que los terneros volvían a juntarse con su madre). El ternero que perdía la tablilla, se eliminó del análisis junto a su madre. La tablilla era de chapa galvanizada colocada con un alambre en el cartílago del tabique nasal del ternero.

Figura 5. Ternero con tablilla junto a su madre



Foto cedida por el DMTV, MSc. Carlos Batista

Para los DTC se colocó una malla plástica en el alambrado que separaba las vacas de sus terneros, a la altura de la ubre de la vaca y de 50 cm de ancho (Figura 6). De esa forma, el ternero mantenía contacto visual y olfativo con la madre en todo el período de separación, pero no podía tomar la posición de amamantamiento. Los terneros de los tratamientos a corral, se juntaban con sus madres el día de colocación del DILP (a los 5 días de haber comenzado el DT) por espacio de algunas horas (Figura 7) y luego volvían a separarse. Después de la IATF se dejaban en un corral pequeño a las madres y los terneros hasta la mañana siguiente, momento que se soltaban juntos al potrero correspondiente según su raza. Los terneros se pesaron (kg) en la mañana, sin ayuno previo, en tres momentos, el día 0 (aplicación del destete temporario), 13 o 15 (día de la IATF) y al destete definitivo (alrededor de los 7 meses de edad

de los terneros). Los terneros se manejaron de acuerdo a un protocolo clásico para destete precoz (Quintans, 2007).

Figura 6. Terneros en corral con malla plástica colocada



Foto cedida por el DMTV, MSc. Carlos Batista

Figura 7. Terneros junto a las madres por espacio de algunas horas, el día de la colocación del DILP



Foto cedida por el DMTV, MSc. Carlos Batista

### 3.4 CONDICIÓN CORPORAL, EXTRACCIÓN DE SANGRE Y DETERMINACIÓN DE CELO Y PREÑEZ

Se determinó condición corporal (CC) en cada tratamiento a mitad del invierno, al parto, al colocar el DILP al fin del servicio y al momento del destete definitivo. La determinación de CC al parto, se realizaba una vez a la semana de todo lo parido en la semana previa. La CC se asignó con una escala de 1 a 8 (1=muy flaca; 8=muy gorda, Vizcarra et al., 1986), marcando diferencias de media unidad. Esta medida la realizó una sola persona durante los tres años y otro técnico en el período de la parición, ambos con amplia experiencia en esta técnica. La determinación de CC se corroboraba sistemáticamente con quien lo realizaba en los otros períodos. Esto aseguraba que no había diferencias entre evaluadores como fue publicado por Vizcarra y Wettemann (1996).

Se extrajo sangre por punción de la vena yugular para determinar progesterona en sangre con el fin de evaluar la presencia de un cuerpo lúteo funcional. Las dos primeras extracciones permitían discriminar si las vacas estaban en anestro o ciclando normalmente, mientras que la tercera era para detectar si ovularon como consecuencia de la restricción del amamantamiento. Las dos primeras extracciones eran realizadas entre los días -12 a -10 y en el día 0 (comienzo del DT), mientras que la tercera al momento de la extracción del DILP. El suero producto del centrifugado de la sangre (3000 rpm por 15 minutos) se obtenía luego de dos horas de la colección de la sangre y fue guardado a  $-20^{\circ}$  C hasta la determinación de progesterona mediante la técnica de radioinmunoanálisis (RIA).

La determinación de celo por apreciación de la conducta de monta se iniciaba la tarde del día de la extracción del DILP continuando en los siguientes días a primera hora de la mañana y a última de la tarde (cuando correspondía). No se determinaba celo en la tarde anterior a la IATF. Se inseminaba entre las 8 y 12 horas luego de haber observado la vaca en celo.

A todas las vacas de los tratamientos, se les determinó preñez por ecografía entre los 32-34 días (preñez a los 30 días) y 61-64 días (preñez a los 60 días) de la IATF. Se calculó el intervalo en días desde una fecha fija (1ro. de julio) del año siguiente de la IATF al día del parto en ese año. Esta variable pretende estimar la concentración de partos en cada tratamiento durante el período de parición.

### 3.5 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Las muestras de suero, se analizaron en UdelaR. Facultad de Veterinaria. Laboratorio de Endocrinología y Metabolismo Animal, Montevideo, Uruguay. Las concentraciones de progesterona fueron determinadas por radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida utilizando kits de MP (MP biomedical, INC., Solon, OH 44139 USA). La concentración mínima detectable fue de 0,057 ng/ml. Los coeficientes de variación intra-tratamiento para el control 1 (1,02 ng/ml) y el control 2 (4,88 ng/ml) fueron 13,8% y 8,1%, respectivamente. El coeficiente de variación inter-tratamiento para los mismos controles fueron 17,1% y 11,2%, respectivamente. La determinación de progesterona se realizó en dos corridas en años diferentes.

### 3.6 EXPERIMENTO

Se realizaron cuatro tratamientos (Figura 8). Para asignar las vacas a cada tratamiento dentro del año se consideró la raza, edad de la vaca, fecha de parto (que haya sido parto normal) y que estuvieran en anestro.

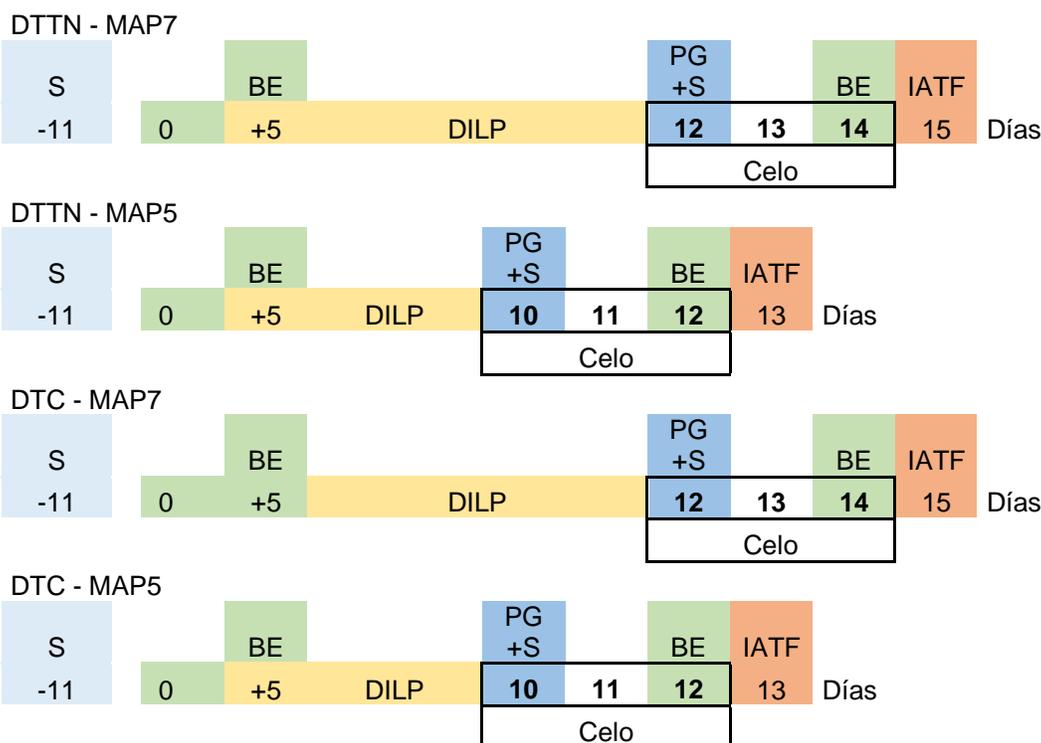
Descripción y esquema de los tratamientos:

- DTTN-MAP7; DTTN (día 0), colocación del DILP y BE (2 mg) (día +5), extracción del DILP y PGF2 $\alpha$  (día +12). Determinación de celo e IA por regla am/pm, el día 12 en la tarde, 13 (mañana y tarde) y 14 en la mañana. A las vacas que no mostraron celo hasta este momento, se les aplicó una dosis de BE (0,5 mg) y realizó IATF (72 horas de la extracción del DILP día + 15).
- DTTN-MAP5; DTTN (día 0), colocación del DILP y BE (2 mg) (día +5), extracción del DILP y PGF2 $\alpha$  (día +10). Determinación de celo e IA por regla am/pm, el día 10 en la tarde, 11 (mañana y tarde) y en la mañana del día 12. A las vacas que no mostraron celo hasta este momento, se aplicó les una dosis de BE (0,5 mg) y realizó IATF (72 horas de la extracción del DILP, día + 13).
- DTC-MAP7; DTC (día 0), colocación del DILP y BE (2 mg) (día +5), extracción del DILP y PGF2 $\alpha$  (día +12). Determinación de celo e IA por regla am/pm, el día 12 en la tarde, día 13 (mañana y tarde) y mañana del día 14. A las vacas que no mostraron celo hasta este momento, se les aplicó una dosis de BE (0,5 mg) la misma mañana y realizó IATF (72 horas de la extracción del DILP día +15).
- DTC-MAP5; DTC (día 0), colocación del DILP y BE (2 mg) (día +5), extracción del DILP y PGF2 $\alpha$  (día +10). Determinación de celo e IA por la regla am/pm, el día 10 en la tarde, día 11 (mañana y tarde), mañana del día 12. A las que no mostraron celo hasta este momento, se les aplicó una dosis de BE (0,5 mg) y realizó IATF (72 horas de la extracción del DILP día +13).

Las vacas siempre se manejaron juntas, salvo en el momento en que se aplicaron los DILP que se conformaron dos grupos para facilidad del manejo general.

Figura 8. Esquemas de los tratamientos: DTTN-MAP7, DTTN-MAP5, DTC-MAP7 y DTC-MAP5

### Tratamiento



S= toma de muestra de sangre; C= control de celo; PG= inyección de prostaglandina; BE= inyección de benzoato de estradiol; DILP= dispositivo intravaginal; DTTN= destete temporario con tablilla nasal; DTC= destete temporario a corral.

### 3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de preñez se estudió ajustando modelos lineales generalizados asumiendo una distribución binaria de la variable medida: preñez a los 30 y 60 días de realizadas las IATF. La función de enlace entre el parámetro a estimar (p: probabilidad de preñez o de destete) y la parte aditiva del modelo, fue la función logit [ $\text{logit}(p) = \log(p/(1-p))$ ]. Se usó el procedimiento Glimmix del paquete estadístico Sas versión 9.4. El

modelo incluyó a los efectos del tipo de destete (corral o tablilla), días que estuvo el DILP en la vagina (5 o 7 días), año, las interacciones simples y edad de la vaca (4 años vs. resto de edades). Para las variables como el peso al destete de los terneros, variación de peso de los terneros durante los tratamientos, condición corporal en diferentes momentos y días desde la IATF al parto del año siguiente se ajustaron modelos lineales generales usando el procedimiento Mixed del mismo paquete estadístico. En los modelos, se evaluó el efecto de días que estuvo el DILP en la vagina de la vaca (5 o 7 días), tipo de destete (corral o tablilla), año, sus interacciones simples y edad de las vacas (4 años vs. resto de edades) cuando correspondía. En los modelos de diagnóstico de preñez y los de intervalos, cuando las interacciones no dieron significativas fueron excluidos para la corrida final del modelo. En estos modelos (donde la variable no es normal) las interacciones no significativas se sacan porque si no las estimaciones de las medias de los efectos principales dan sesgadas. En el análisis de un año no se consideraron el efecto del tratamiento del año previo (efecto residual), sino que se aleatorizaba independientemente. No se consideró el efecto raza en los modelos. Para establecer diferencias estadísticas se utilizó un nivel de significancia del 5% de probabilidad de cometer error de tipo I ( $p < 0,05$ ).

#### 4. RESULTADOS

El experimento se realizó con 192 vacas ya que del número inicial se descartaron tres vacas por estar ciclando previo al inicio del experimento (1,4%, 3/201) y seis vacas por perder el DILP (3%, 6/201). Al momento de la extracción del DILP no se observaron infecciones locales en ninguna de las vacas. En la tarde del mismo día tampoco fue observado celo en hembras de ninguno de los cuatro tratamientos de los tres años. En cuanto a los terneros ninguno perdió la tablilla nasal.

A lo largo de los tres años, no se obtuvieron diferencias estadísticas de las CC entre los cuatro tratamientos ( $p > 0,29$ ), en ninguno de los cinco momentos en el transcurso del año en que se realizó su determinación. El efecto año ( $p < 0,04$ ) estuvo presente en todos los años. En 2 de las estimaciones de CC, un efecto de la edad de la vaca, las vacas de 4 años tuvieron menor estado corporal que las del resto de las edades a mitad de invierno ( $4,00 \pm 0,07$  vs.  $4,19 \pm 0,05$ ,  $p = 0,04$ ) y al parto ( $3,36 \pm 0,06$  vs.  $3,52 \pm 0,04$ ,  $p = 0,03$ ).

En cuanto a los terneros, las variaciones de peso entre el comienzo del destete temporario y el momento en que volvieron con sus madres se vieron afectados por el año ( $p < 0,0001$ ) y por la interacción tipo de destete por año ( $p < 0,0001$ ). No tuvieron efecto las demás variables (tipo de destete, tiempo del DILP en la vagina, edad de las vacas, sexo de los terneros y sus interacciones simples  $p > 0,23$ , Cuadro 17).

En los tratamientos DTTN-MAP7 y DTC-MAP5, ninguna vaca mostró celo previo a la IATF. Sin embargo, en los tratamientos DTTN-MAP5 y DTC-MAP7 algunas vacas mostraron celo, el día anterior a la IATF. La concentración de los celos fue de 5% (2/41, el día 12 del tratamiento DTTN-MAP5) y 9% (5/57, el día 14 del tratamiento DTC-MAP7). El Cuadro 18, muestra la distribución de celos con respecto al total de celos y al número total de hembras del tratamiento DTC-MAP7, desde la extracción del DILP hasta 24 horas antes de la IATF. Los resultados corresponden a los obtenidos a campo sin analizar estadísticamente.

Como se observa en el Cuadro 19 hubo vacas que estaban ciclando al momento de la extracción del DILP como posible consecuencia del destete temporario previo. En cuanto a los terneros, algunos de los que estuvieron en corral, tuvieron principios de acidosis, que pudo ser controlada. No se determinaron problemas de identificación de madre con su ternero al juntarse luego de la IATF.

Cuadro 17. Días parto-destete temporario y evolución de la condición corporal de las vacas y peso de los terneros en diferentes momentos

|  | Promedio ±<br>DE | Mínimo | Máximo |
|--|------------------|--------|--------|
| Días parto-destete temporario                        | 75 ± 11,5        | 50     | 100    |
| Condición corporal                                   |                  |        |        |
| Al destete   | 4,3±0,58         | 3,0    | 5,5    |
| En invierno  | 4,1±0,58         | 2,5    | 5,5    |
| Al parto   | 3,4±0,55         | 2,0    | 5,0    |
| A la colocación de DILP                              | 4,0±0,52         | 2,5    | 5,5    |
| Al fin del servicio                                  | 4,2± 0,55        | 3,0    | 5,5    |
| Peso del ternero (kg)                                |                  |        |        |
| Al momento del destete temporario                    | 113±18,1         | 78     | 160    |
| Al momento de volver a su madre                      | 115±18,5         | 72     | 169    |
| Días de intervalo entre fecha fija y parto siguiente | 97±14,6          | 74     | 135    |

DE= desviación estándar.

Cuadro 18. Porcentaje de celos desde la extracción del DILP hasta 24 horas antes de la IATF para el tratamiento DTC-MAP7

|                          | -48 horas | -36 horas  | -24 horas  | Total       |
|--------------------------|-----------|------------|------------|-------------|
| De las que muestran celo | -         | 64% (9/14) | 38% (5/14) | 25% (14/57) |
| Del total                | -         | 16% (9/57) | 9% (5/57)  |             |

En los tratamientos el porcentaje de preñez a los 30 días se vio afectado por (Cuadro 19):

- el tipo de destete temporario (p=0,002)
- la interacción tipo de destete temporario por el tiempo que estuvo el DILP en la vagina de la vaca (p=0,02)
- la interacción tipo destete temporario por año (p=0,04).

Sin embargo, para la misma variable el tiempo que estuvo el DILP en la vagina de la vaca, la edad de la vaca, el año y la interacción año por tiempo que estuvo el DILP en la vagina de la vaca no mostraron efecto significativo ( $p>0,17$ ).

Cuando se aplicó destete a corral se obtuvieron valores superiores en porcentaje de preñez a los 30 días que cuando se realizó destete a tablilla nasal en dos de los tres años sin tener diferencia estadística en el tercero.

El porcentaje de preñez a los 60 días de haber realizado la IATF fue afectado por:

- el tipo de destete temporario ( $p=0,007$ ).
- la interacción tipo de destete temporario por el tiempo que estuvo el DILP en la vagina de la vaca ( $p=0,04$ ).

Pero no fue afectado por: el año, la edad de la vaca, ni por el tiempo que estuvo el DILP en la vagina de la vaca ( $p>0,12$ ). El intervalo de una fecha fija del año de parto, al parto del mismo año solo se vio afectado por el tipo de destete temporario ( $p=0,02$ ) y el año ( $p=0,02$ ). En los tratamientos en que se realizó destete a corral, tuvieron menor intervalo ( $95 \pm 1,80$  días) que los que se puso tablilla nasal ( $101 \pm 2,10$  días). Esta variable no se vio afectada por el tiempo del DILP en la vagina de la vaca, ni la edad de las vacas ( $p>0,22$ ).

El peso al destete solo fue afectado por el tipo de destete temporario ( $p=0,006$ ) y el año ( $p<0,0001$ ). No tuvo efecto el tiempo que estuvo el DILP en la vagina de la vaca, la edad de la vaca, el sexo del ternero y las interacciones simples ( $p>0,11$ ). Los terneros de los tratamientos a corral pesaban menos ( $192 \pm 2,7$  kg) que los terneros con tablilla nasal ( $203 \pm 3,0$  kg).

En los tratamientos en que se realizó destete a corral tuvieron menor intervalo ( $95 \pm 1,80$  días) que los que se puso tablilla nasal ( $101 \pm 2,10$  días).

El peso de los terneros al destete solo fue afectado por el tipo de destete temporario. Los terneros de los tratamientos a corral pesaban menos ( $192 \pm 2,7$  kg) que los terneros con tablilla nasal ( $203 \pm 3,0$  kg).

En vacas múltiparas de parición temprana en el tratamiento DCT-MAP7, se obtuvo:

- 1- mayor porcentaje de preñez a la IATF, con diferencias estadísticas frente a los otros tratamientos.
- 2- mayor porcentaje de preñez en el primer mes del servicio (% preñez a los 60 días), con diferencias estadísticas frente a los demás tratamientos.

3- una concentración superior de partos al comienzo del periodo de partos del año siguiente a la IATF.

4- no hubo mayores diferencias en las ganancias diarias de los terneros entre el comienzo del destete temporario a corral y el reencuentro con su madre al concluir la IATF.

5- menores pesos al destete en los terneros que estaban a corral, que los que tenían tablillas nasales. Esto puede ser explicado porque tal vez algunos terneros, pese a tener colocada la tablilla, tienen la habilidad de seguir amamantando.

Cuadro 19. Comportamiento reproductivo y peso de los terneros en diferentes momentos en los tratamientos

|   | DTTN-MAP7<br>(No.=44) | DTTN-MAP5<br>(No.=41) | DTC-<br>MAP7<br>(No.=57) | DTC-MAP5<br>(No.=50) |
|---|-----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|
| % ciclando previo al retiro del DILP                | 5                     | 10                    | 9                        | 8                    |
| % celos antes del día de la IATF                    | 4                     | 7                     | 25                       | 6                    |
| % preñez a 30 días                                  | 32 b                  | 43 b                  | 76 a                     | 48 b                 |
| % preñez a 60 días                                  | 58 b                  | 72 b                  | 88 a                     | 76 b                 |
| Peso del ternero al destete (kg)                    | 200 ± 4,0 b           | 206 ± 4,2 b           | 190 ± 3,7 a              | 195 ± 3,9 a          |
| Intervalo entre fecha fija y parto siguiente (días) | 99,5 ± 3,9 b          | 100,0 ± 3,83 b        | 93,3 ± 2,0<br>a          | 93,1 ± 3,63<br>a     |

## 5. DISCUSIÓN

Un bajo número de vacas estaba ciclando previo al inicio del experimento (1,4%). Se detectaron algunas vacas que perdieron el DILP. Los terneros a los que se coloca tablillas nasales, no la perdieron. No se detectaron intervenciones negativas sobre la relación materno filial al juntarse luego de la IATF. El porcentaje y la cantidad de vacas ciclando al momento de la extracción del DILP como posible consecuencia de los destetes en cada tratamiento, fueron 5 % (DTTN-MAP7), 10% (DTTN-MAP5), 9% (DTC-MAP7) y 8% (DTC-MAP5).

Como se observa en el Cuadro 18, el 25 % de las hembras del tratamiento DTC-MAP7, mostró celo previo a la IATF. Ninguna lo hizo la mañana del día 8 (48 horas previas a la IATF), pero sí en la tarde del día 8 y mañana del día 9. Si éste resultado se confirma en futuros experimentos, se podría adoptar la práctica de pintar la cola de las vacas en el anca (Rodríguez Blanquet et al., 2015) al momento de la extracción del DILP y evitar determinar celo hasta el momento de inyectar el BE (día 9). Ese día se separarían las vacas despintadas las cuales se inseminan a las 11 horas, esperando obtener buenos resultados dado que la máxima fertilidad se da entre las 4 a 24 horas (día 8 a las 11) de haber comenzado el celo (Dorsey et al., 2011). Otro argumento a favor de este procedimiento es que los celos se inician principalmente en la tarde, avanzada la noche y en la madrugada. Hurnik et al. (1975), trabajando con cámara de video publicaron que el 70% de la actividad de monta ocurría entre las 19:00 y 7:00 horas. Por lo que con el uso de pintura se detectarían actividades de monta que ocurren durante la noche y se podría aumentar la precisión de los celos detectados.

El bajo porcentaje de vacas ciclando al momento de la extracción del DILP (9%) en el protocolo DTC-MAP7 y los altos porcentajes de preñez finalmente obtenidos demuestran que este protocolo induce ovulaciones en vacas con cría al pie. A su vez, reflejado en el resultado en el porcentaje de preñez a los 60 días es razonable suponer que este tratamiento deja a las vacas ciclando por lo menos hasta el siguiente ciclo estral.

Como se mencionó en distintos puntos del presente trabajo, el balance nutricional influye sobre el éxito de los tratamientos aplicados. En términos generales, el nivel de energía tiene un gran efecto en el anestro posparto (Dunn y Kaltenbach, 1980) y la supervivencia embrionaria (Dunne et al., 1999). Aunque hay bastante información del efecto de la nutrición sobre variables reproductivas (Dunn y Kaltenbach 1980, Randel 1990, Short et al. 1990), hay poco conocimiento de los efectos de la nutrición sobre la dinámica de los folículos y su crecimiento en bovinos para carne con cría al pie. Los efectos de

la nutrición y especialmente la subnutrición habría que separarlos en los de corto y largo plazo así como la gravedad en cada momento, ya que en determinados momentos o por prolongarse demasiado puede verse más comprometida la preñez o prolongarse el anestro. A su vez existe variación individual (variación genética) y por condición corporal de la cual partió la subnutrición o realimentación.

Las vacas con cría al pie, disminuyeron su CC desde mitad de invierno al parto pero la incrementaron del parto a la colocación de los DILP y al fin del servicio. Pese al incremento en la CC las vacas se mantuvieron en anestro en el momento de iniciar los destetes (cinco días previos a la colocación del DILP). Diskin et al. (2003), en su revisión sobre vacas para carne con cría al pie concluyeron que el nivel nutritivo preparto, determinante de la condición corporal al parto, afecta el intervalo parto - primer celo (anestro posparto) más que el nivel nutricional posparto. Por otra parte, el nivel nutricional posparto determinaría en mayor medida el crecimiento y diámetro del folículo dominante, encontrándose resultados inconsistentes sobre su efecto en el largo del anestro posparto (Rutter y Rendel 1984, Wettemann et al. 1986, Wright et al. 1987, 1992, Richard et al. 1991). Los resultados inconsistentes, pueden reflejar interacciones entre los niveles nutricionales pre y posparto, condición corporal al parto, producción de leche, así como otros factores ambientales que afectan el anestro posparto.

Las vacas del ensayo venían mejorando su condición corporal al momento de realizar los destetes temporarios, por lo que se podría suponer que los folículos estaban en franco crecimiento e incrementando su producción de estrógeno. Por otra parte con la inhibición del amamantamiento (fundamentalmente de los terneros destetados a corral), es de esperar que aumente notoriamente la pulsatilidad (amplitud y frecuencia) y concentración de GnRH en pocas horas (Williams et al., 1996), así como la LH y la ovulación (Shively y Williams, 1989). Sin embargo la mayor parte de las vacas continuaban en anestro al momento de retirar los DILP (progesterona <1 ng/ml).

Roche et al. (1992) mostraron que el anestro posparto en bovinos para carne en condiciones nutricionales adecuadas se mantiene debido a una falla en la ovulación del folículo dominante y no a la falta de desarrollo de ese folículo. Enseguida del parto las vacas muestran ondas foliculares (Yavas y Walton, 2000), y por tanto cuentan con folículos con posibilidades de ovular, lo que posiblemente falte es mayor concentración y pulsatilidad de LH. En el presente trabajo se buscó aumentar la concentración y pulsatilidad de LH mediante la inhibición del amamantamiento y mediante la aplicación del DILP. Aplicar una progestina (progesterona, natural o progestágeno, artificial) a vacas en anestro con cría al pie, incrementó las concentraciones de estradiol, la salida

pulsátil de LH y el número de receptores de LH en las células de la teca y granulosa del folículo preovulatorio comparado a las vacas testigo (García-Winder et al. 1986, 1987, Inskeep et al. 1988). Por tanto, en las vacas del ensayo por efecto del DILP, se podría estimular el crecimiento y maduración final del folículo dominante a través del incremento de la LH, del estímulo en el número de receptores de LH y de la secreción de estradiol (que permitiría un adecuado pico preovulatorio de LH). El incremento de la pulsatilidad de LH, además del promovido por la inhibición del amamantamiento, es posible debido a la reducción de los receptores de estradiol en el hipotálamo y un menor feedback negativo a la salida de GnRH (Day y Anderson, 1998). Otro efecto que se sumaría a los ya presentados, son la concentración de estrógeno durante los días del tratamiento con la progestina (Kojima et al. 1995, Fike et al. 1999) y el incremento en el diámetro del folículo (Fike et al., 1999). Este último punto, estaría ayudado por el incremento en la condición corporal del parto hasta el final del servicio (Diskin et al., 2003). Perry et al. (2005) mostraron que las vacas no detectadas en celo e inducidas a ovular folículos  $\leq 11,3$  mm tenían menor concentración de estradiol en el día 0 (IATF) comparada con las vacas inducidas a ovular folículos de mayor tamaño ( $\geq 11,3$  mm). La concentración de estradiol producida por el folículo pre-ovulatorio está relacionada con el nivel de progesterona del próximo ciclo (Welsh et al., 1983) y tiene un efecto directo en la regulación de los receptores de progesterona en el epitelio del útero. Es decir, tiene efecto sobre la concentración de progesterona del próximo ciclo (Jinks et al. 2013, Madsen et al. 2015), que puede repercutir en menor mortalidad embrionaria (Mann y Lamming, 1999). Se agrega a esto a que en programas de IATF el benzoato de estradiol (Fike et al., 1997) y posiblemente el uso de PGF2 $\alpha$  (Pfeifer et al., 2014) actuarían como un estímulo de la ovulación.

En las vacas del tratamiento DTC-MAP7, de acuerdo a los resultados obtenidos, posiblemente se logró inducir ovulaciones. Por lo tanto, se podría pensar que los folículos venían creciendo, adquiriendo gran diámetro, produciendo cantidades crecientes de estradiol y con alta concentración y pulsatilidad de LH al momento en que se juntaban las madres con sus hijos. Esto redundaría en un cuerpo lúteo de mayor tamaño, con mayor producción de progesterona en el siguiente ciclo. Mann y Lamming (1999) demostraron que las vacas con alta concentración de progesterona durante el período de reconocimiento maternal (días 14 a 17 luego del servicio) producían embriones más grandes y a su vez estos producían mayor cantidad de interferón tau. Ésta proteína secretada por el embrión es responsable de la inhibición de la salida pulsátil de PGF2 $\alpha$  y por consiguiente no se produce la luteólisis. Esta acción previene la mortalidad embrionaria y en consecuencia incrementa el porcentaje de preñez.

Con todo lo expuesto, parecería que la madurez del folículo no es predicha por un solo factor. Probablemente sea el efecto acumulativo de muchos factores como el largo del proestro, alta concentración y producción de estradiol previo a la IATF, edad y diámetro del folículo (estos 2 últimos factores actúan independientemente).

Los protocolos de 7 días en comparación a los de 5 días, incrementan la edad de los folículos en vacas con cría al pie, debido al mayor número de días desde la extracción del DILP a la IATF. Esto redundaría en mayor producción de progesterona del cuerpo lúteo resultante que afectaría el desarrollo embrionario, un punto clave en el reconocimiento de la preñez. Otros factores que se suman para obtener altos porcentajes de fertilidad a la IATF, son la edad de la hembra, el intervalo desde el parto a la IATF, la condición corporal y sus variaciones antes y después de la IATF, la calidad del semen y la fertilidad inherente del semen del toro. A los factores ya descritos se debería agregar la CC del cual se parte la realimentación luego del parto. Posiblemente, con valores de condición corporal al parto, menores a las que se manejaron en este trabajo 3,5 (1-muy flacas; 8- muy gordas), no sería posible obtener resultados de preñez similares a los obtenidos, a no ser que se obtengan altas ganancias de peso y grandes incrementos CC.

En conclusión, para las variables reproductivas estudiadas, el mejor protocolo fue el que combinó destete temporario a corral con la permanencia del DILP en la vagina de la vaca por espacio de siete días. Para los terneros, los pesos al destete fueron mayores en los tratamientos con tablilla nasal que en los de destete a corral.

## 6. CONCLUSIONES

En los tratamientos el porcentaje de preñez de las vacas a los 30 y 60 días se vio afectado por el tipo de destete temporario y la interacción tipo de destete temporario por el tiempo que estuvo el DILP en la vagina de la vaca. También la interacción tipo destete temporario por año afecto el porcentaje de preñez, pero solo a los 30 días.

El intervalo de una fecha fija del año de parto, al parto del mismo año solo se vio afectado por el tipo de destete temporario y el año.

Para las variables reproductivas estudiadas, el mejor protocolo fue el que combinó destete temporario a corral con la permanencia del DILP en la vagina de la vaca por espacio de siete días. Para los terneros los pesos al destete fueron mayores en los tratamientos con tablilla nasal que en los de destete a corral

## 7. RESUMEN

En el presente trabajo, se propuso obtener un alto porcentaje de preñez de un rodeo de vacas de parición temprana con ternero al pie y que las concepciones se den en los primeros 25 días del período de servicio. Se desarrolló durante 3 años consecutivos con 192 vacas entre 4 a 9 años, de las razas Hereford y Aberdeen Angus, manejadas en campo natural y sin suplementación en la Escuela Agraria Superior “La Carolina” (Flores, Uruguay). Sobre dicho rodeo, se realizaron 4 tratamientos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), entre los cuales varió el tipo de destete que se realizó (con tablilla nasal o a corral), y el número de días en que un dispositivo liberador de progestina (DILP), permaneció en la vagina de la vaca (5 o 7 días) en el protocolo hormonal implementado para inseminar a tiempo fijo. La conclusión fue, que las vacas del tratamiento que combinaba destete a corral con el protocolo hormonal en que el DILP permanecía en la vagina de la vaca por 7 días, obtuvieron mayor porcentaje de preñez a los 30 y 60 días y mayor concentración de los partos al comienzo del periodo de partos de la temporada siguiente. En cuanto a los terneros nacidos de las vacas que integraron este tratamiento, no obtuvieron mayores diferencias en la ganancia diaria desde el destete al concluir la IATF.

Palabras clave: Inseminación artificial a tiempo fijo; Campo natural; Destete.

## 8. SUMMARY

The present work set out to obtain a high pregnancy percentage from a herd of early calving cows, as well as to achieve conceptions in the first 25 days of the service period. It was developed for 3 consecutive years with 192 cows between 4 to 9 years old, of the Hereford and Aberdeen Angus breeds, managed in natural pastures and without supplementation at the Escuela Agraria Superior "La Carolina" (CETP, UTU, ANEP) (Flores, Uruguay). On this rodeo, 4 treatments of fixed time artificial insemination were carried out, among which the type of weaning that was performed (with nasal splint or corral), and the number of days that a progestin-releasing device remained in the cow's vagina (5 or 7 days) in the hormonal protocol used to inseminate at a fixed time. The conclusion of the present work is that the cows that integrated the treatment that combined corral weaning with the hormonal protocol in which DILP remained in the cow's vagina for 7 days, obtained a higher percentage of pregnancy at 30 and 60 days and highest concentration of calvings at the start of the calving period of the following season. Regarding the calves born to the cows that integrated this treatment, they did not obtain major differences in daily gain since weaning at the conclusion of the IATF.

Keywords: Fixed time artificial insemination; Natural pastures; Weaning.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Alberio, R.; Schiersmann, G.; Carou, N.; Mestre, J. 1987. Effect of a teaser bull on ovarian and behavioural activity of suckling beef cows. *Animal Reproduction Science*. 14:263-272.
2. \_\_\_\_\_.; Aller, J.; Quinteros, R.; Ferre, L.; Meluci, L. 1999a. Momento de aplicación y dosis de Benzoato de Estradiol al final de un tratamiento con progestágenos sobre el celo y fertilidad. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (3º., 1999, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 182.
3. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1999b. Reutilización de dispositivos intravaginales con progesteronas (CIDR) y respuesta comparada con esponjas vaginales con progestágeno. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (3º., 1999, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 183.
4. Allrich, R. D. 1993. Estrous behavior and detection in cattle. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. 9:249-262.
5. Arias, A.; Manunta, O.; Zan, N. 1978. Correlación del peso a los 10 meses de edad con el de 22 meses y entore de vaquillonas del Norte de Corrientes. *INTA. Boletín Técnico no. 1*. 7 p.
6. ASBIA (Asociación Brasileira de Inseminación Artificial, BR). 2015. Comercialização de sêmen. (en línea). Minas Gerais. s.p. Consultado set. 18. Disponible en <http://www.asbia.org.br/novo/relatorios/>
7. Atkins, J.; Busch, D.; Bader, J.; Keisler, D.; Patterson, D.; Lucy, M.; Smith, M. 2008. Gonadotropin-releasing hormone-induced ovulation and luteinizing hormone release in beef heifers: effect of day of the cycle. *Journal of Animal Science*. 86:83-93.
8. Austin, E.; Mihm, M.; Ryan, M.; Williams, D.; Roche, J. 1999. Effect of duration of dominance of the ovulatory follicle on onset of estrus and fertility in heifers. *Journal of Animal Science*. 77:2219-2226.

9. Avilés, M.; Cutaia, L.; Videla Doma, I.; Aba, M.; Bó, G. A. 2005. Concentraciones plasmáticas de progesterona en vacas ovariectomizadas tratadas con dispositivos intravaginales formulados con diferentes dosis de P4. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6º., 1999, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 385.*
10. Balla, E.; Chesta, P.; Pincinato, D.; Maraña Peña, D.; Tribulo, R.; Bo, G. A. 2005. Efecto del tratamiento con dispositivos intravaginales CIDR-B nuevos o de segundo uso en programas de IATF en vacas con cría al pie. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6º., 2005, Ciudad Universitaria Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, Instituto de Reproducción Animal. p. 387.*
11. Barth, A. 1993. Factors affecting fertility with artificial insemination. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice. 9:275-289.*
12. Bavera, G. A. 2005. Cursos de producción bovina de carne. (en línea). Río Cuarto, UNRC. FAV. s.p. Consultado may. 2019. Disponible en <http://www.infogranjas.com.ar/sanidad-animal/129-inseminacion-artificial/3070-sincronizacion-de-celos>
13. \_\_\_\_\_. 2008. Destete hiperprecoz. (en línea). *In: Cursos Producción Bovina de Carne (7º., 2008, Río Cuarto, Argentina). Trabajos presentados. Buenos Aires, UNRC. FAV. s.p. Consultado set. 19. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar/destete/destete/hiperprecoz>*
14. Bello, G.; Mestre, G. 1991. Efecto de la producción de leche medida a través del peso del ternero al destete real sobre el comportamiento reproductivo de un rodeo Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 174-180.
15. Berardinelli, J. G.; Adair, R. 1989. Effect of prostaglandin F2a dosage and stage of estrous cycle on the estrous response and corpus luteum function in beef heifers. *Theriogenology. 32:301-314.*
16. \_\_\_\_\_.; Joshi, P.; Tauck, S. 2007. Conception rates to artificial insemination in primiparous, suckled cows exposed to the

bioestimulatory effect of bulls before and during a gonadotropin-releasing hormone-based estrus synchronization protocol. *Journal of Animal Science*. 85:848-852.

17. Bó, G. A.; Adams, G. P.; Pierson, R. A.; Mapletoft, R. J. 1995. Exogenous control of follicular wave emergence in cattle. *Theriogenology*. 43:31-40.
18. \_\_\_\_\_.; Caccia, M.; Martinez, M.; Mapletoft, R. J. 1996. Follicular wave emergence after treatment with estradiol benzoate and CIDR-B vaginal devices in beef cattle. In: International Congress on Animal Reproduction (13<sup>th</sup>., 1996, Sydney). Abstracts. Sydney, IRAC. p. 22.
19. \_\_\_\_\_.; Adams, G. P.; Pierson, R. A.; Mapletoft, R. J. 2000. Local versus systemic effects of exogenous estradiol on ovarian follicular dynamics in heifers with progestogen ear implants. *Animal Reproduction Science*. 59:141-157.
20. \_\_\_\_\_.; Cutaia, L.; Brogliatti, G. M.; Medina, M.; Tríbulo, H. 2001. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado bovino utilizando progestágenos y estradiol. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (4<sup>o</sup>., 2001, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 117-136.
21. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Tribulo, R. 2002. Inseminación artificial a tiempo fijo en ganado bovino de carne utilizando progestágenos y estradiol: algunas experiencias realizadas en Argentina. Segunda Parte. *Taurus*. 15:17-32.
22. \_\_\_\_\_.; Baruselli, P. S. 2014. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*. 8(1):144-150.
23. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; de la Mata, J.; Menchaca, A. 2016. Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology*. 86(1):388-396.
24. Bridges, G. A.; Mussard, M. I.; Burke, C. R.; Day, M. L. 2010. Influence of length of proestrus on fertility and endocrine function in female cows. *Animal Reproduction Science*. 117:208-215.

25. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Hesler, L. A.; Day, M. L. 2014. Comparison of follicular dynamics and hormone concentrations between 7-day and 5-day CO-Synch + CIDR program in primiparous beef cows. *Theriogenology*. 81:632-638.
26. Brown, J. G.; Peterson, D. W.; Foote W. D. 1972. Reproductive response of beef cows to exogenous progesterone, estrogen and gonadotropins at various stages postpartum. *Journal of Animal Science*. 35:362-369.
27. Burris, M. J.; Priode, B. M. 1958. Effect of calving date on subsequent calving performance. *Journal of Animal Science*. 17(3):527-533.
28. Byerley, D. J.; Staigmiller, R.; Berardinelli, J. G.; Short, R. 1987. Pregnancy rates of beef bred either on pubertal or third estrus. *Journal of Animal Science*. 65:645-651.
29. Caccia, M.; Bo, G. A. 1998. Follicular wave emergence following treatment of CIDR-B implanted beef cows with estradiol benzoate and progesterone. *Theriogenology*. 49:341. (Abstract).
30. Callejas, S.; De Dominici, O.; Madero, S.; Cantallop, F.; Cavodevila, J. 2005. Efecto del cipionato de estradiol administrado al momento de retirar un dispositivo intravaginal con progesterona o 24 horas después sobre el porcentaje de preñez a la IATF. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6º., 2005, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, Instituto de Reproducción Animal. p. 391.
31. \_\_\_\_\_.; De Dominici, O.; Madero, S.; Cantallop, F.; Uslenghi, G.; Cabodevila, J. 2011a. Uso del cipionato de estradiol para implementar un programa de IATF. *Revista Argentina de Producción Animal*. 31(1):403-410
32. \_\_\_\_\_.; Uslenghi, G.; Larghi, G.; Cledou, J.; Cabodevila, J. 2011b. Uso de cipionato de estradiol para sincronizar ovulaciones en vaquillonas Holando. *Revista Argentina de Producción Animal*. 31(1):409-410.
33. Carcedo, J.; Cutaia, L.; Bó, G. A. 2003. Porcentaje de preñez en vacas y vaquillonas cruce cebú tratadas con dispositivos triu-b nuevos o reutilizados en inseminación a tiempo fijo. In: Simposio

Internacional de Reproducción Animal (5º., 2003, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 383.

34. Cavestany, D.; Méndez, J. 1993. Manual de inseminación artificial en bovinos. Revista INIA. no. 39:12-18.
35. Chesta, P.; Pincinato, D.; Maraña Peña, D.; Peres, L. C.; Tribulo, R.; Bo, G. A. 2005. Efecto del tratamiento con DIB de segundo o tercer uso en protocolos de resincronización de la ovulación e inseminación artificial a tiempo fijo. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6º., 2005, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, Instituto de Reproducción Animal. p. 397.
36. \_\_\_\_\_.; Curchod, G.; Cardinali, J. L.; Yodice, G.; Rodríguez Persico, J. M.; Bo, G. A. 2017. Evaluación de la tasa de preñez en vaquillonas para carne cruzas índicas sincronizadas con el protocolo J-SYNCH utilizando distintos dispositivos con progesterona. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (12º., 2017, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 368.
37. Cruppe, L. H.; Day, M. L. 2011. Maximización de las tasas de preñez con inseminación artificial a tiempo fijo con el programa CO-SYNCH + CIDR de 5 días. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9º., 2011, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina). Trabajos presentados. Córdoba, s.e. pp. 193-222.
38. Cushman, R. A.; Kill, L. K.; Funston, R. N.; Mousel, E. M.; Perry, G. A. 2013. Heifer calving date positively influences calf weaning weights trough six parturitions. *Journal of Animal Science*. 91:4486-4491.
39. Cutaia, L.; Moreno, D.; Villata, M. L.; Bo, G. A. 2001. Synchrony of ovulation in beef cows traeted with progesterona vaginal devices and estradiol benzoote administered at device renoval or 24 hours later. *Theriogenology*. 55:408. (Abstracts).
40. \_\_\_\_\_.; Veneranda, G.; Tríbulo, R.; Barusselli, P. S.; Bo, G. A. 2003. Programas de Inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (5º., 2003, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 119-134.

41. Davis, M. E.; Rutledge, J. J.; Cundiff, L. V.; Hauser, E. R. 1983. Life cycle efficiency of breed production: II) relationship of cow efficiency ratios to traits of the dam and progeny weaned. *Journal of Animal Science*. 57:852-866.
42. Day, M.; Anderson, L. H. 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. *Journal of Animal Science*. 76(3):1-15.
43. de la Mata, G.; Menchaca, A.; Bo, G. A. 2015. Tratamientos que prolongan el proestro usando estradiol y progesterona en vaquillonas para carne. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (11°. , 2015, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 143-158.*
44. Dick, A.; Gual, F.; Reinal, V. 2010. Efecto de la implementación de la detección de celos en programas de IATF en vaquillonas lecheras. *In: Congreso Argentino de Producción Animal (33°. , 2010, Buenos Aires). Resúmenes. Buenos Aires, INTA. p. 191.*
45. Diskin, M. G.; Mackey, D. R.; Roche, J. F. Screenan, J. M. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science*. 78:345-370.
46. Dobbins, C. A.; Eborn, D. R.; Tenhouse, D. E.; Breiner, R. M. 2009. Insemination timing affects pregnancy rates in beef cows treated with CO-Synch protocol including an intravaginal progesterone insert. *Theriogenology*. 72:1009-1016.
47. Dorsey, B. R.; Kasimanickam, R.; Whittier, W. D.; Nebel, R. L.; Wahlberg, M. L.; Hall, J. B. 2011. Effect of time from estrus to AI on pregnancy rates in estrous synchronized beef heifers. *Animal Reproduction Science*. 127:1-6.
48. Dunn, T. G.; Kaltenbach, C. C. 1980. Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. *Journal of Animal Science*. 51(2):29-39.
49. Dunne, L. D.; Diskin, M. G.; Sreenan, J. M. 1999. Embryo and foetal loss in beef heifers between day 14 of gestation and full term. *Animal Reproduction Science*. 58:39-44.

50. Erbiti, F.; Lissarrague, C.; Cabodevila, J.; Callejas, S. 2017. Efecto de los tratamientos cortos con progesterona, del estado reproductivo y de la eCG sobre la preñez de las vaquillonas IATF. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (12º., 2017, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 374.
51. Evans, A.; Adams, G. P.; Rawlings, N. C. 1994. Follicular and hormonal development in prepubertal heifers from 2 to 36 weeks of age. *Journal of Reproduction and Fertility*. 102:463-470.
52. Figueroa, M. R.; Fuquay, J. W.; Shipley, S. N. 1988. Synchronization of estrus in early diestral dairy heifers with Prostaglandin F2a and Estradiol Benzoate. *Theriogenology*. 30:1093-1097.
53. Fike, K.; Day, M.; Inskeep, E.; Kinder, J.; Lewis, P.; Short, R.; Hafs, H. 1997. Estrus and luteal function in suckled beef cows that were anestrous when treated with an intravaginal device containing progesterone with or without a subsequent injection of estradiol benzoate. *Journal of Animal Science*. 75:2009- 2015.
54. \_\_\_\_\_.; Wehrman, M. E.; Lindsey, E. G.; Bergfelt, E. G. M.; Melvin, E. J.; Quintal, J. A.; Zanella, E. L.; Kojima, F. N.; Kinder, J. 1999. Estrus synchronization of beef cattle with a combination of melengestrol acetate and an injection of progesterone and 17 $\beta$ -Estradiol. *Journal of Animal Science*. 77:715-723
55. Fonseca, F.; Silva, M.; Gunzmayer, A.; Murua, P.; Cutaia, L.; Ratto, M. 2011. Efecto del uso del DIB con 0,5 o 1g de progesterona en protocolos de sincronización de estros y ovulaciones sobre la dinámica folicular y la tasa de preñez en vacas Holstein Friesian en lactancia. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9º., 2011, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 356
56. Foote, R. 1975. Estrus detection and estrus detection aids. *Journal of Dairy Science*. 58:248-256.
57. Funston, R. N.; Musgrave, J. A.; Meyer, T. L.; Larson, D. M. 2012. Effect of calving distribution on cattle progeny performance. *Journal of Animal Science*. 90:5118-5121.

58. Garcia Paloma, J. A.; Alberio, R.; Miquel, M. C.; Grandona, M. O.; Carrillo, J.; Schiersmann, G. 1992. Effect of calving date on lifetime productivity of cows in a winter-calving Aberdeen Angus herd. *British Society of Animal Production*. 55:177-184.
59. García-Winder, M.; Lewis, P. E.; Deaver, D. R.; Smith, V. G.; Lewis, G. S.; Inskeep, E. K. 1986. Endocrine profiles associated with life span of induced corpora lutea in postpartum beef cows. *Journal of Animal Science*. 62:1353-1362.
60. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Townsend, E. C.; Inskeep, E. K. 1987. Effect of norgestomet on follicular development in postpartum beef cows. *Journal of Animal Science*. 64:1099-1109.
61. Geary, T. W.; Bruemmer, J. E.; Downing, E. R.; Whittier, J. C. 2000. Ovarian and Estrous Response of Suckled Beef Cows to the Select Synch Estrous Synchronization Protocol. *The Professional Animal Scientist*. 16:1-5.
62. \_\_\_\_\_.; Hallford, D. M.; Macneil, M. D.; Wittier, J. C. 2001. Calf removal improves conception rates to the ovsynch and CO-synch protocols. *Journal of Animal Science*. 79:1-4.
63. Ginther, O. J.; Wiltbank, M. C.; Fricke, P. M.; Gibbons, J. R.; Kot, K. 1996. Selection of the dominant follicle in cattle. *Biology of Reproduction*. 55:1187-1194.
64. Gleddie, V. M.; Berg, R. T. 1968. Milk production in range beef cows and its relationships to calf gains. *Canadian Journal of Animal Science*. 48:323-333.
65. Griffith, M. K.; Williams, G. I. 1996. Roles of Maternal Vision and Olfaction in suckling-mediated Inhibition of Luteinizing Hormone secretion, Expression of Maternal Selectivity, and Lactational Performance of Beef cows. *Biology of Reproduction*. 54:761-768.
66. Guerra, F.; Irazabal, A.; Rodríguez Blanquet, J. B. 2011. Evaluación comparada de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (Pro-Ciclar) y una esponja vaginal artesanal con progestágeno (MAP). In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°, 2011, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 329.

67. Hansen, P. J.; Hauser, E. R. 1984. Photoperiodic alteration of postpartum reproductive function in suckled cows. *Theriogenology*. 22:1-14.
68. Hess, B. W.; Lake, S. L.; Scholljegerdes, E. J.; Weston, T. R.; Nayigihugu, V.; Molle, J. D. C.; Moss, G. E. 2005. Nutritional controls of beef cow reproduction. *Journal of Animal Science*. 83(E):90-106.
69. Hurnik, J. F.; King, G. J.; Robertson, H. A. 1975. Estrous and related behaviour in postpartum Holstein cows. *Applied Animal Ethology*. 2:55-68.
70. Inskeep, E. K.; Braden, T. D.; Lewis, P. E.; García-Winder, M. Niswender, G. D. 1988. Receptors for luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone in largest follicles of postpartum beef cows. *Biology of Reproduction*. 38:587-591.
71. Jinks, E. M.; Smith, M. F.; Atkins, J. A.; Pohler, K. G.; Perry, G. A.; Macneil, M. D.; Roberts, A. J.; Waterman, R. C.; Alexander, L. J.; Geary, T. W. 2013. Preovulatory estradiol and the establishment and maintenance of pregnancy in suckled beef cows. *Journal of Animal Science*. 91:1176-1185.
72. Kasimanickam, R.; Day, M. L.; Rudolph, J. S.; Hall, J. B.; Whittier, W. D. 2009. Two doses of prostaglandin improve pregnancy rates to timed-AI in a 5-day progesterone- based synchronization protocol in beef cows. *Theriogenology*. 71:762-767.
73. Kinder, J. E.; Bergfelt, E. G. M.; Wehrman, M. E.; Peter, K. E.; Kojima, F. N. 1995. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*. 49(suppl.):393-407.
74. King, M. E.; Kiracofe, G. H.; Stevenson, J. S.; Schelles, R. R. 1982. Effect of stage of the estrous cycle on interval to estrus after PGF<sub>2a</sub> in beef cattle. *Theriogenology*. 18:191-200.
75. Kiser, T. E.; Britt, J.; Ritchie, H. D. 1977. Testosterone treatment in cows for use in detection of estrus. *Journal of Animal Science*. 44:1030-1035.

76. Kojima, F. N.; Chenault, J. R.; Wehrman, M. E.; Bergfelt, E. G. M.; Cupp, A. S.; Werth, L. A.; Mariscal, D.; Sanchez, T.; Kittok, R. J.; Kinder, J. E. 1995. Melengestrol acetate at greater doses than typically used for estrous synchrony in bovine females does not mimic endogenous progesterone in regulation of secretion of luteinizing hormone and  $17\beta$ -estradiol. *Biology of Reproduction*. 52:455-463.
77. Lamb, G. C.; Miller, B. M.; Lynch, J. M.; Thompson, K. E.; Heldt, J. S.; Loest, C. A.; Griger, D. M.; Stevenson, J. S. 1999. Twice daily suckling but not milking with calf presence prolongs postpartum anaovulation. *Journal of Animal Science*. 77:2207-2218.
78. \_\_\_\_\_.; Brown, D. R.; Kesler, D. J.; Garverick, H. A.; Salfen, B.; Stevenson, J. D. 2001. Inclusion of an intravaginal progesterone insert plus GnRH and prostaglandin F $2\alpha$  for ovulation control in postpartum suckled beef cows. *Journal of Animal Science*. 79:2253-2259.
79. Larson, J. E.; Lamb, G. C.; Stevenson, J. S.; Johnson, S. K.; Day, M. L.; Geary T. W.; Kesler, D. J.; De Jarnette, J. M.; Schrick, F. N.; Di Costanzo, A.; Arseneau, J. D. 2006. Synchronization of estrus in suckled beef cows for detected estrus and artificial 18 insemination and timed artificial insemination using gonadotropin-releasing hormone, prostaglandin F $2\alpha$ , and progesterone. *Journal of Animal Science*. 84:332-342.
80. Lesmeister, J. I.; Burfening, P. J.; Blackwell, R. 1973. Data of first calving in beef cows and subsequent production. *Journal of Animal Science*. 36:1-6.
81. Lucy, M. C.; Billings, H. J.; Butler, W. R.; Ehnis, L. R.; Fields, M. J.; Kesler, D. J.; Kinder, J. E.; Mattos, R. C.; Short, R. E.; Thatcher, W. W.; Wettemann, R. P.; Yelich, J. V.; Hafs, H. D. 2001. Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF $2$  for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers, and dairy heifers. *Journal of Animal Science*. 79:982-995.
82. Madsen, C. A.; Perry, G. A.; Mogck, C. L.; Daly, R. F.; Macneil, M. D.; Geary, T. W. 2015. Effects of preovulatory estradiol on embryo survival and pregnancy establishment in beef cows. *Animal Reproduction Science*. 158:96-103.

83. Mann, G. E.; Lamming, G. E. 1999. The influence of progesterone during early pregnancy in cattle. *Reproduction in Domestic Animal*. 34:269-274.
84. Marquezini, G. H.; Mercadante V. R.; Olson, K. C.; Jaeger, J. R.; Perry, G. A.; Stevenson, J. S.; Lamb, G. C. 2013. Effects of equine chorionic gonadotropin on follicle development and pregnancy rates in suckled beef cows with or without calf removal. *Journal of Animal Science*. 91(3):1216-1224.
85. Martínez, M. F.; Adam, G. P.; Kastelic, J. P.; Bergfelt, D. R.; Mapletoft, R. J. 2000. Induction of follicular wave emergence for estrus synchronization and artificial insemination in heifers. *Theriogenology*. 54:757-769.
86. \_\_\_\_\_; 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. *Journal of Animal Science*. 80:1746-1751.
87. Menchaca, A.; de Castro, T.; Chifflet, N.; Álvarez, M. 2005. Uso combinado de IATF y destete precoz en vacas de cría en anestro postparto. *In: Jornadas de Buiatría (33<sup>as</sup>, 2005, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 193-194.*
88. \_\_\_\_\_; de Castro, T.; García Pintos, C.; Cuadro, F. 2013. Implementación de programas de IATF en rodeos de cría. *In: Seminario de Actualización Técnica sobre Cría Vacuna (2013, Treinta y Tres, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 229-246 (Serie Técnica no. 208).*
89. Meneghetti, M.; Sá Filho, O. G.; Oeres, R. F. G.; Lamb, G. C.; Vasconcelos, J. L. M. 2009. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows I: basis for development of protocols. *Theriogenology*. 72:179-189.
90. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2013. Censo general agropecuario 2011: resultados definitivos. Montevideo. pp. 40-47.

91. Mihm, M.; Baguisi, A.; Boland, M. P.; Roche, J. F. 1994. Association between the duration of dominance of the ovulatory follicle and pregnancy rate in beef heifers. *Journal of Reproduction and Fertility*. 102:123-130.
92. Morris, C. A. 1980. A review of relationships between aspects of reproduction in beef heifers and their lifetime production. 2 Association with relative calving date and with dystocia. *Animal Breeding Abstracts*. 48:1-20.
93. Morrow, D. L.; Brinks, J. S. 1968. The effect of season of birth of calf on weaning weight and cow production. *In: Annual Beef Cattle Improvement Day and Anctron (19<sup>th</sup>, 1968, Colorado). Proceedings*. San Juan Basin, Colorado, American Society of Animal Science. s.p.
94. Mussard, M. I.; Burke, C. R.; Behlke, E. J.; Gasser, C. I.; Day, M. 2007. Influence of premature induction of a luteinizing hormone surge with gonadotropin-releasing hormone on ovulation, luteal function, and fertility in cattle. *Journal of Animal Science*. 85:937-943.
95. NAAB (National Association of Animal Breeders, US). 2017. Annual reports of semen sales and custom freezing. (en línea). Madison, Wisconsin. s.p. Consultado abr. 18. Disponible en <https://www.naab-css.org/semen-sales>
96. NAHMS (National Animal Health Monitoring System). 1998. Changes in US beef Cow-Calf Industry, 1993 - 1997. (en línea). Fort Collins. s.p. Consultado abr. 18. Disponible en [aphis.usda.gov/animal\\_health/nahms/beefcowcalf/downloads/beef97/Beef97\\_dr\\_PartIV.pdf](https://aphis.usda.gov/animal_health/nahms/beefcowcalf/downloads/beef97/Beef97_dr_PartIV.pdf)
97. Niswender, G. D.; Schwall, R. H.; Fitz, T. A.; Farin, C.; Sawyer, H. R. 1985. Regulation of luteal function in domestic ruminants: new concepts. *Recent Progress in Hormone Research*. 4:101-142.
98. Nuñez-Olivera, R.; De Castro, T.; Garcia Pintos, C.; Bó, G. A.; Piaggio, J.; Menchaca, A. 2014. Ovulatory response and luteal function after Egc administration at the end of a progesterone and estradiol-based treatment in postpartum anestrous beef cattle. *Animal Reproduction Science*. 146 (3-4):111-116.

99. Pelassa, A.; Chesta, P. M.; Bocco, E.; Bo, G. A. 2017. Evaluación de las tasas de preñez utilizando el protocolo J-SYNCH en vacas con cría para carne cruzada (*Bos indicus* x *Bos taurus*) tratadas con distintos dispositivos de progesterona. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (12<sup>o</sup>., 2017, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p.368.
100. Penteado, L.; Sá Filho, M. F.; Reis, E. L.; Torres-Júnior, J. R.; Madureira, E. H.; Baruselli, P. S. 2005. Eficiência reprodutiva em vacas Nelore (*Bos indicus*) lactantes submetidas a diferentes manejos durante a estação de monta. In: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal (16<sup>o</sup>., 2005, Goiânia, GO, BR). Resumos. Belo Horizonte, Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. p. 271.
101. Perry, G. A.; Smith, M. F.; Geary, T. W. 2004. Ability of intravaginal progesterone inserts and melengestrol acetate to induce estrous cycles in postpartum beef cows. *Journal of Animal Science*. 82:695-704.
102. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Lucy, M.; Green, J.; Parks, T.; Macneil, M. D.; Roberts, A. J.; Geary, T. 2005. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*. 102:5268-5273.
103. \_\_\_\_\_. 2017. Efecto de la madurez folicular sobre el establecimiento de la preñez en vacas. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (12<sup>o</sup>., 2017, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina). Trabajos presentados. Córdoba, s.e. pp. 170-199.
104. Pfeifer, L. E. M.; Leonardi, C. E. P.; Castro, N. A.; Viana, J. H. M.; Siquera, L. G. B.; Castilho, E. M.; Singh, J.; Krusser, R.H.; Rubin, M. I. B. 2014. The use of PGF2 $\alpha$  as ovulatory stimulus for timed artificial insemination in cattle. *Theriogenology*. 81:689-695.
105. Pinheiro, O.; Barros, C.; Figueredo, R.; Valle, E.; Encarnacao, R.; Padovani, C. 1998. Estrous behavior and the estrus-to-ovulation interval in nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F2 $\alpha$  or norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology*. 49:667-681.

106. \_\_\_\_\_.; Souza, A. F.; Pegorer, M. F.; Satrapa, R. A.; Ereno, R. L.; Trinca, R. A.; Barros, C. M. 2009. Effects of temporary calf removal and eCG on pregnancy rates to timed-insemination in progesterone-treated postpartum Nelore cows. *Theriogenology*. 71:519-524
107. Pursley, J. R.; Mee, M. O.; Wiltbank, M. C. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF<sub>2</sub>alpha and GnRH. *Theriogenology*. 44:915-923.
108. Quintans, G. 2007. Manejo del rodeo de cría. Destete precoz. (en línea). INIA. Treinta y Tres. Cartilla no. 2. s.p. Consultado 20 oct. 2019. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/11788310108225532.pdf>
109. Quinteros, R.; Callejas, S.; Aller, J.; Kaiser, G.; Alberio, R. H. 2000. Exogen control of follicular wave and ovulation through medroxiprogesterone acetate and estradiol benzoate in cattle. *In: International Congress on Animal Reproduction (14<sup>th</sup>, 2000, Uppsala, Suecia). Summaries. Uppasala, s.e. p. 235.*
110. Ramos, M.; Ramos de la Cruz, W.; Cutaia, L.; Bó, G. 2011. Momento de la ovulación en vacas cruza con cría al pie tratadas con dispositivos con distintas concentraciones de P4 y combinados con ECP. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9<sup>o</sup>, 2011, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 343.*
111. Randel, R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *Journal of Animal Science*. 68:853-862.
112. Reimers, T. J.; Smith, R. D.; Newman, S. K. 1984. Management factors affecting reproductive performance of dairy cows in the Northeastern United States. *Journal of Dairy Science*. 68:963-972.
113. Rendel, L. R. D.; Short, R.; Christensen, D. S.; Bellows, R. 1975. Effect of clitoral massage alter artificial insemination on conception in the bovine. *Journal of Animal Science*. 40:1119-1123.
114. Rentería, I.; Bo, G. A.; Maraña, O. D. 2017. Comparación de dos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo en vacas

múltiparas sin cría. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (12°. , 2017, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 388.

115. Rhodes, F. M.; Fitzpatrick, L. A.; Entwistle, K. W. 1995. Sequential changes in ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* heifers before and after nutritional anoestrus. *Journal of Reproduction and Fertility*. 104:41-49.
116. Richard, M. W.; Wettemann, R. P.; Spice, J. C.; Morgan, G. L. 1991. Nutricional anestrus in beef cows effects of body condition and ovariectomy on serum luteinizing hormone and insuline-like growth factor-I. *Biology of Reproduction*. 44:961-966.
117. Rivera, G. M.; Goñi, C. G.; Chagas, S. B.; Ferrero, S. B.; Bó, G. A. 1998. Ovarian follicular wave synchronization and induction of ovulation in postpartum beef cows. *Theriogenology*. 49:1365-1375.
118. Rocha, D. C.; Beskow, A.; Azeredo, D. M.; Ponsati, D. M.; Kuhl, F. N.; Mattos, R. C.; Gregory, R. M. 2005. Efecto del uso de distintos esteres de estradiol como inductor de la ovulación sobre la tasa de preñez en programas de inseminación a tiempo fijo. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6°. , 2005, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 419.
119. Roche, J.; Crowe, M. A.; Boland, M. P. 1992. Postpartum anoestrus in dairy and beef cows. *Animal Reproduction Science*. 28:371-378.
120. Rodríguez Blanquet, J. B.; Fornio, O.; Parietti, C. E.; Revello, T.; Salvarrey, L. 1992. Sincronización de celos en vaquillonas Hereford con dosis reducidas de PGF2 $\alpha$ . *Revista Argentina de Producción Animal*. 12:437-441.
121. \_\_\_\_\_; Guerra, M. H.; Villegas, N.; Bentancurt, O. 2005. Función luteal y actividad estral de vacas amamantando en anestro tratadas con un progestágeno (esponja artesanal) benzoato de estradiol y/o destete temporario. In: Congreso Latinoamericano de Producción Animal (19°. , 2005, México). Trabajos presentados. Maracay, ALPA. p. 132
122. \_\_\_\_\_. 2008a. Asociación del destete precoz-progestágeno y su efecto sobre la fertilidad de vacas primíparas inseminadas a tiempo

- fijo (análisis preliminar). In: Congreso Argentino de Producción Animal (31°. , 2008, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 132.
123. \_\_\_\_\_. 2008b. Tratamientos hormonales en vacas para carne (*Bos taurus*) en anestro con cría al pie para mejorar su comportamiento productivo y reproductivo. In: Seminario de Actualización Técnica: Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 189-199 (Serie Técnica no. 174).
124. \_\_\_\_\_.; Villegas, N.; Van Lier, E.; Minutti, A.; Bentancur, O. 2009. Evaluación biológica de la inseminación a tiempo fijo. In: Congreso Latinoamericano de Producción Animal (21°. , 2009, San Juan, Puerto Rico). Resúmenes. s.n.t. s.p.
125. \_\_\_\_\_.; Dámado, T.; Batista, C.; Mendez, S.; Van Lier, E.; Gómez, A.; Bentancur, O. 2015. Evaluación del grado de despintado en la base de la cola sobre el porcentaje de preñez usando protocolos de IATF en vacas aberdeen angus y hereford. In: Congreso Latinoamericano de Producción Animal (24°. , 2015, Puerto Vargas, Chile). Resúmenes. s.n.t. s.p.
126. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Van Lier, E.; Bentancur, O.; Cuevas, E.; Etchechury, T.; Fianza, R.; Gutiérrez, S.; Landa, R.; Pereira, S. 2017. Evaluación de 4 tratamientos de IATF en vacas multíparas de parición temprana. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (12°. , 2017, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 491.
127. Ross, P. J.; Aller, J. F.; Callejas, S.; Buttler, H.; Alberio, R. 2004. Estradiol benzoate given 0 or 24 h after the end of a progestegen treatment in postpartum suckled beef cows. *Theriogenology*. 62:265-273.
128. Rowson, L. E.; Tervit, R.; Brand, A. 1972. The use of prostaglandin for synchronization of estrus in cattle. *Journal of Reproduction and Fertility*. 29:145. (Abstract).
129. Rusiñol Mayero, C. H. 2014. Comparación de tres métodos de sincronización de celos y ovulaciones con y sin inseminación artificial a tiempo fijo en vaquillonas para carne. (en línea). s.l., Engormix.com. s.p. Consultado 23 oct. 2018. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/comparacion-tres-metodos-sincronizacion-t30822.htm>

130. Rutter, I. M.; Randel, R. D. 1984. Postpartum nutrient intake and body condition: effect on pituitary function and onset of estrus in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 58:265-274.
131. Sá filho, O. G.; Meneghetti, M.; Peres, R. F. G.; Lamb, G. C.; Vasconcelos, J. L. M. 2009. Fixed-time artificial inseminations with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows II: strategies and factors affecting fertility. *Theriogenology*. 72:210-218.
132. Saiduddin, S.; Quevedo, M. M.; Foote, W. D. 1968. Response of beef cows to exogenous progesterone and estradiol at various stages postpartum. *Journal of Animal Science*. 27:1015-1020.
133. Sales, J. N. S.; Carvalho, J. B. P.; Crepaldi, G. A.; Cipriano, R. S.; Jacomini, J. O.; Maio, J. R. G.; Souza, J. C.; Nogueira, G. P.; Baruselli, P. S. 2012. Effects of two estradiol esters (benzoate and cypionate) on the induction of synchronized ovulations in *Bos indicus* cow submitted to a timed artificial insemination protocol. *Theriogenology*. 78:510-516.
134. Savio, J. D.; Boland, M. P.; Hynes, N.; Roche, J. F. 1990. Resumption of follicular activity in the early postpartum period of dairy cows. *Journal of Reproduction and Fertility*. 88:569-579.
135. Scándolo, D.; Cuatrin, A.; Maciel, M. 2011. Efecto De la concentración de progesterona suprabasal al momento de la inseminación sobre la preñez de vacas cruzas Holando x Jersey. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9º., 2011, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 342.
136. Scena, C. G.; Peralta, R. U.; Obregón, H.; Callejas, S. 2005. Efecto del tratamiento por 8 o 9 días con CRESTAR® nuevo y usado sobre el porcentaje de preñez a la IATF en vaquillonas Brangus. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6º., 2005, Huerta Grande). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 423.
137. Senger, P. L.; Becker, W. C.; Hillers, J. K. 1976. Effect of thawing rate and post thaw temperature on motility and acrosomal maintenance in bovine semen frozen in plastic straws. *Journal of Animal Science*. 42:932-936.

138. Shipka, M. P.; Ellis, L. C. 1999. Effects of bull exposure on postpartum ovarian activity of dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 54:237-244.
139. Shively, T. E.; Williams, G. L. 1989. Pattern of tonic luteinizing hormone release and ovulation in suckled anestrous cows following varying interval of temporary weaning. *Domestic Animal Endocrinology*. 6:379-387.
140. Short, R.; Carr, J. B.; Graves, N. W.; Milmine, W. L.; Bellows, R. 1979. Effect of clitoral stimulation and length of time to complete AI on pregnancy rates in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 49:647-650.
141. \_\_\_\_\_.; Berardinelli, G.; Bellows, R. A.; Custer, E. E.; Staigmiller, R. B. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*. 68:799-816.
142. Smith, M. W.; Stevenson, J. S. 1995. Fate of the dominant follicle, embryonal survival, and pregnancy rates in dairy cattle treated with prostaglandin F2 alpha and progestins in the absence or presence of a functional corpus luteum. *Journal of Animal Science*. 73:3743-3751.
143. Smith, V. G.; Chenault, J. R.; Mcallister, J. F.; Lauderdale, J. W. 1987. Response of postpartum beef cows to exogenous progestogens and gonadotropin releasing hormone. *Journal of Animal Science*. 64:540-551.
144. Sorarrain, N.; Vaca, R. J. A.; Fernandez-Francia, M. G.; Lares, S. F.; De La Sota, R. I.; Baldo, A. 2005. Eficiencia de la utilización de benzoato de estradiol a las 0 o 24 horas del retirado el dispositivo intravaginal de progesterona para inducir la ovulación en vacas multíparas para carne. *In*: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6º., 2005, Huerta Grande, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 425.
145. Stahringer, R.; Maidana, G.; Suárez, L.; Maldonada Vargas, P. 2001. Sincronización de vacas de Segundo servicio sometidas a destete precoz e inseminación sistemática. *In*: Simposio Internacional de

Reproducción Animal (6º., 2005, Huerta Grande, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, s.e. p. 252.

146. \_\_\_\_\_.; Visco, P. 2005. Efecto de dos sales de estrógeno y del momento de su aplicación en la inseminación sistemática de vacas secas y vaquillonas cruza cebú. *In*: Simposio Internacional de Reproducción Animal (5º., 2005, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 426.
147. Stevenson, J.; Britt, J. 1977. Detection of estrus by three methods. *Journal of Dairy Science*. 60:1994-1998.
148. \_\_\_\_\_.; Lamb, G. C.; Johnson, S. K.; Medina-Britos, M. A.; Grieger, D. M.; Harmony, K. R.; Carmil, J. A.; El-Zarkouny, S. Z.; Dahlen, C. R.; Stumpf, T. J.; Day, M. L.; Wolfe, M. W.; Clutter, A. C.; Stotts, J. A.; Wolfe, P. L.; Kittok, R. J.; Kinder, J. E. 1989. Effect of estradiol on secretion of luteinizing hormone during the follicular phase on the bovine estrous cycle. *Biology of Reproduction*. 41:91-97.
149. \_\_\_\_\_.; Hoffman, D. P.; Nichols, D. A.; McKee, R. M.; Krehbiel, C. L. 1997. Fertility in estrus-cycling and noncycling virgin heifers and suckled beef cows after induced ovulation. *Journal of Animal Science*. 75:1343-1350.
150. \_\_\_\_\_.; Johnson, S. K.; Milliken, G. A. 2003a. Incidence of postpartum anestrus in suckled beef cattle: treatments to induce estrus, ovulation and conception. *The Professional Animal Scientist*. 19:124-134.
151. \_\_\_\_\_.; Lamb, G. C.; Medina-Britos, M. A.; Grieger, D. M.; Harmony, K. R.; Carmil, J. A.; El-Zarkouny, S. Z.; Dahlen, C. R.; Marple, T. J. 2003b. Supplemental norgestomet, progesterona or melengestrol acetate increases pregnancy rates in suckled beef cows after timed inseminations. *Journal of Animal Science*. 81:571-586.
152. \_\_\_\_\_.; Hill, L.; Bridges, G. A.; Larson, J. E.; Lamb, G. C. 2015. Progesterone status, parity, body condition, and days postpartum before estrus or ovulation synchronization in suckled beef cattle influence artificial insemination pregnancy outcomes. *Journal of Animal Science*. 93:2111-2123.

153. Tauck, S. A.; Berardinelli, J. 2007. Putative urinary pheromone of bulls involved with breeding performance of primiparous beef cows in a progestin-based estrous synchronization protocol. *Journal of Animal Science*. 85:1669-1674.
154. Thatcher, W. W.; Macmillan, K. L.; Hansen, P. J.; Drost, M. 1989. Concepts for regulation of corpus luteum function by the conceptus and ovarian follicles to improve fertility. *Theriogenology*. 31:149. (Abstract).
155. \_\_\_\_\_.; Driancourt, M. A.; Terqui, M.; Badinga L. 1991. Dynamics of ovarian follicular development in cattle following hysterectomy during early pregnancy. *Domestic Animal Endocrinology*. 8:223-234.
156. Thibier, M. 2005. The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. *Reproduction Nutrition Development*. 45:235-242.
157. Twagiramungu, H.; Guilbault, L. A.; Proulx, J. G.; Dufour, J. J. 1994. Influence of corpus luteum and induced ovulation on ovarian follicular dynamics in postpartum cyclic cows treated with buserelin and cloprostenol. *Journal of Animal Science*. 72:1796. (Abstract).
158. Uslenghi, G.; Gonzalez Chaves, S.; Cabodevila, J.; Callejas, S. 2014. Effect of estradiol cypionate and amount of progesterone in the intravaginal device on synchronization of estrus, ovulation and on pregnancy rate in beef cows treated with FTAI based protocols. *Animal Reproduction Science*. 145:1-7.
159. Vasconcelos, J. L. M.; Sartori, R.; Oliveira, H. N.; Guenther, J. N.; Wiltbank, M. C. 2001. Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rates. *Theriogenology*. 56:307-314.
160. Veiga, P.; Chayer, R.; Uslenghi, G.; Montiel, J.; Callejas, S. 2011a. Efecto de utilizar dispositivos intravaginales con progesterona combinados con cipionato o benzoato de estradiol para sincronizar la ovulación sobre el porcentaje de preñez a la IATF en vacas Angus puro controladas. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°. 2011, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 331.

161. \_\_\_\_\_. 2011b. Efecto de utilizar dispositivos intravaginales con progesterona combinados con cipionato o benzoato de estradiol para sincronizar la ovulación sobre el porcentaje de preñez a la IATF en vaquillonas Angus. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°. , 2011, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 333.
162. Viñoles, C.; Quintans, G.; Paiva, N.; Cavestany, D. 2000. Tratamiento del anestro posparto en vacas de carne con acetato de medroxi-progesterona (MAP) asociado a Benzoato de Estradiol o eCG. In: Congreso Mundial de Buiatría (21°. , 2000, Punta del Este, Maldonado, Uruguay). Resúmenes. Punta del Este, s.e. p. 47.
163. Vizcarra, J. A.; Ibáñez, W.; Orcasberro, R. 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas*. 7(1):45-47.
164. \_\_\_\_\_.; Wettemann, R. P. 1996. Reproducibility, Repeatability, and Degree of Expertise Required to Assess Body Condition Score in Beef Cattle. *The Professional Animal Scientist*. 12:28-31.
165. Watts, T. L.; Fuquay, J. W. 1985. Respose and fertility of dairy heifers following inyection with PGF2a during early, middle and late diestrus. *Theriogenology*. 23:655-66.
166. Welsh, T. H. Jr.; Zhuang, L. Z.; Hsueh, A. J. 1983. Estrogen augmentation of gonadotropin-stimulated progestin biosynthesis in cultured rat granulosa cells. *Endocrinology*. 112:1916-1924.
167. Wettemann, R. P.; Hill, G. M.; Boyd, M. E.; Spicer, J. C.; Forrest, D. W.; Beal, W. F. 1986. Reproductive performance of postpartum beef cows after shortterm calf separation and dietary energy and protein supplementation. *Theriogenology*. 26:433- 443.
168. Whittaker, P. R.; Colazo, M. G.; Martinez, M. F.; Kastelic, J. P.; Mpletoft, R. J. 2002. New and used CIDR-B devices and estradiol benzoate, with or without progesterona, for fixed-time AI in beef heifers. *Theriogenology*. 57:391. (Abstract).
169. Willians, G. L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review. *Journal of Animal Science*. 68: 831-852.

170. \_\_\_\_\_.; Gazal, O. S.; Guzman-Vega, G. A.; Stanko, R. L. 1996. Mechanisms regulating suckling-mediated anovulation in the cow. *Animal Reproduction Science*. 42:289-297.
171. Wiltbank, M. C.; Gümen, A.; Sartori, R. 2002. Physiological classification of the anaovulatory conditions in cattle. *Theriogenology*. 57:21-53.
172. Wright, I.; Rhind, S. M.; Russel, A. J. F.; Whyte, T. K.; McBean, A. J.; McMillen, S. R. 1987. Effects of body condition, food intake and temporary calf separation on the duration of the post-partum period and associated LH, FSH, prolactin concentrations in beef cows. *Animal Science*. 45:395-402
173. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Whyte, T. K.; Smyth, A. J. 1992. Effects of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and the duration of the post-partum anoestrous period in beef cows. *Animal Production*. 55: 41-46.
174. Yavas, Y.; Walton, J. S. 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology*. 54:25-55.
175. Zaballa, N; Repiso, G.; Lopez, A.; Cutaia, L. 2011. Efecto del momento de la IATF (48 vs 54 h) en vacas cruza cebú con cría al pie tratadas con dispositivos con 0.5 g de progesterona y cipionato de estradiol sobre el porcentaje de preñez. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°. 2011, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 338.
176. Zapiola, A.; Echeverría, S.; Callejas, S. 2005. Sincronización de celos en vaquillonas angus utilizando benzoato de estradiol al momento o 24 horas después del retiro de un dispositivo intravaginal con progesterona (nuevo o usado). In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°. 2011, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 425.