

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE CUATRO PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN
ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF) EN VACAS PRIMÍPARAS EN ANESTRO

por

Santiago GUTIÉRREZ SILVA
Rodrigo LANDA CASTRO
Santiago PEREIRA-MACHADO XAVIER

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2019

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Juan Bolívar Rodríguez Blanquet

Ing. Agr. Telmo D´Amado Rilla

Dr. M. V. MSc. Carlos Batista Bentancor

Fecha: 15 de agosto de 2019

Autores:

Santiago Gutiérrez Silva

Rodrigo Landa Castro

Santiago Pereira-Machado Xavier

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Juan Rodríguez Blanquet y al Ing. Agr. Telmo D'Amado por su constante disposición y confianza para hacernos parte de este proyecto.

A la Lic. Sully Toledo por su invaluable apoyo en la corrección de la tesis.

A los funcionarios y docentes de la Escuela Agraria Superior La Carolina, quienes nos ayudaron a que la toma de datos sea excelente.

A nuestras familias que estuvieron presentes a lo largo de todo el camino, brindando su apoyo para que esto fuera posible.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. TÉCNICAS APLICADAS EN REPRODUCCIÓN ANIMAL CON ESPECIAL REFERENCIA A INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN BOVINOS.....	2
2.1.1. <u>Aplicación de diferentes biotecnologías en reproducción animal</u>	2
2.2. CICLO ESTRAL EN BOVINOS.....	7
2.2.1. <u>Eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero</u>	7
2.2.2. <u>Fases y estadios del ciclo estral</u>	8
2.3. DINÁMICA FOLICULAR OVÁRICA EN BOVINOS ADULTOS.....	12
2.3.1. <u>Dinámica folicular durante el ciclo estral</u>	12
2.3.2. <u>Interrelaciones endócrinas y foliculares durante el ciclo estral bovino</u>	14
2.3.3. <u>Dinámica folicular durante el período posparto</u>	17
2.4. IMPORTANCIA DE LA FECHA DE PARTO EN VACAS PARA CARNE.....	18
2.4.1. <u>Relación entre fecha de parto con el anestro posparto y fertilidad posterior</u>	19
2.4.2. <u>Relación entre fecha de parto y el peso al destete de los terneros</u>	25
2.4.3. <u>Influencia de la fecha de nacimiento de la ternera en relación a la fecha de parto de su madre sobre su futura actividad productiva y reproductiva</u>	29
2.4.3.1. Sobre la ternera.....	29

2.4.3.2. Sobre el ternero.....	32
2.5. USO DE IATF EN VACAS PARA CARNE (<i>Bos taurus</i>) CICLANDO Y EN ANESTRO PARA MEJORAR SU COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO.....	34
2.5.1. <u>Protocolos hormonales para sincronizar ovulaciones en vacas cíclicas e inducir las en vacas en anestro</u>	35
2.5.2. <u>Protocolos hormonales de inducción y sincronización de la ovulación</u>	39
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	44
3.1. ANIMALES.....	44
3.2. SINCRONIZACIÓN E INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO.....	44
3.3. DESTETES TEMPORARIOS Y MANEJO DE LOS TERNEROS.....	45
3.4. CONDICIÓN CORPORAL, EXTRACCIÓN DE SANGRE Y DETERMINACIÓN DE CELO Y PREÑEZ.....	48
3.5. ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	48
3.6. EXPERIMENTO.....	49
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	50
4. <u>RESULTADOS</u>	52
5. <u>DISCUSIÓN</u>	55
6. <u>CONCLUSIONES</u>	58
6.1. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS.....	58
6.2. RELACIÓN ENTRE EL GRADO DE DESPINTADO EN EL ANCA Y EL PORCENTAJE DE PREÑEZ EN DIFERENTES CATEGORÍAS DE VACAS.....	58
6.3. COMPARACIÓN DEL PROTOCOLO JSYNCH Y EL PROTOCOLO CONVENCIONAL REFORMULADO.....	59
7. <u>RESUMEN</u>	60
8. <u>SUMMARY</u>	61
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	62
10. <u>ANEXOS</u>	77

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Número de unidades de semen vendidas de bovinos para carne y leche en EE.UU., Brasil y Argentina.....	4
2. Importaciones de semen bovino por año, en dosis.....	5
3. Número de hembras en servicio a las que se les realizó inseminación artificial (IA) (40% ganado y búfalo).....	6
4. Resumen de trabajos que relacionan el intervalo parto-primer celo y fecha de parto.....	20
5. Comportamiento reproductivo por fecha de parición.....	21
6. Efecto del mes de parto sobre la posibilidad de parir en 2 años consecutivos.....	23
7. Efecto del mes de parto sobre el intervalo interparto (IIP).....	23
8. Efecto de la fecha y edad al parto de la vaca sobre el comportamiento del ternero.....	26
9. Peso al destete de los terneros según edad de la madre.....	27
10. Efecto de la fecha de parto en kilogramos de ternero producidos.....	28
11. Efecto del grupo de parto inicial sobre la performance de los terneros de la primera parición y las subsiguientes.....	28
12. Peso al destete de los terneros según mes de parto.....	29
13. Efecto de fecha de nacimiento de la ternera sobre su reproducción y caracteres de su primer ternero.....	30
14. Efecto del mes de nacimiento sobre el crecimiento posdestete.....	31
15. Porcentaje de preñez en vaquillonas servidas en el primer celo puberal o en el tercer celo.....	32
16. Efecto de fecha de nacimiento del ternero sobre su comportamiento en el corral y caracteres de la carcasa.....	32
17. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas multíparas.....	38
18. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas primíparas.....	39
19. Porcentaje de detección de celos, porcentaje de concepción, porcentaje de preñez a la IATF y porcentaje total a la IATF en vaquillonas.....	43
20. Promedio y su desviación estándar (DE), mínimos y máximos de intervalo parto-destete temporario (días), condición corporal, peso del ternero (kg) e intervalo entre fecha fija y parto siguiente (días) de las vacas del experimento.....	52
21. Porcentaje de vacas ciclando previo al retiro de DILP, celo antes de la IATF, y preñez a los 30 y 60 días de la IATF, peso al destete (kg, media \pm EE) e intervalo de una fecha fija a la fecha de parto siguiente (días, media \pm EE) según tratamiento.....	53

22. Porcentajes de celos sobre celos totales, porcentajes de celos sobre total de hembras en el tratamiento por momento de determinación de celo y totales desde la extracción de DILP hasta 24 horas antes de la IATF del tratamiento DTC-DILP7.....	54
---	----

Figura No.

1. Desarrollo de biotecnologías modernas.....	3
2. Estadios del ciclo estral y curva esquematizada de concentración de progesterona (P4).....	9
3. Estadios del ciclo estral bovino.....	9
4. Perfil endócrino durante el fin de la fase luteal y la fase folicular completa.....	10
5. Etapas de una onda folicular anovulatoria.....	13
6. Modelo para explicar la dinámica folicular en vacas con 2 y 3 ondas foliculares por ciclo.....	14
7. Esquema de crecimiento folicular y niveles de FSH en una vaca con 2 ondas foliculares durante un ciclo estral de 21 días.....	15
8. Modelo simplificado de la acción de las hormonas y del crecimiento de los folículos desde la emergencia hasta la ovulación.....	16
9. Esquema del desarrollo folicular en vacas lecheras y vacas para carne con cría al pie no estresadas nutricionalmente.....	18
10. Edad de la vaca cuando falla por primera vez en función de su fecha de parto.....	22
11. Curvas teóricas de producción de leche de una vaca de parición temprana y tardía en función del tiempo.....	27
12. Tiempo de acción de diferentes estrógenos.....	37
13. Protocolo convencional.....	40
14. Protocolo J-SYNCH.....	42
15. Protocolo convencional reformulado.....	43
16. Ternero con tablilla nasal junto a su madre.....	45
17. Formato de tablilla para destete temporario.....	45
18. Terneros a corral.....	46
19. Malla de plástico colocada en el alambrado.....	47
20. Momento de juntar los terneros con sus madres.....	47
21. Esquemas de los tratamientos DTTN-DILP7, DTTN-DILP5, DTC-DILP7 y DTC-DILP5.....	50

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en el Uruguay a lo largo de su historia ha experimentado una baja eficiencia reproductiva del rodeo en bovinos para carne. Múltiples factores pueden ser los causantes de la misma. Éste trabajo se propone estudiar en forma exhaustiva uno de ellos: el anestro posparto, período de tiempo transcurrido entre que el animal pare y puede volver a quedar preñado. Existen diferentes tecnologías y manejos que ayudan a disminuir el anestro y así cumplir con el objetivo de obtener un ternero por vaca por año.

Para la comprensión de las tecnologías y manejos previamente mencionadas, se realizará una revisión bibliográfica de los temas que se consideran hacen a la mejor comprensión del trabajo. Comenzando por el desarrollo de las distintas técnicas reproductivas en producción animal desde que hay información confiable a nivel mundial, regional y nacional. Luego, una escueta descripción del ciclo estral incluyendo las hormonas y estructuras ováricas. Un ítem aparte será el desarrollo de los folículos (dinámica folicular) ya que es fundamental para entender las bases de los diferentes protocolos de inseminación a tiempo fijo, en adelante IATF, que hacen a un desarrollo aceptable productivo y económico tanto en vacas ciclando, como en anestro posparto.

En el siguiente punto se abordará el desarrollo de la IATF hasta la actualidad, haciendo hincapié en los últimos protocolos, con sus ventajas y desventajas, que son los que han tenido los mejores resultados reproductivos y productivos. Es posible que ya se esté en el cenit en lo que se refiere del desarrollo de los protocolos de IATF ya sea usando GnRH o benzoato de estradiol junto a dispositivos liberadores de progestinas.

A continuación, con profundidad, se abarcará el efecto de la fecha de parto sobre la productividad de la madre así como en su progenie. Este punto es clave en el manejo de un rodeo de cría y es una de las ventajas fundamentales de la IATF.

Por último se desarrollará el efecto que tienen dos protocolos de IATF (DILP 5 y 7 días) y dos tipos de destete temporario (con tablilla nasal y a corral) en el porcentaje de preñez en vacas primíparas. Éste resultado será de interés para la mayor parte de las empresas ganaderas dedicadas a la cría, ya que dicha categoría es la que presenta mayor dificultad para quedar preñada luego de parir su primer ternero siendo vaquillona. Esto se debe a que su energía tiene tres destinos: sus propios requerimientos, el amamantamiento y por último, lograr gestar un nuevo ternero.

Se agrega en anexos dos experimentos que complementan el desarrollo de la tesis. Uno de ellos, es el resultado de pintar el anca de la vaca como sustituto a la observación visual al momento de determinar celo. Mientras que el otro es la comparación, en porcentaje de preñez, de dos métodos de IATF.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. TÉCNICAS APLICADAS EN REPRODUCCIÓN ANIMAL CON ESPECIAL REFERENCIA A INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN BOVINOS

Los diversos eventos que integran la reproducción en bovinos ha sido a lo largo de los años motivo de diversos estudios, siendo uno de ellos el ciclo estral. La cabal comprensión de éste, la dinámica folicular y a las hembras en anestro, ha permitido implementar distintas biotecnologías que manipulen estos procesos, con el fin de mejorar los resultados reproductivos. La inseminación artificial, en adelante IA, es una de las biotecnologías que más impacto ha tenido en la dispersión de genes de alto valor genético. Su éxito, en cuanto a elevar los niveles de preñez en los rodeos (entre otras ventajas), se puede multiplicar utilizando protocolos de IATF.

Ésta técnica no ha tenido el mismo desarrollo en bovinos para carne que para bovinos de leche a nivel mundial. El propósito de esta sección es mostrar a qué nivel en el mundo, en la región y particularmente en el Uruguay se encuentra la IA respecto a otras tecnologías reproductivas fundamentalmente en cuanto a bovinos se refiere.

2.1.1. Aplicación de diferentes biotecnologías en reproducción animal

Fundamentalmente la IA, así como también otras biotecnologías con menor impacto (transferencia embrionaria) se vieron notoriamente beneficiadas por los adelantos en la investigación del ciclo estral y la dinámica folicular. Estas técnicas alcanzaron relativa popularidad debido a la capacidad de establecer protocolos con resultados aceptables y repetibles en diferentes partes del mundo (Baruselli et al. 2011, Bó y Mapletoft 2014).

La figura 1 muestra el avance que ha tenido el uso de biotecnologías aplicadas en la reproducción de bovinos en el mundo. La IA fue la primera en desarrollarse luego de la Segunda Guerra Mundial y la más utilizada con respecto al resto de las tecnologías reproductivas. Desde ese momento ha existido un acelerado progreso en cuanto a las tecnologías aplicadas a la reproducción y dispersión de genes, por lo menos hasta el 2005, fecha en la cual se obtuvo la información más confiable. La IA por sus características, es por el momento la de mayor incidencia aplicada en condiciones extensivas.

Si bien a nivel mundial tiene mayor incidencia sobre bovinos de leche, en la última década su uso en bovinos para carne ha aumentado considerablemente en la región (cuadro 1), inclusive en Uruguay.



Figura 1. Desarrollo de biotecnologías modernas.

Fuente: Thibier (2005).

Como se observa en el cuadro 1, tanto en EE.UU. como en Brasil, el número de unidades de semen vendidas en ganado para carne prácticamente se duplicó entre 2008 y 2016, mientras que para Argentina el crecimiento no fue tan vertiginoso, pero sí de marcada importancia.

Pese a esto, el comportamiento de este crecimiento difiere entre países. Mientras que en EE.UU. el avance es relativamente sostenido, tanto Brasil como Argentina presentan un fuerte crecimiento hasta 2012, el cual merma hasta 2015, último año con datos recabados. Eso puede deberse, en parte, a que ambos países importan una fracción del semen utilizado, lo que puede influir en los precios y también a situaciones climáticas o de coyuntura económica que desalienten al productor a invertir en esta tecnología, o incluso invertir en general. Se puede observar (cuadro 1) que en Brasil del 2008 al 2012 hubo un incremento promedio anual de casi un 19% en venta de semen de bovinos para carne, donde además casi todas esas inseminaciones se realizaron con protocolos hormonales que usan IATF (Baruselli et al., 2012). Esto se debe a que las razas utilizadas en Brasil son mayoritariamente cebuinas, las cuales en un alto porcentaje, comienzan y terminan el celo en la noche (Pinheiro et al., 1998), por lo que la determinación de celo y posterior IA por la regla AM/PM no sería efectiva.

En el caso de EE.UU., el incremento observado entre 2008 y 2016 puede deberse mayormente a la gran variedad de protocolos sencillos y efectivos que se han desarrollado en los últimos años.

Estos países contrastan en el número de unidades de semen utilizadas para bovinos de leche y bovinos de carne. Para EE.UU. el porcentaje de vacas para carne inseminadas fue sólo de un 7,6% (NAHMS, 2008), creciendo desde 5% (NAHMS, 1998). En algunas regiones especialmente ganaderas de ese país, como el Oeste, se observó que el uso de IA subía al 13,6% (NAHMS, 2008). Es de esperar que este valor también haya crecido en los últimos años.

A su vez, es interesante mencionar que el uso de IA en EE.UU. se hace más frecuente cuanto más grandes son los rodeos. Mientras que para rodeos de menos de 50 hembras el uso de IA es del 5,6%, para aquellos superiores a 200 hembras disponibles para servicio, el uso de IA asciende al 19,8% (NAHMS, 2008). Se puede presumir que esta tendencia se repite tanto en la región como en Uruguay. Con estos números es dado a entender que estos establecimientos de mayor escala cuentan tanto con mejores instalaciones, como con capacitación de su personal, lo que hace a esta biotecnología más eficiente y por lo tanto aplicable con éxito.

Cuadro 1. Número de unidades de semen vendidas de bovinos para carne y leche en EE.UU, Brasil y Argentina (x 106).

Año	EE.UU.			Brasil			Argentina		
	Total	Carne	Leche	Total	Carne	Leche	Total	Carne	Leche
2008	22,5	1,28	21,2	7,46	3,72	3,75	3,7	1,5	2,2
2009	21,1	1,2	19,9	8,17	4,49	3,68	3,4	1,1	2,3
2010	22,9	1,23	21,7	9,64	5,53	4,11	4,5	2	2,5
2011	23,9	1,4	22,5	11,91	7,01	4,9	4,9	2,3	2,6
2012	24,7	1,67	23	12,34	7,44	4,9	5,8	2,5	3,3
2013	24,7	1,81	22,9	13,2	7,66	5,36	5,7	2,4	3,3
2014	25,6	2,21	23,4	12	7,11	4,92	5,5	2,2	3,3
2015	26,4	2,66	23,7	13,6	7,1	4,9	5,9	2,4	3,5
2016	24,9	2,4	22,5	11,7	8,02	3,7	S/D	S/D	S/D
2017	25,7	2,5	23,2	12,1	8,1	4	S/D	S/D	S/D
Crecimiento total (%)	14,2	95,3	9,4	82,3	90,9	30,7	59,4	60	59,1
Crecimiento/año (%) total (2008-2017)	1,40	9,50	0,94	6,20	11,80	0,66	6,00	6,05	5,20

EE.UU. (extraído de NAAB), Brasil (extraído de ASBIA) y Argentina "Mercado del Semen Bovino" Ing. Agr. Mariano Etcheverry (AACH, 2015).

S/D-sin determinar.

Poniendo foco en la región, en 2015 la comercialización de semen en Argentina totalizó 5,9 millones de dosis, de las cuales 3 millones corresponden a bovinos de razas de carne y el resto de leche. A su vez, hay 374 mil dosis importadas, siendo su origen mayoritariamente desde EE.UU.

En cuanto a la evolución, entre 2001 y 2015, la cantidad de dosis para ganado de carne se incrementó 250%, sobre todo gracias a la difusión de la inseminación a tiempo fijo (IATF, Portal Hereford Argentina, 2015). En Argentina, si se hubiera contado con la información del 2016/17 posiblemente se habrían obtenido estimaciones similares a las de EE.UU. y Brasil.

En los tres casos se observa que el crecimiento en el número de dosis comercializadas es impulsado anualmente por aquellas destinadas a ganado para carne, lo que evidencia claramente el avance en el uso de la IA tanto en la región como en EE.UU.

Por su parte en Brasil, en 2015 la comercialización de semen alcanzó las 13,6 millones de dosis, las cuales 7,1 son para carne y 4,9 para razas lecheras. El resto son con destino de exportación o uso propio de cabañas. Teniendo 56,1 millones de hembras aptas para servicio aproximadamente, cerca del 12% fueron inseminadas artificialmente (Moitinho, 2015).

Cuadro 2. Importaciones de semen bovino por año, en dosis.

URUGUAY								
Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Dosis (miles)	411	591	743	799	918	959	120	625
Crecimiento 2009-2016 (%)								52,2
Crecimiento/año (%)								7,4

División Sanidad Animal, Departamento de Control de Comercio Internacional.

Fuente: MGAP. DGSSGG (2018).

En Uruguay, el Censo agropecuario del año 2011 (MGAP. DIEA, 2011) muestra que sólo el 15,8% (600/3865 en miles) de vacas de cría y vaquillonas fueron inseminadas artificialmente, sin especificar el protocolo utilizado.

Gil (2002), publicó en base a una encuesta que solo un 10% del rodeo de Uruguay para carne utiliza inseminación artificial, sin especificar el protocolo usado. Si bien no existe información diferenciada entre semen para ganado para carne o lechero, se puede observar en el cuadro 2 una fuerte tendencia creciente hasta 2014, donde se alcanza un máximo de casi 1 millón de dosis importadas. Cabe aclarar que el cuadro se refiere a las dosis importadas únicamente, sin tener en cuenta aquellas de producción nacional y las realizadas de manera artesanal. La abrupta caída en 2015 se presume pueda deberse a una desfavorable relación de precios, o alguna situación puntual agroclimática que provocó que los productores retrajeran sus inversiones. A partir de allí

se retomó la vía del crecimiento en 2016, año en el que se encontraban aproximadamente 4,2 millones de vacas disponibles para servicio (MGAP. DIEA, 2017). Si se toma como referencia el dato del Censo agropecuario 2011 (MGAP. DIEA, 2011), es posible inferir que se inseminan entre 600.000 y 700.000 vacas anualmente, mayoritariamente vaquillonas.

Hasta el momento no se tiene información en el país de inseminación artificial usando sincronización e inducción a través de IATF.

El uso de esta biotecnología se ha visto incrementado tanto en el mundo como en Uruguay, debido especialmente a los protocolos hormonales que la hacen mucho más sencilla de llevar a cabo con éxito.

En el cuadro 3 se muestra la totalidad de hembras (cabras, cerdas, vacas, etc.) factibles de servicio en el mundo y de éstas las que se inseminan. De ese total, 40% es ganado vacuno y búfalo. De este sub-total, el 20% son inseminadas artificialmente, presentando gran variación entre continentes y zonas.

Es posible que este número haya crecido entre 2005 (año de la última información encontrada) y la actualidad, como se ha afirmado anteriormente, debido al avance plasmado en las diversas publicaciones científicas disponibles respecto a distintos protocolos de inducción y sincronización de ovulaciones.

La expansión de la IA en ganadería extensiva para carne tiene actualmente ciertas limitaciones. En primer lugar la necesidad de buenas condiciones de infraestructura para aplicarla (mangas, cepo, potreros grandes, etc.), y por otro lado la falta de entrenamiento adecuado del personal en cuanto a la técnica de canulación, descongelamiento de semen y determinación de celos.

Cuadro 3. Número de hembras en servicio a las que se les realizó inseminación artificial (IA) (40% ganado y búfalo).

Regiones	Total de hembras potenciales (A) (10 ³)	Total con IA (B) (10 ³)	Relación B/A
África	51577	871 (0,08%)	1,68
N. América	45206	11203 (10.2%)	24,8
S. América	124460	1367 (0,12%)	1,09
Europa	61750	37738 (34.2%)	61,11
Lejano Este (a)	236850	58181 (52.7%)	24,56
Cercano Este (b)	23433	1068 (0,9%)	4,55
Total	543276	110429 (100%)	20,32

(a): China, Japón, Corea, Malasia.

(b): Turquía, Siria, Jordania, Israel, Irak, Palestina.

Fuente: Thibier (2005).

En Uruguay, si bien se han realizado análisis económico de la inseminación artificial convencional, sincronizada o inducida, respecto al servicio natural; el mismo no es suficiente.

Esfuerzos dirigidos hacia levantar estas limitaciones de las empresas pecuarias harían posible generalizar el uso de esta biotecnología, que redundaría en ventajas biológicas y económicas, especialmente cuando se utiliza la inducción y/o sincronización de ovulaciones en una amplia gama de condiciones.

2.2. CICLO ESTRAL EN BOVINOS

Al igual que en todas las especies, el ciclo estral en bovinos comienza en la pubertad. Ésta se define como el momento en que se manifiesta el primer celo o estro acompañado de la ovulación correspondiente. La pubertad entonces marca el inicio de la actividad reproductiva y en los vacunos ocurre entre los 8 y los 18 meses de edad.

El celo es el período en que la hembra acepta al macho (receptividad sexual), mientras que el ciclo estral es el número de días entre 2 celos consecutivos. Éste, en los bovinos, tiene una duración promedio de 21 (\pm 4 días) y se produce en forma continua a lo largo del año, por lo que las hembras bovinas son clasificadas como poliéstricas anuales.

Por otro lado, la duración media del celo bovino es de 15 a 18 horas, existiendo varios factores que pueden afectar esa duración, por ejemplo raza, nutrición, lactancia, ambiente, entre otros. Con respecto a la ovulación, ocurre aproximadamente 12 horas después de terminado el celo.

El ciclo estral resulta de la coordinación fundamentalmente de 4 órganos (cerebro, hipófisis, ovarios y útero).

A continuación, se hará una descripción de las características fundamentales del eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero y las distintas etapas y fases del ciclo estral.

2.2.1. Eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero

Como se mencionó anteriormente, el ciclo estral está regulado por interacciones entre distintos órganos, donde toma gran importancia la regulación hormonal que surge en el eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero.

La interrelación entre el sistema nervioso y endócrino se explica a través del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal, sistema regulado principalmente por la hormona GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas). Ésta es sintetizada en el hipotálamo, para luego ser liberada y llegar a la hipófisis, donde estimula la secreción de dos hormonas hipofisarias denominadas gonadotropinas: LH (hormona luteinizante) y FSH (hormona folículo estimulante).

La hipófisis, localizada bajo el hipotálamo, está formada por una parte anterior o adenohipófisis y una posterior o neurohipófisis.

En la adenohipófisis se producen varios tipos de hormonas, entre ellas, las ya mencionadas LH y FSH las cuales cumplen un rol fundamental en el control neuroendócrino del ciclo estral. La FSH es la encargada del proceso de esteroidogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular, mientras que la LH interviene en el proceso de ovulación y formación y mantenimiento del cuerpo lúteo.

Por otra parte, la neurohipófisis es la encargada de acumular y liberar la oxitocina generada previamente en el hipotálamo.

El útero es un órgano que posee variadas funciones, entre ellas producir la prostaglandina $F2\alpha$ ($PGF2\alpha$), la cual interviene en la regresión del cuerpo lúteo.

Los ovarios son a la vez glándulas exócrinas y endócrinas. Su función es liberar óvulos y secretar hormonas. Entre las hormonas que producen los ovarios se puede citar a los estrógenos, oxitocina, inhibina y progesterona.

Los estrógenos en animales no preñados son secretados por folículos, mientras que en los preñados son secretados fundamentalmente por la placenta. En su síntesis intervienen las ya mencionadas FSH y LH. Existen numerosas respuestas estimuladas por los estrógenos, entre ellas el crecimiento de glándulas endometriales, crecimiento de ductos de la glándula mamaria, estimulación de la actividad secretoria de los oviductos, estimulación de la receptividad sexual, regulación de la secreción gonadotrófica y la estimulación del inicio de la secreción de prostaglandina.

Con respecto a la oxitocina, principalmente es secretada por la neurohipófisis, pero también es secretada por el ovario. Los períodos de máxima liberación de oxitocina son el parto y/o durante el amamantamiento. Una vez que la oxitocina es liberada, su efecto es producido rápidamente, pues su vida media es de tan solo un minuto y medio.

La inhibina juega un rol importante en la secreción de FSH, provocando un feedback negativo sobre su síntesis.

En cuanto a la progesterona es producida fundamentalmente por el cuerpo lúteo y por la placenta. Esta hormona comúnmente produce sus efectos en sinergismo con los estrógenos. Dentro de las respuestas que induce cabe destacar: hipertrofia de las glándulas endometriales, crecimiento alveolar de las glándulas mamarias, estimula la actividad secretora del oviducto, bloquea la motilidad uterina y regula la secreción de gonadotrofinas (Ungerfeld, 2002).

2.2.2. Fases y estadios del ciclo estral

El ciclo estral puede dividirse en dos fases: fase luteal y fase folicular.

La primera, de mayor duración, se extiende desde la ovulación del folículo preovulatorio hasta la regresión del cuerpo lúteo, mientras que la fase folicular, ocurre desde la luteólisis hasta la ovulación.

Para realizar un estudio del ciclo estral más profundo desde el punto de vista fisiológico, se subdividirá a éste en 4 estadios: proestro (desde el comienzo de la

luteólisis hasta el inicio del celo), estro (celo), metaestro (desde el final del celo hasta la formación del cuerpo lúteo) y diestro (presencia del cuerpo lúteo activo).

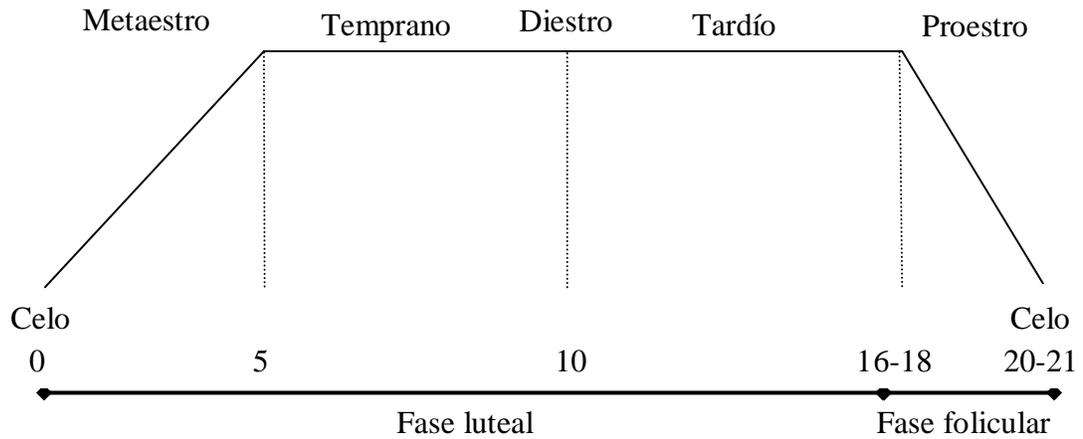


Figura 2. Estadios del ciclo estral y curva esquematizada de concentración de progesterona (P4).

A medida que se desarrolla el cuerpo lúteo, las cantidades de progesterona que produce dicha estructura comienzan a aumentar (figura 2). El cuerpo lúteo es una glándula transitoria, es decir, no permanente. La figura 3 muestra los distintos estadios del ciclo estral y las variaciones de los niveles de progesterona (P4) y estradiol (E2) durante el mismo.

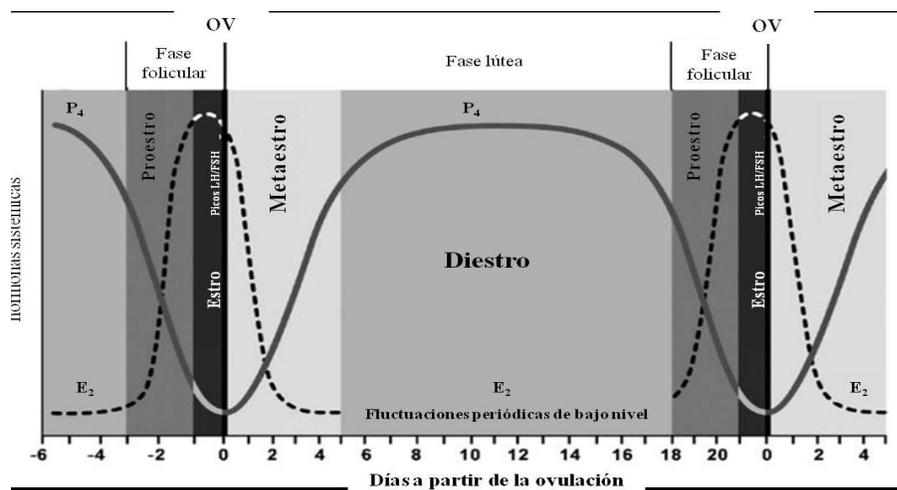


Figura 3. Estadios del ciclo estral bovino.
Fuente: Senger (1999).

Como se mencionó anteriormente, la concentración de progesterona presenta variaciones entre las distintas fases del ciclo estral. Una función importante de esta hormona es ejercer una retroalimentación negativa sobre la frecuencia de pulsos de GnRH, inhibiendo así la pulsatilidad de LH (hormona responsable de la ovulación). En la figura 3 se puede observar la variación en los niveles de las distintas hormonas en los estadios finales del ciclo estral.

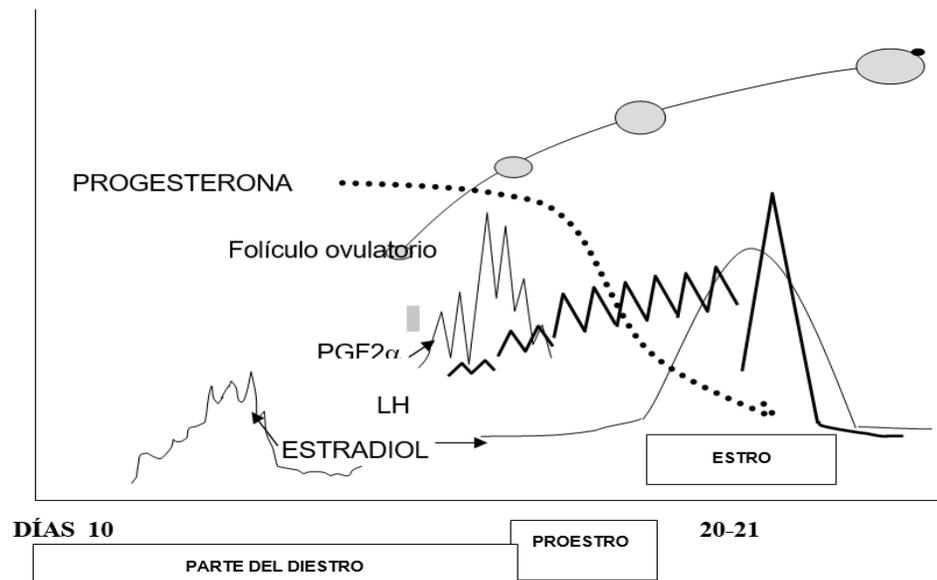


Figura 4. Perfil endócrino durante el fin de la fase luteal y la fase folicular completa.

Fuente: Ungerfeld (2002).

Los bovinos son una especie de ovulación espontánea, es decir, el pico de LH se da a partir de un mecanismo de regulación endócrino independiente de estímulos a corto plazo. La figura 4 muestra como la disminución de progesterona termina con la retroalimentación negativa que ésta ejercía sobre la pulsatilidad de GnRH y LH, incrementándose así la frecuencia y magnitud de los pulsos de LH.

Una vez alcanzado el pico de LH caen los niveles de estrógenos desencadenándose así la ovulación y el comienzo de un nuevo ciclo. Poco antes de la ovulación, en el folículo ocurren cambios que determinan que las células de la granulosa pierdan su capacidad de secretar estrógenos y comiencen a producir y liberar progesterona al mismo tiempo que se debilita la pared del folículo, de forma tal que ésta se rompa y pueda liberar al ovocito. A su vez, el pico de LH determina que las células de la granulosa comiencen a transformarse en tejido luteal, previo a la ovulación. Para que se desencadene el proceso ovulatorio es importante además que se induzca la producción de ciertas hormonas, por ejemplo PGF2α, PGE2, estrógenos y relaxina. Finalizado el estro comienza el metaestro, estadio que se extiende hasta alcanzar la máxima

concentración de progesterona, aproximadamente alrededor del día 5. Posteriormente, del día 5 al 16-18, se da el diestro (figuras 3 y 4), estadio en el que el cuerpo lúteo se encuentra activo produciendo progesterona, la cual es posible detectar y cuantificar por métodos de laboratorio.

El estadio siguiente se conoce como proestro y comienza una vez que se inicia la regresión del cuerpo lúteo o luteólisis, es decir la muerte de las células luteales. Este proceso está vinculado a la disminución que se da en los niveles de progesterona. Durante el proestro se da la maduración del folículo, su aumento de tamaño, y el incremento en los niveles de estrógenos (figura 4). Este estadio finaliza con el reinicio de la receptividad sexual o celo.

De acuerdo a lo que se ha mencionado, el ciclo estral puede separarse en dos grandes fases, fase luteal y fase folicular, dependiendo de la estructura que predomine en cada período (figura 4).

Durante la fase luteal, la estructura que predomina es el cuerpo lúteo (CL). Luego de la luteólisis se da el pico de LH, el cual desencadena una serie de eventos que finalizan con la ovulación y formación de un nuevo CL.

Mientras que el CL se desarrolla, la concentración de progesterona va aumentando, al mismo tiempo que las concentraciones de estrógenos comienzan a disminuir, debido a la ausencia de enzimas involucradas en su síntesis.

Como ya se ha mencionado, la progesterona ejerce variados efectos durante el ciclo estral. Es una de las hormonas necesarias para que ocurra el celo, en conjunto con el aumento posterior de los niveles de estrógenos. La concentración de esta hormona en la fase luteal genera una inhibición en la pulsatilidad de LH. A su vez, durante los primeros días de esta fase (luteal) la progesterona inhibe la secreción uterina de la $PGF2\alpha$, determinando entonces el momento de la luteólisis.

El momento en que ocurrirá la luteólisis por lo tanto estará vinculado al descenso en la concentración de progesterona y principalmente al aumento en el nivel de $PGF2\alpha$. Esta hormona es producida en el útero (endometrio) y posteriormente liberada hacia la vena uterina. Luego, a través de un mecanismo a “contracorriente” por diferencia de concentración, la $PGF2\alpha$ pasa a la arteria ovárica y llega al ovario, asegurándose de esta forma que no pase por el pulmón donde podría ser destruida.

En la luteólisis, además del descenso de progesterona y el aumento de $PGF2\alpha$ también se da un aumento en las concentraciones de estrógenos, que a su vez controlan los receptores uterinos de oxitocina. La producción de la oxitocina es del propio cuerpo lúteo. Se podría pensar que también actúa la oxitocina de la neurohipófisis.

La $PGF2\alpha$ liberada por el endometrio es la que genera la destrucción del cuerpo lúteo. El proceso de luteólisis finaliza con la formación de una nueva estructura ovárica denominada cuerpo albicans. Como se explicó anteriormente, finalizada la luteólisis

comienza el proestro, estadio que tendrá una duración aproximada de 2 a 5 días (figura 3).

Los bajos niveles de progesterona durante esta fase terminan con la retroalimentación negativa sobre la pulsatilidad de la GnRH y LH. Como se ha mencionado, el aumento de LH induce la ovulación y por lo tanto disminuye la secreción de estradiol del folículo preovulatorio, iniciándose un nuevo ciclo.

Si el ovocito es fecundado, el cuerpo lúteo permanecerá funcional hasta 24 horas antes del parto.

2.3. DINÁMICA FOLICULAR OVÁRICA EN BOVINOS ADULTOS

Los estudios sobre reproducción animal llevados a cabo sobre el final del siglo pasado se concentraron no solo en el desarrollo de las técnicas para evaluar concentraciones hormonales y sus receptores, sino también en la ultrasonografía para determinar cambios morfológicos en el ovario. Esto permitió alcanzar una mayor comprensión del desarrollo folicular tanto en el ovino como en el vacuno. La ultrasonografía en tiempo real demostró el crecimiento del folículo mediante ondas en el bovino. En base a dicho descubrimiento se realizaron un importante número de trabajos que demuestran que el patrón de ondas se repite en todos los momentos fisiológicos de la hembra bovina, incluyendo el período prepuberal, los períodos de actividad cíclica, la preñez y el período posparto. Una de las principales aplicaciones es en la sincronización y/o inducción de ovulaciones, pilar fundamental en las técnicas de IATF.

El presente capítulo se enfoca en la dinámica folicular en vacas ciclando normalmente y vacas en anestro posparto. Este conocimiento es básico para entender el control de la reproducción ya sea por medios biológicos, hormonales o su combinación.

2.3.1. Dinámica folicular durante el ciclo estral

Para poder comprender la dinámica folicular, primero se debe definir una onda folicular. Ésta es el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos identificables a partir de un diámetro de 4 milímetros (momento en el cual es posible visualizarlo en un ecógrafo con un transductor 5.0 MHz), lo cual ocurre al mismo tiempo en ambos ovarios. Dicha onda folicular anovulatoria atraviesa 3 etapas: la primera de crecimiento, la siguiente estática, durante la cual el folículo no cambia su diámetro, y una etapa de regresión (figura 5).

En los siguientes dos a tres días luego de la ovulación todos los folículos crecen, pero solo uno de ellos es “seleccionado” (se tratará luego con mayor detalle este proceso de selección), el cual continúa creciendo hasta convertirse en el folículo dominante. El resto de los folículos, denominados subordinados, pueden crecer hasta un tamaño de 8 milímetros (mm). Tres días después de la emergencia de la onda, atraviesan un corto período estático, luego se vuelven atrésicos y regresan mediante proceso fisiológico llamado apoptosis (muerte celular programada). El folículo dominante de la

primera onda será anovulatorio, si la vaca está ciclando normalmente, debido a que crece en la fase luteal (fase de crecimiento).

Es posible diferenciar a la gran mayoría de las hembras bovinas en dos grupos según si emergen dos o tres ondas foliculares en cada uno de sus ciclos. La primera onda de desarrollo folicular se detecta, sin variaciones, el día de la ovulación (día 0). Para el caso del grupo de dos ondas, la segunda comenzará el 9°. o 10°. día, mientras que lo hará el 8°. o 9°. día para el grupo de tres ondas (figura 6). Cabe resaltar la gran variabilidad individual en la emergencia de dicha onda (6°. a 12°. día). En hembras con este último tipo de desarrollo folicular, la tercera onda emerge el 15°. o 16°. día.

La regresión del cuerpo lúteo comienza más temprano para el primer grupo (día 16) que para el de tres ondas (día 19), afectando por lo tanto el intervalo entre ovulaciones.

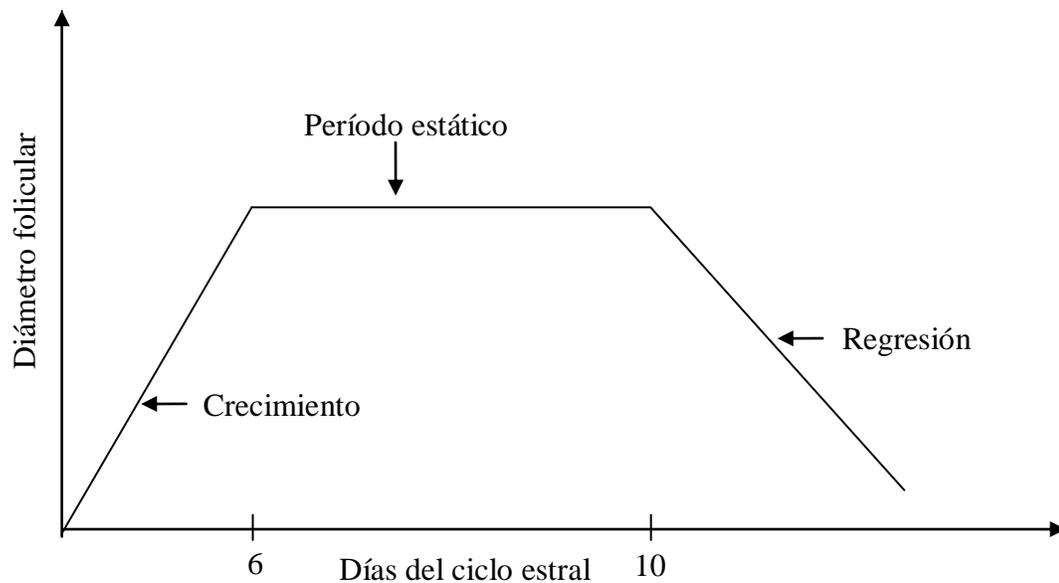


Figura 5. Etapas de una onda folicular anovulatoria.

La duración del ciclo estral de la vaca depende principalmente de su patrón de desarrollo folicular. Una vaca con un patrón de dos ondas foliculares por ciclo tendrá un ciclo estral de 18 a 20 días y de 21 a 23 si fuera de tres ondas.

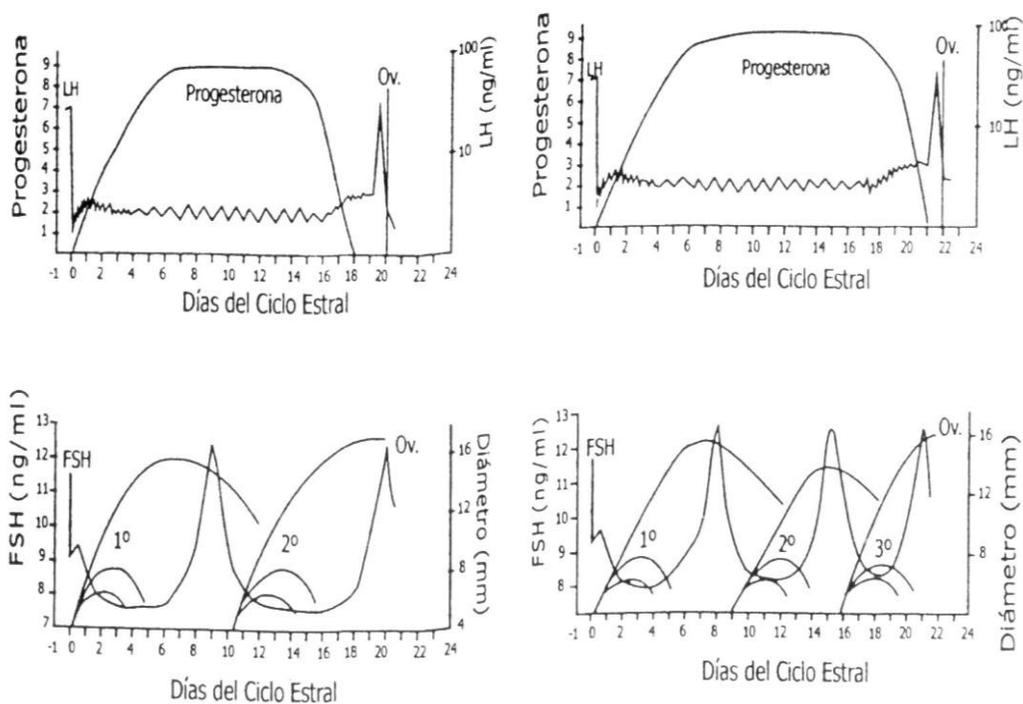


Figura 6. Modelo para explicar la dinámica folicular en vacas con 2 y 3 ondas foliculares por ciclo.

Fuente: Bo y Caccia (2002).

En ambos casos, el folículo dominante presente en el momento que ocurre la luteólisis será el folículo ovulatorio.

La casi totalidad de las hembras tienen patrones de desarrollo folicular de dos o tres ondas, siendo una pequeña minoría aquellas que presentan una o cuatro ondas foliculares. En el caso de cuatro ondas, la cuarta onda comienza entre el 20 o 21 día y el ciclo estral dura 24 o 25 días.

La diferencia entre hembras según la cantidad de ondas que presentan por ciclo no repercutiría en su fertilidad.

2.3.2. Interrelaciones endócrinas y foliculares durante el ciclo estral bovino

Diversos estudios publicados a partir de la década del 90 delatan fundamentalmente a la hormona FSH y a la hormona LH, ambas secretadas por la adenohipófisis, como las hormonas que regulan la dinámica folicular en función de respuestas diferenciales de los folículos a su concentración en la sangre de las hembras.

Se ha demostrado que existe una descarga de FSH dos días antes de la emergencia de cada onda. Dicha descarga es la responsable del reclutamiento de los folículos de una onda folicular y presenta un pico máximo, un día antes o el día de

comienzo de la onda (figuras 2 y 3). Esta es la causa por la que se observan 2 o 3 picos de FSH en los ciclos estrales de 2 o 3 ondas respectivamente.

También ha sido demostrada por algunos investigadores la existencia de dos picos de FSH cercanos al celo.

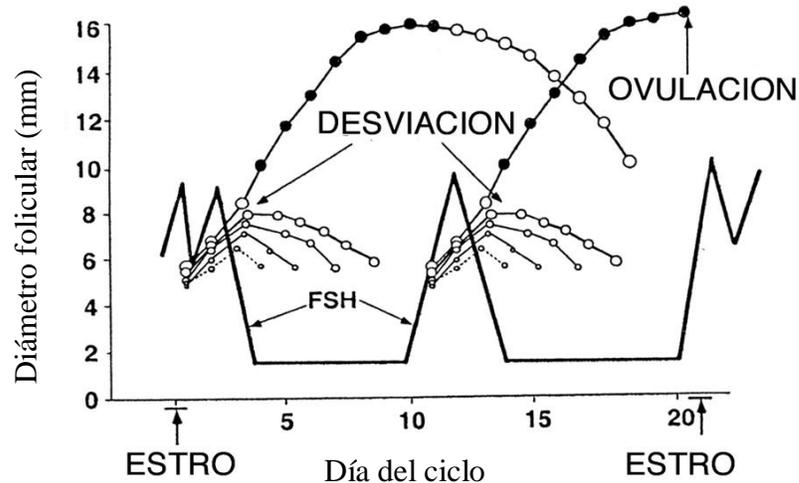


Figura 7. Esquema de crecimiento folicular y niveles de FSH en una vaca con 2 ondas foliculares durante un ciclo estral de 21 días.

Fuente: Wiltbank et al. (2002).

El primero de esos picos corresponde a la liberación de FSH que ocurre al mismo tiempo que la liberación de LH (inducidas por la GnRH), mientras que el segundo pico ocurre cerca de la ovulación.

En la figura 7 se evidencia que los perfiles de crecimiento del folículo dominante y de los subordinados comienzan a diferenciarse (“desviación”) en el momento en que los niveles de FSH caen rápidamente. El concepto de ‘selección’, citado algunos párrafos más arriba, indica que un folículo de cada onda será dominante y eventualmente ovulatorio, mientras que el concepto de ‘desviación’ refiere al cambio en el crecimiento de un folículo con respecto al resto de sus “compañeros” de reclutamiento. El folículo dominante comienza a crecer a mayor ritmo y los subordinados cesan de crecer o lo hacen más lentamente. Los niveles más bajos de FSH ocurren alrededor del momento de la “desviación” (figura 7), cuando el folículo dominante alcanzó alrededor de 8.5 mm y el subordinado de mayor tamaño 7.2 mm. En este momento los folículos subordinados se atresian, mientras que el folículo dominante adquiere la habilidad de seguir creciendo a bajos niveles de FSH (“selección”). Las hormonas producidas por los folículos en crecimiento como el estradiol y la inhibina

actúan para deprimir los niveles de FSH. La inhibina es aparentemente secretada por todos los folículos en desarrollo, mientras que el estradiol es producido principalmente por el 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 únicamente el folículo dominante adquiere receptores de LH también en las células de la granulosa. El primer folículo que adquiera dichos receptores será el dominante (en esto consiste la “selección”), lo cual le permite crecer con bajos niveles de FSH. Los receptores de LH aumentan en gran cantidad a partir del día 4 de la onda, cuando el folículo dominante tiene ya más de 8 mm de diámetro. La LH se unirá a los receptores de las células de la granulosa estimulando la mayor producción de estradiol. Es decir, el crecimiento máximo del folículo dominante dependerá, luego de la ‘desviación’, de la cantidad de pulsos de LH, independientemente de los de FSH. Esta es la razón por la cual, se dice que el folículo dominante mayor de 8 mm ya es FSH-independiente pero LH-dependiente. Por lo tanto, el crecimiento folicular antes de la ‘selección’ folicular requiere FSH, pero después de ésta necesita pulsos de LH.

La FSH es la responsable de regular el crecimiento primario de los folículos hasta poco antes de la selección folicular. En ese momento, la concentración de dicha hormona alcanza un mínimo, por lo que desde ese punto el crecimiento continuo del folículo dependerá de los pulsos de LH. La ovulación del folículo dominante ocurre cuando se produce un pico de LH inducido por el nivel sanguíneo de estradiol generado por este mismo folículo (retroalimentación positiva), el cual a su vez tuvo por causa su continuo crecimiento.

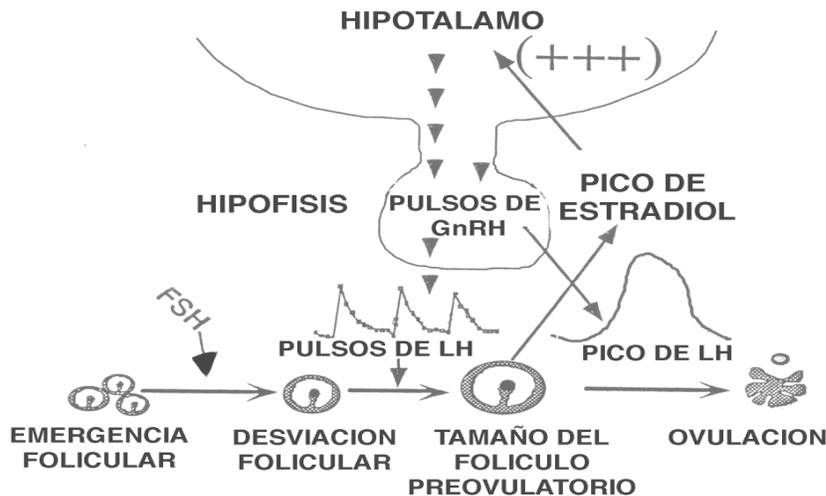


Figura 8. Modelo simplificado de la acción de las hormonas y del crecimiento de los folículos desde la emergencia hasta la ovulación.

Fuente: Wiltbank et al. (2002).

El balance entre los niveles de LH y el crecimiento folicular puede ser el causante del proceso de regresión del folículo dominante de las ondas foliculares anovulatorias y el comienzo de la próxima onda folicular, proceso llamado “recambio folicular”. El nivel de progesterona tiene diferentes consecuencias en la hembra. Altos niveles de esta hormona repercuten sobre el desarrollo del folículo dominante en el bovino, no logrando suprimir la liberación de FSH, pero sí alterando la frecuencia de los pulsos de LH. El crecimiento del cuerpo lúteo en la fase luteal del ciclo estral provoca altos niveles de progesterona, afectando la secreción de LH y provocando que el folículo dominante cese sus funciones metabólicas y entre en regresión. Esto a su vez provoca un nuevo pico de FSH y la emergencia de una nueva onda folicular. Dicha interrupción en la secreción de estradiol y de inhibina desencadena varios procesos. Comienza aumentando la secreción de FSH, lo que lleva a reclutar nuevos folículos que formaran la siguiente onda folicular. Por el contrario, los bajos niveles de progesterona al ocurrir la luteólisis, resultan en un incremento de la frecuencia de los pulsos de LH. Este hecho trae como consecuencia un mayor crecimiento del folículo dominante y un aumento de las concentraciones de estradiol. Por último, esta hormona induce los signos del celo y el pico preovulatorio de LH, provocando la ovulación de ese folículo.

2.3.3. Dinámica folicular durante el período posparto

En éste período el desarrollo folicular cíclico en forma de ondas de crecimiento continúa, pero lo hace con folículos de mayor tamaño medio dado que una vez ocurrido el parto la abrupta caída en el nivel sanguíneo de la P4 hace que la concentración de FSH ya no se presente como una limitante para el desarrollo folicular. Sin embargo, dicho folículo debe exponerse a una adecuada frecuencia de pulsos de LH para que se realice la ovulación (figura 9). De no presentarse pulsatilidad de LH el folículo dominante comenzaría a regresar (atresia) ya que no se alcanzó los umbrales mínimos de estrógenos que desencadenen el pico preovulatorio de LH. Por esto, comenzará a desarrollarse una nueva onda folicular. Cuando se comienza a dar una alta frecuencia de pulsos de LH, se estimula una alta concentración de estradiol de origen folicular y por retroalimentación positiva sobre el hipotálamo, se desencadena un pico preovulatorio de LH y FSH. La diferencia en la dinámica folicular en el posparto entre la vaca lechera y la vaca de cría de rodeos para producción de carne radica en la ausencia o la presencia del ternero frente a su madre: la presencia del ternero amamantando limita o inhibe la pulsatilidad de la LH, y este sería el descubrimiento más importante de fin del siglo pasado en bovinos para carne.

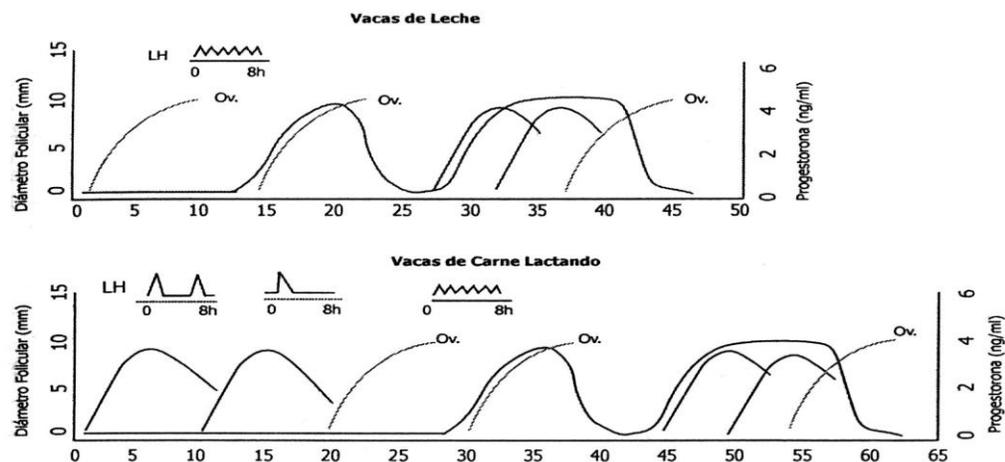


Figura 9. Esquema del desarrollo folicular en vacas lecheras y vacas para carne con cría al pie no estresadas nutricionalmente.

Fuente: Roche et al. (1992).

Resultando que vacas productoras de leche ovulan antes que las vacas con cría al pie en condiciones nutricionales adecuadas.

Como conclusión, en vacas en anestro realmente hay un folículo capaz de ovular y la no ovulación de ese folículo se debe a que no existe suficiente pulsatilidad de LH para que ocurra.

2.4. IMPORTANCIA DE LA FECHA DE PARTO EN VACAS PARA CARNE

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).

Dziuk y Bellows (1983) muestran que el fallo en la concepción de las vacas de un rodeo de cría es el factor que más afecta la producción de terneros. Estos autores se refieren a las distintas pérdidas que se dan desde la concepción hasta el destete.

Bellows et al. (1974) mediante un ejemplo, presenta que tanto el porcentaje de destete como el peso al destete de los terneros son los factores que afectan los kilogramos de ternero producidos por vaca entorada, siendo el primero el que más incide sobre el índice descrito.

Es posible afirmar que definir la época y duración del servicio, y por lo tanto de pariciones, es una de las decisiones que determinan la productividad en condiciones de pastoreo extensivo (Grings et al., 2005). En rodeos con servicio restringido y fecha fija de destete, las vacas más eficientes son las que paren al inicio de la temporada de partos (Pérez et al. 2011, Cushman et al. 2013), ya que destetan terneros más pesados (Funston et al., 2012) y tienen más tiempo para reiniciar los ciclos reproductivos (Cushman et al.,

2013). Se agrega que pueden llegar ciclando al siguiente entore y, por lo tanto, tener más oportunidades de preñarse al inicio de dicho servicio. Así, las vacas vuelven a parir temprano al año siguiente (Kill et al., 2012) y permanecen más tiempo en el rodeo (Mousel et al. 2012, Cushman et al. 2013). Por otra parte, las vacas que paren al final de la temporada de partos tienden a volver a parir tarde o no parir al año siguiente y destetan terneros más livianos (Kill et al., 2012).

En este capítulo se analizarán los efectos de la fecha de parto de una vaca sobre la fertilidad siguiente y subsiguiente, y por lo tanto sobre la producción de por vida de la misma. Así también el efecto del momento de nacimiento de la ternera y el ternero en un período de parición de alrededor de 100 días sobre su actividad productiva y reproductiva a lo largo de su vida.

2.4.1. Relación entre fecha de parto con el anestro posparto y fertilidad posterior

Morris (1980) resumió estimaciones de varios autores para correlaciones y regresiones del intervalo parto-primer celo sobre la fecha de parto anterior para vacas y vaquillonas. Nueve de las once regresiones son negativas (cuadro 4). El promedio de las regresiones del cuadro 4 mostró un intervalo parto-primer celo de 0,65 día más corto, por cada día que se atrasa el parto en una vaca. En decir, una vaca que se atrasa en su fecha de parto en 21 días, presentará su primer celo post parto con un adelanto de 14 días. En resumen, las vacas que paren más tarde tienen un intervalo parto-1er celo más corto que las que paren más temprano.

Cuadro 4. Resumen de trabajos que relacionan el intervalo parto-primer celo y fecha de parto.

Autores	Época de parto	R	b	Observaciones
Knight y Nicoff (1978)	Primavera		-0,7	Conjunto de 4 razas (carne y leche) vaquillonas
Morris et al. (1978)	Primavera		-0,4	Conjunto de 5 razas (carne): vaquillonas Aberdeen Angus
	Primavera		-1,1	
Delton et al. (1978)	Primavera		-0,8	Conjunto de 4 razas (carne y leche)
Warnick (1955)	Primavera	-0.62	-0,61	Aberdeen Angus y Hereford
Bosman y Harwin (1969)	Invierno tardío		-0,42	
Kilkenny (1978)	Varias	Positiva		575 rodeos
Bellows y Short (1978)	Primavera		-0,72	Vacas y vaquillonas: exp. 1 y 2
	Primavera		-0,41	
Laster et al. (1973b)	Verano-otoño	Positivo		5 razas de carne y cruza. Valor significativo para vacas mayor de 4 años; correlación del intervalo parto-entore con fecha de parto significativa para todas las edades de vacas.
Doorbos et al. (1977)			-0,39	Vacas y vaquillonas

(1) Relaciones fenotípicas: r = correlaciones b = regresión de intervalos sobre la fecha del primer parto (día/día).

Fuente: adaptado de Morris (1980).

La información suministrada se refiere principalmente a experimentos o datos de campo con pariciones concentradas de primavera (la mayoría de las vacas parían dentro de 100 días). La fertilidad del rodeo y fecha de parto en el siguiente y los subsiguientes partos dependerá principalmente del manejo del servicio (fecha de comienzo y largo del mismo).

Si el período de servicio es corto, por ejemplo 45 días, o en algunos casos más corto, se tendería a inducir una correlación positiva entre fecha de parto y porcentaje de hembras que conciben en el siguiente servicio. Si el servicio se alarga respecto al

período anterior, esto tendería a inducir una correlación negativa entre la fecha del parto y el intervalo interpartos (Plasse et al., 1968).

López-Trujillo et al. (2016) evaluaron el efecto de la fecha del primer parto de vacas Charolais sobre su eficiencia productiva en un sistema de cría del sureste de Coahuila, México. Se analizó una década de información para probar este efecto en un rodeo de 201 animales. Al analizar la serie de años, la fecha de parto mostró una baja repetibilidad (0,25). Las vacas que parieron temprano no volvieron a hacerlo en partos subsecuentes. Sin embargo, vacas que parieron tarde mantuvieron esa característica en las siguientes pariciones. Parecería ser entonces más complejo mantener entre años una fecha temprana de parición que una tardía, por mayor variabilidad en las condiciones de este experimento.

Vacas con partos tardíos tienen anestros pospartos más cortos y concepciones más tempranas, como consecuencia de parir en un ambiente alimenticio estacional favorable si se dan en primavera. Pero, en rodeos con servicio fijo y estacional los animales con partos tardíos tienen menos probabilidad de preñarse por coincidir poco tiempo con los toros, lo que repercute negativamente en su vida productiva.

Los valores de repetibilidad reportados por Lesmeister et al. (1973) para fecha de parto en dos rodeos diferentes fueron 0,092 y 0,105, Rege y Famula (1993) publicaron valores de 0,23 y Vander Westhuizen et al. (2001) 0,12. La baja repetibilidad de la fecha de parto se explica en parte por la sensibilidad que presenta esta variable a las prácticas de manejo reproductivo y alimenticio.

Es posible concluir entonces que dada la baja heredabilidad que tiene la fecha de parto, desechar vacas cuyo primer parto fue tardío, no aseguraría un incremento en la fertilidad, sobre todo en ambientes alimenticios limitados.

Se encontró una estrecha relación entre la fecha de parto del año previo y el porcentaje de falladas al siguiente año, para servicios de 90 días.

Cuadro 5. Comportamiento reproductivo por fecha de parición.

Días previos de parición	1-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Vacas preñadas en el período siguiente (%)	93,1	90,6	87,1	82,1	73,9

Fuente: Burris y Priode (1958).

Por lo tanto, una vaquillona que pare temprano su primer ternero, producirá más kilos de ternero destetado el resto de su vida debido a que sigue pariendo temprano en las siguientes pariciones y tiene menor probabilidad de fallar que aquella que pare tarde (cuadro 5). La correlación entre el porcentaje de vacas que fallaban y la fecha de parto previa (agrupados en períodos de 20 días) fue de +0,95.

Por otro lado, Franke y Wyatt (1982) analizaron para un período de servicio corto la influencia de la fecha de parto sobre el porcentaje de parición siguiente, en un

cruzamiento rotacional. Para todos los casos, el porcentaje de preñez del año siguiente tendía a aumentar a medida que la fecha de parición era más temprana.

Recientemente, Cushman et al. (2013) mostraron que las vaquillonas que parían en los primeros 21 días del período de parición, permanecían más tiempo en el rodeo antes de fallar por primera vez (figura 10). Similares resultados obtuvieron estos mismos autores en otro archivo de datos publicados en el mismo trabajo.

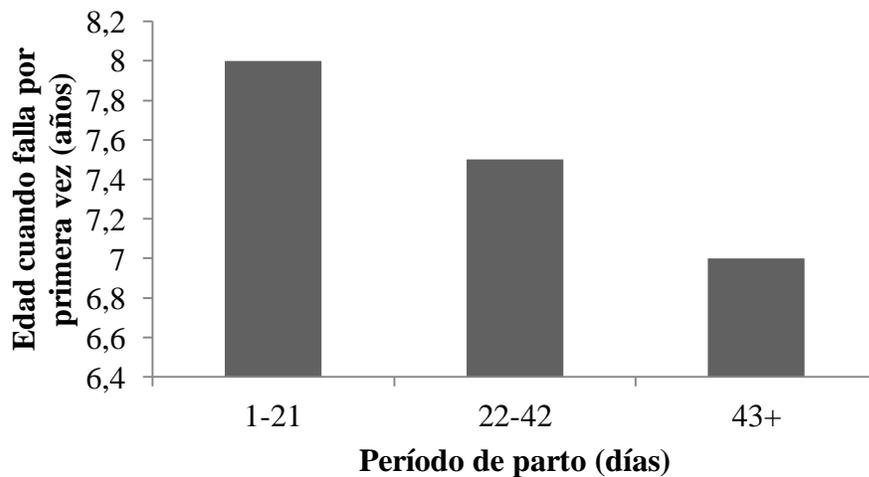


Figura 10. Edad de la vaca cuando falla por primera vez en función de su fecha de parto.

Fuente: Cushman et al. (2013).

En Uruguay también se evaluó el efecto de la fecha de parto sobre la posibilidad de parir en dos años consecutivos. Desde 1979 a 1986 los estudiantes de tesis de grado Bello y Mestre analizaron 874 registros para la raza Hereford, tomados del rodeo de la Estación Experimental M. A. Cassinoni (EEMAC). El cuadro 6 muestra vacas paridas en distintos meses (de agosto a diciembre), sin distinción de edad al parto, sobre el porcentaje de parición en los 2 años siguientes. Se observó que aquellas que parían temprano tenían más porcentaje de parición en los siguientes 2 años que las que lo hacían más tarde.

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).

Las vacas paridas en setiembre y octubre presentaron mayor porcentaje de parición al siguiente año que las de agosto, noviembre y diciembre. Cabe destacar el hecho de que las vacas paridas en agosto, a pesar de haber parido antes, mostraron menor porcentaje de parición que las paridas en setiembre y octubre, lo que puede ser explicado por el bajo número de vacas, obteniendo datos poco representativos. Otro aspecto que se debe tener en cuenta a la hora de analizar los datos es el estado corporal al parto y al comienzo de servicio, lo que está estrechamente relacionado al nivel de alimentación pre y pos parto.

Cuadro 7. Efecto del mes de parto sobre el Intervalo Interparto (IIP).

Mes de parto	No. de vacas	IIP (Días)
Setiembre (1)	130	408(a)
Octubre	227	385(b)
Noviembre	104	360(c)
Diciembre	46	338(d)

(1): 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: adaptado de Bello y Mestre (1991).

Se puede observar que los resultados del cuadro 7 el cual relaciona el intervalo interparto con mes de parición coinciden con los valores de regresiones negativas presentados por Morris en 1980 (cuadro 4).

Con respecto al intervalo parto-concepción, distintos trabajos han demostrado que éste se acorta a medida que se atrasa la fecha de parición. La involución uterina es el proceso por el cual el aparato reproductor femenino restablece su dimensión y función normal luego del parto. Este factor se encuentra presente cualquiera sea la fecha de parición, alterando el intervalo parto-concepción y tiene una duración aproximada de 30

días tanto para bovinos de carne como de leche (Hansen y Hauser 1984, Okano y Tomizuka 1987, Ramírez Iglesias et al. 1988).

Si se toma un largo de gestación de 285 días para todas las vacas, el intervalo parto-concepción sería de 123, 100, 75 y 53 días para vacas que paren en setiembre, octubre, noviembre y diciembre respectivamente. Esa información demuestra lo confirmado por Rodríguez Blanquet (2008), quien mediante estimaciones de actividad ovárica al comienzo del servicio (determinado por progesterona o ecografía) en distintos años, rodeos y departamentos, comprobó que vacas con cría al pie pariendo temprano en la primavera en un período de parición menor a 100 días se encuentran en anestro al comienzo del servicio.

Existen distintos factores que podrían explicar la disminución del intervalo parto-concepción a medida que se atrasa la fecha de parición durante la primavera. Aparecen entonces el fotoperíodo (Hansen y Hauser, 1984), la nutrición (Dunn y Kaltenbach 1980, Hess et al. 2005), el efecto toro y las interacciones entre ellos.

Hansen y Hauser (1984) encontraron un efecto del largo de las horas luz (fotoperíodo) sobre el intervalo parto-1er. celo. Es decir, a más horas de luz se disminuía el intervalo parto-primer celo.

Dunn y Kaltenbach (1980) mostraron la importancia del estado corporal al parto sobre el porcentaje de celos en vaca para carne. El intervalo parto-primer celo disminuía notoriamente en animales con mayor estado corporal al parto. Esto explica el menor intervalo parto-concepción de aquellas vacas que paren más tarde en la primavera, las que generalmente poseen mayor estado corporal que las paridas temprano (a fin de invierno o principio de primavera), explicado por la disponibilidad forrajera de las distintas estaciones.

Distintos trabajos han comprobado el efecto positivo (o neutro) que tiene la presencia del toro sobre las distintas categorías de un rodeo de cría, ya sea adelantando la pubertad o mejorando la actividad reproductiva en vacas primíparas y multíparas. Existe acuerdo entonces que el anestro posparto en vacas multíparas para carne se disminuye cuando estas fueron expuestas a toros durante el período de parición (Zalenskey et al. 1984, Scott y Montgomery 1987, Alberio et al. 1987, Naasz y Miller 1987, Burns y Spitzer 1992, Retwot et al. 2000).

Estos tres factores o como ya fue dicho, la interacción de dos o los tres, podría ser parte de la explicación de la menor duración del anestro posparto a medida que se atrasa la fecha de parto. Las vacas que paren tarde en primavera entonces poseen un intervalo parto-concepción corto explicado por el buen estado corporal al parto debido al nivel nutritivo preparto (mediados y fines de primavera) y tendrán un nivel nutricional pos-parto alto ya que entran en el período de servicio en un potrero empastado, reservado de la primavera anterior. El efecto toro y el fotoperíodo, muy posiblemente, estarían ayudando a mejorar la reproducción de esas vacas. La menor fertilidad de esas vacas puede ser debida que a pesar de tener un intervalo parto-1ercelo más corto, tienen

menos oportunidades de celar y ovular durante la época de servicio (por ser corto) y por lo tanto, disminuye la probabilidad de preñez.

En resumen, todos los trabajos citados concuerdan, la diferencia radica en que unos explican que la mayor producción de por vida es por el peso del primer ternero y luego no hay diferencia en peso al destete por el resto de sus vidas ya que no se obtuvo diferencia estadística en los mismos. Mientras que otros trabajos publicaron que la mayor producción se debe a que esas vacas que parieron en los primeros 21 días del período de parición siguen pariendo temprano por el resto de su vida o en un período importante del mismo.

2.4.2. Relación entre fecha de parto y el peso al destete de los terneros

Los terneros nacidos antes, a una fecha fija de destete, son más pesados por el hecho de que tienen mayor edad que aquellos nacidos tardíamente (cuadro 8) sin considerar la ganancia diaria al pie de su madre. A su vez, el peso al nacimiento de los terneros se vio incrementada a medida que avanzaba la estación de parición (Funston et al., 2012).

Morrow y Brinks (1968) agruparon los partos y el comportamiento de cada ternero de acuerdo a su fecha de nacimiento (cuadro 8). Este trabajo incluyó resultados de 20 años desde el nacimiento hasta el destete del ternero de vacas que parieron en su tercer año de vida. Las vacas fueron divididas según su fecha de parto en subperíodos de 20 días cada uno. Las categorías tempranas y tardías correspondían a las vacas que estaban fuera de ese período de 115 días. Lesmeister et al. (1973) al igual que los autores citados previamente, agruparon las vacas en cada uno de los grupos únicamente en base a la fecha de parición de su primer ternero. Es decir, la vaca que paría su primer ternero por ejemplo en el grupo 2, aunque el siguiente ternero correspondiese por fecha de parición al grupo 4, su peso al destete se incluía en el grupo 2 y así por el resto de la vida.

La forma de hacer los grupos de parición en el estudio de Lesmeister et al. (1973) fue similar al de Morrow y Brinks (1968), aunque el período de servicio era menor.

En este trabajo, cuando una vaca fallaba los terneros siguientes eran eliminados del estudio.

Cuadro 8. Efecto de la fecha y edad al parto de la vaca sobre el comportamiento del ternero.

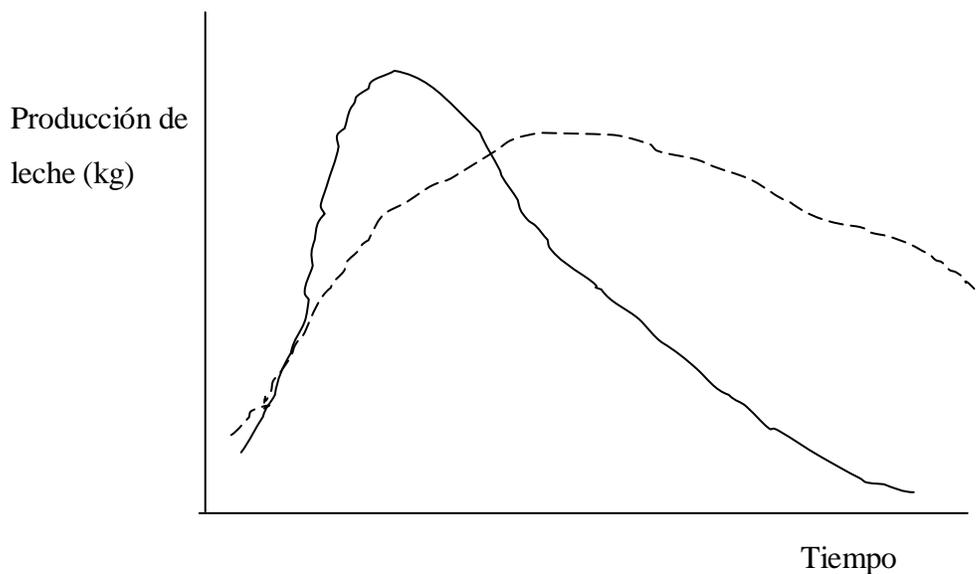
Fecha de parto	No. terneros	Fecha de nacimiento*	G.D. (kg)	Peso dest. (kg)	Edad destete	% pérdida
Temprano	4	51	0,571	179	259	7,5
1	250	90	0,744	195	220	12,8
2	141	107	0,703	175	204	13,5
3	61	125	0,658	153	185	16,4
4	38	145	0,671	143	165	21,1
5	11	159	0,662	132	151	18,2
Tardío	-	-	-	-	-	-

*Días desde el nacimiento del primer ternero.

Fuente: Morrow y Brinks (1968).

El hecho de que las vacas paran tempranamente en su primer período de parición, resulta en que produzcan más kilos de terneros destetados a través de toda su vida en el sistema particular de manejo de esos rodeos de los dos grupos de investigadores (cuadros 7 y 8). También se observa que los terneros nacidos temprano tenían ganancias diarias mayores que los tardíos ($P < 0,01$). Esto puede deberse a que los terneros nacidos tempranamente consumen mayor cantidad de pasturas y leche que los terneros más jóvenes. 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). En base a esto, se pueden diferenciar dos curvas de producción de leche según si la parición fue temprana o tardía (figura 11). Cuando la vaca pare temprano, alcanza el pico de producción de leche más lentamente y el ternero está en condiciones de poder consumirla, por lo que esa producción es capaz de mantenerse en el tiempo. Por otro lado, la vaca parida tarde, puede producir una gran cantidad de leche desde el comienzo de la lactancia, pero el ternero no tiene la capacidad física para poder consumirla y por lo tanto la producción de leche disminuye rápidamente. Es decir, la persistencia de la producción de leche de ambas vacas sería muy diferente. Esto se debe a diferentes factores, entre ellos el estado corporal que tiene la vaca al momento del parto.

Respecto a las pasturas, en pariciones de primavera el ternero nacido temprano, cuando está en condiciones de poderlas consumir, tiene a disposición un alimento de mayor cantidad y calidad que aquellos terneros nacidos al final de la estación.



Línea continua: parición tardía.

Línea punteada: parición temprana.

Figura 11. Curvas teóricas de producción de leche de una vaca de parición temprana y tardía en función del tiempo.

El resultado de esta información arroja que el ternero de la vaca parida temprano tendría mayor ganancia diaria de peso que el nacido tarde. Y si, a esto se le suma que el nacido temprano tiene mayor edad a la fecha fija de destete, tiene, por lo tanto, mayor peso al destete.

Cuadro 9. Peso al destete de los terneros según edad de la madre.

Categoría	Peso (kg)
Vaquillona 15 meses	127,2
Vaquillona 2 años	137,7
Vaca 2 años	146,6
Vaca 3 años	149,9
Vaca más 3 años	153,3

Fuente: Orcasberro (2016).

Rumpf y Van Vleck (2004) concluyeron que el peso al destete variaba según la edad de su madre al momento de entore. La disminución en el peso de los terneros hijos de vaquillonas puede deberse a que ésta particiona la energía consumida en parte a su crecimiento, lo cual afecta su producción de leche.

Cuadro 10. Efecto de la fecha de parto en kilogramos de ternero producidos.

Fecha de parto	No. reg./vida	No. terneros	Peso dest. (kg)	Edad dest. (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 designificación (P<0,01)

Fuente: Lesmeister et al. (1973).

Otra conclusión que cabe destacar del trabajo de Lesmeister et al. (1973) es que las vacas que paren temprano dan mayor producción de kilos de ternero destetado de por vida. Esta mayor producción de por vida se debe al peso al destete de ese primer ternero y no al resto de pesos al destete de la vida de esa vaca (cuadro 11). Resultados similares fueron obtenidos por García Paloma et al. (1992), en condiciones pastoriles de Argentina.

Cuadro 11. 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 dest. (kg)	Ganancia diaria (kg)	No.	Peso al dest. (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)

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

Una posible explicación es que las vacas pertenecientes a cada grupo de 20 días de su primer parto, en los siguientes, se mezclarían en el orden de parición (cuadro 11). Por lo tanto, las diferencias que se muestran de pesos al destete del cuadro 11 se deben solamente al peso al destete del primer ternero. Con todo, la información de las ganancias diarias no son consistentes, lo cual hace que no tenga una explicación sencilla.

Cuadro 12. Peso al destete de los terneros según mes de parto.

Mes de parto	No. de terneros	Peso al destete
Setiembre	130	140
Octubre	227	121
Noviembre	112	112
Diciembre	46	101

Fuente: tomado de Bello y Mestre (1991).

Cushman et al. (2013) publicaron que las vacas paridas en los primeros 21 días producían mayores pesos al destete solo hasta el sexto período de parto y luego no existían diferencias. Estos resultados son similares a los trabajos citados previamente. Es decir, la vaca que pare en los primeros 21 días produce más kilos de terneros por el resto de su vida. Los resultados de la tesis citada previamente muestran los mismos resultados dados hasta el momento (cuadro 12).

En conclusión, las vacas paridas en los primeros 21 días del período de parto dan mayores pesos al destete que las paridas más tarde cuando se toma la producción de por vida.

2.4.3. Influencia de la fecha de nacimiento de la ternera en relación a la fecha de parto de su madre sobre su futura actividad productiva y reproductiva

2.4.3.1. Sobre la ternera

Funston et al. (2012) estudiaron el comportamiento productivo y reproductivo de las terneras según la fecha de nacimiento. Estos investigadores dividieron la progenie en 3 grupos (nacidos en los primeros 21 días, entre 22 a 42 y más de 43 días). El efecto del período de nacimiento de la ternera sobre su comportamiento productivo y reproductivo se muestra en el cuadro 13. Las terneras (luego vaquillonas) que nacieron en el primer período de parto (1-21 días) eran lógicamente, en promedio 16 y 36 días más viejas que las del segundo y tercer grupo respectivamente. El peso al destete disminuía a medida que avanzaba el período de nacimiento (219, 213 y 197) como ya lo habían observado otros investigadores (Burriss y Priode 1958, Leismester et al. 1973, García Paloma et al. 1992, Cushman et al. 2012). Esa diferencia de peso al destete se siguió manteniendo a través del tiempo y se observa en el peso preservicio. Ese mayor peso de las terneras nacidas en el primer período de parición tal vez pueda explicar la diferencia que se observa en el porcentaje de vaquillonas ciclando normalmente al comienzo del servicio. Similares resultados fueron obtenidos por King et al. (1983). Estos investigadores 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. Los resultados de peso preservicio son concordantes con el porcentaje de preñez obtenido en las vaquillonas nacidas en el primer período (90%), segundo (86%) y tercero de nacimiento (78%) ($P < 0,02$). Ese mayor porcentaje de preñez tiene un “plus”. Ésta es la rapidez en la concepción que tuvieron las terneras que parieron en el primer grupo de parición.

Cuadro 13. Efecto de fecha de nacimiento de la ternera sobre su reproducción y caracteres de su primer ternero.

	1	2	3	Valor - P
n	651	304	64	
Caracteres del nacimiento al destete				
Fecha nacimiento (días)	77 a	93 b	113 c	< 0,01
PD (kg)	219 a	213 b	197 c	< 0,01
Caracteres del servicio al % preñez				
Peso preservicio (kg)	296 a	292 b	276 c	< 0,01
% ciclando al comienzo del servicio	70 a	58 b	39 c	< 0,01
Peso al diagnóstico de preñez (kg)	373 a	371 a	358 b	< 0,01
Porcentaje de preñez (%)	90 a	86 a	78 b	< 0,02
Caracteres del parto al fin de parición				
Peso parto (kg)	429	430	418	0,06
Fecha de nacimiento (días)	68 a	73 b	75 b	< 0,01
Paridas en los primeros 21 días (%)	81 a	69 b	65 b	< 0,01
Caracteres de la ternera y su progenie al destete				
Peso de la vaca (kg)	419	422	422	0,68
Peso del ternero (kg)	193	189	186	0,1
% preñez luego del primer ternero	93	90	84	0,2

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

Fuente: Funston et al. (2012).

Lo mencionado anteriormente se observa en los días al nacimiento (68, 73 y 75) que se corrobora en el porcentaje de parición de los primeros 21 días (81%, 69% y 65%) (P<0,01). El porcentaje de preñez luego del primer ternero era similar en los 3 grupos (93%, 90% y 84%) (P=0,20). En base a este resultado de preñez, es posible suponer que el resto de sus vidas productivas no tendrían diferencias en esa variable, asumiendo un mismo manejo del rodeo. Así también, recapitulando los trabajos de Lesmeister et al. (1973), García Paloma et al. (1992) que muestran que la mayor producción de por vida de las vacas que paren temprano se debe solamente al peso al destete del primer ternero, es posible asumir que esa ternera nacida de una madre parida en los primeros 21 días será más productiva por el resto de su vida.

Cuadro 14. Efecto del mes de nacimiento sobre el crecimiento posdestete.

Vaquillonas cruza				
Mes de nacimiento	No.	Peso a los 10 meses	Peso a los 22 meses	Peso de entore-25 m.
Junio	67	196	291	301
Julio	59	186	290	304
Agosto	39	172	279	298
Setiembre	30	150	247	258
Octubre	16	152	245	242
Vaquillonas Brahman				
Junio	14	224	332	327
Julio	34	207	326	327
Agosto	25	195	302	320
Setiembre	25	181	285	270
Octubre	13	177	283	289
Noviembre	1	170	275	-

Fuente: Arias et al. (1978).

A nivel regional, Arias et al. (1978) 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), 22 meses y peso de entore (25 meses). Para los rodeos cruza, entre 18 y 22 meses los valores variaron entre 0,82 a 0,92 para distintos años, con un $r = 0,77$ para el total de los años. Para las vaquillonas Brahman fue de 0,74 a 0,95 con un promedio de $r = 0,71$ para los 7 años. Esto quiere decir que las vaquillonas más pesadas a los 10 meses resultan, en general, más pesadas a los 22 meses, esto significa que la fecha de nacimiento es un efecto ambiental de gran importancia en las condiciones de este ensayo. Además, no se manifestó crecimiento compensatorio. Los mismos autores agruparon las vacas por mes de nacimiento y esta variable condicionó los pesos al destete a los 22 meses y al entore, tanto en vaquillonas cruza como puras. Es decir, las diferencias que se daban en peso a los 10 meses entre las nacidas en junio y octubre, se seguía manteniendo 15 meses después, en el peso al servicio (cuadro 14).

La ternera nacida al comienzo del período de parición, como vaquillona a los 2 años, se preña más y antes que el resto de sus compañeras. Una posible explicación de estos resultados es que las vaquillonas que nacieron en los primeros 21 día del período de parición no sólo eran más pesadas sino que ya estaban ciclando normalmente. Esto es mostrado en el trabajo de Byerley et al. (1987) en donde las vaquillonas que eran servidas en su tercer celo conseguían un porcentaje de preñez superior respecto a las que se hacía en su primer celo (cuadro 15).

Cuadro 15. Porcentaje de preñez en vaquillonas servidas en el primer celo puberal o en el tercer celo.

Tratamiento	Porcentaje de preñez (No. preñada/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: Byerley et al. (1987).

2.4.3.2. Sobre el ternero

También Funston et al. (2012) estudiaron el comportamiento productivo de los terneros según la fecha de nacimiento. Los terneros nacidos de hembras que habían parido en los primeros 21 días fueron 13 kg más pesados al destete que los nacidos entre los días 22 a 42 y 34 kg que los nacidos en el tercer período ($P < 0,01$, cuadro 16).

Cuadro 16. Efecto de fecha de nacimiento del ternero sobre su comportamiento en el corral y caracteres de la carcasa.

	1	2	3	Valor - P
n	431	287	53	
Caracteres del nacimiento al destete				
Fecha nacimiento (días)	73 a	91 b	116 c	< 0,01
PD (kg)	238 a	225 b	204 c	< 0,01
Caracteres corral				
Ganancia diaria (kg/día)	1,64	1,64	1,66	0,81
Peso final (kg)	590 a	580 b	562 c	< 0,01
Consumo materia seca (kg)	8,13	8,12	8,13	0,97
Caracteres de la carcasa				
Peso carcasa (kg)	372 a	365 b	353 c	< 0,01
Grasa en la 12 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
Marbling	569 a	544 b	519 c	< 0,01

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

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

A medida que la fecha de nacimiento avanza, las diferencias entre los pesos al destete, peso final en el corral y peso de carcasa disminuyen. Pero al igual que el peso al destete, las otras 2 variables también fueron mayores en los terneros nacidos de hembras que habían parido en los primeros 21 días durante el período de parto, con respecto a los de las otras categorías. No se encontraron diferencias en ganancia diaria ni en el consumo ($P=0,81$).

Del mismo modo, los datos de este trabajo muestran que los novillos nacidos de hembras que parieron en los primeros 21 días del período de parto presentan más grasa en la carcasa. Es de tener presente que esta evaluación de la faena sólo se realizó a tiempo fijo. Si se hubiese realizado a la misma edad o a mismo grado de terminación los resultados podrían haber sido distintos.

En resumen, queda clara la importancia de la fecha de parto, tanto para la madre como para la progenie. Logrando fechas de parto adecuadas se observan beneficios como:

- Mayores kilos de ternero/a destetados.
- Acortamiento del intervalo interpartos.
- Mayor productividad de por vida de terneros nacidos en fechas de parto adecuadas.

2.5. USO DE IATF EN VACAS PARA CARNE (*Bos taurus*) CICLANDO Y EN ANESTRO PARA MEJORAR SU COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO

Uruguay presenta, al comienzo de la estación de servicio, un porcentaje muy bajo de vacas ciclando. El principal factor de esta problemática son las vacas con cría, las cuales casi en su totalidad se encuentran en anestro posparto, e incluso un porcentaje significativo de vaquillonas se encuentra en anestro prepuberal (Rodríguez Blanquet¹, Menchaca et al. 2005, Rodríguez Blanquet 2008a).

Es importante entonces considerar el uso de técnicas y/o medidas de manejo que permitan levantar el anestro, induciendo la ovulación (y en lo posible el celo), mejorando la productividad tanto de vaquillonas como vacas con cría, ese año y por el resto de su vida productiva.

El uso de inseminación artificial convencional, sincronizada y particularmente la inseminación a tiempo fijo (IATF) en bovinos para carne es una biotecnología todavía poco usada en Uruguay (ver capítulo 2.1).

Varios son los factores que harán variar el resultado de un programa de IATF. El primero de ellos y el más importante es el estado corporal al momento de la inseminación (Stevenson et al., 2015) y también la evolución del mismo, ya que el resultado dependerá si la vaca viene ganando, manteniendo o perdiendo peso (Short et al., 1990). Otro factor del cual depende una IATF, es el número de días posparto al momento de aplicar la progestina, Stevenson et al. (2015) obtuvieron un porcentaje de preñez de 46,9% en vacas con 72 días posparto al momento de iniciar el protocolo, contra 40,9% en vacas con menos de 72 días. El origen de las razas podría estar interaccionando con el resultado de la preñez, Cutaia et al. (2003) encontraron diferencias a favor de las razas británicas, lo que podría estar explicado al temperamento, fisiología reproductiva y condiciones ecológicas a las que están expuestas las razas índicas.

¹ Rodríguez Blanquet, J. B. s.f. Principales características de la fisiología del ciclo estral en la hembra bovina (en prensa).

Con respecto al tiempo en el que se encuentra el dispositivo liberador de progestinas en la vaca, éste no sería un factor determinante en el resultado de la IATF, ya que no se encontraron diferencias entre 7, 8 y 9 días (Balla et al. 2005, Chesta et al. 2005, Scena et al. 2005, Stevenson et al. 2015). Cabe aclarar que estos ensayos se desarrollaron tanto en vacas ciclando como en anestro con cría al pie. Stevenson et al. (2015) concluyeron que existe una interacción triple entre estado corporal al momento de la inseminación, edad de la vaca (multíparas y primíparas) y días desde el parto a la IATF ($P=0.065$). Resultando que las preñeces fueron máximas en vacas con estado corporal 5 (escala de 1-9), multíparas y con más de 72 días post parto al momento de realizar la IATF.

2.5.1. Protocolos hormonales para sincronizar ovulaciones en vacas cíclicas e inducir las en vacas en anestro

Los diferentes protocolos cuyo objetivo es lograr el mayor porcentaje de preñez posible, temprano en la estación de servicio, deben incluir cuatro pasos fundamentales.

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

Como se explicó anteriormente, la utilización de dosis farmacológicas de progestinas en la hembra tiene el fin de inhibir las gonadotropinas circulantes (LH y FSH). Existen varios estudios que demuestran que los resultados en preñez son similares con todos los dispositivos intravaginales comerciales (Alberio et al. 1999b, Scena et al. 2001, Bo et al. 2002, Guerra et al. 2011) y que la concentración óptima de progestina dependerá del peso corporal del animal (Kinder et al., 1995). Los resultados sobre el efecto del nivel de progesterona al momento de la inseminación sobre la fertilidad son variados por lo que no se puede concluir que altos niveles de la hormona tengan efectos negativos sobre la preñez, como tampoco existen diferencias en la utilización de dispositivos de una sola utilización o reutilizables. (Alberio et al. 1999b, Cutaia et al. 2001b, Stahringer et al. 2001, Carcedo et al. 2003, Aviles et al. 2005, Balla et al. 2005, Fonseca et al. 2011).

2) Inyectar estrógeno o GnRH al momento de comenzar el tratamiento.

La sola aplicación de progestinas genera en la hembra folículos persistentes que disminuyen la fertilidad, mientras está colocado el dispositivo liberador de progesterona. Por lo que se torna fundamental sincronizar las ondas foliculares para evitar su formación y así poder inseminar un folículo “fresco”, con capacidad de ovular un ovocito viable después de remover el dispositivo liberador de progestinas. Para cumplir con dicho objetivo, 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 (Bo et al. 1995, 1996, Caccia et al. 1998) demostraron que el tratamiento con progestinas y estradiol 17 o benzoato de estradiol (BE) administrado en cualquier momento del ciclo estral, induce el crecimiento sincrónico de una nueva onda folicular entre el 3°. a 5°. día (alrededor del 4°. 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 (Bo et al. 2000, Cutaia et al. 2001b, Whittaker et al. 2002). Es decir, con solo estrógeno daba resultados similares que con estrógeno-progestetina.

Con el uso de GnRH, la emergencia de la onda folicular se da al 1°. o 2°. día (Martínez et al., 2002). Sin embargo, el impacto sobre la fertilidad que tiene la sincronización de la onda folicular en vacas ciclando normalmente, no está nada claro en vacas en anestro. En países en que está prohibido el uso de estrógenos (EE.UU., Nueva Zelanda y Europa) se usa GnRH.

Aunque el estrógeno y el GnRH tienen el mismo fin (sincronizar la onda folicular), su acción es diferente. El estrógeno atresia el folículo y sincroniza la emergencia de una nueva onda folicular alrededor del 4°. día, mientras que la GnRH induce un pico de LH y ovulación del folículo dominante (si hay uno presente) con la emergencia de una nueva onda folicular 1 a 2 días más tarde. Puede surgir la posibilidad de tener 2 cuerpos lúteos, el del ciclo anterior y el cuerpo lúteo formado por la aplicación de la GnRH (cuerpo lúteo accesorio) el cual puede resultar un problema. En vaquillonas ciclando normalmente, el uso de GnRH al comienzo del tratamiento con CIDR o MAP (acetato de medroxiprogesterona) no difirió de usar BE para sincronizar la onda folicular (Martínez et al., 2002). Pero en vacas en anestro con cría al pie, en las que se inyectó GnRH al momento en que se insertó un CIDR, los porcentajes de preñez disminuyeron, en respuesta al tratamiento inicial de GnRH (Stevenson et al., 2003). Estos resultados ponen en duda el uso de GnRH en este tipo de hembras al comienzo del tratamiento, sumado a que el GnRH es más costoso que el benzoato de estradiol.

3) Inyectar PGF2 α al momento de la extracción de la progestina.

Hace pocos años, esta hormona recibió interés ya que se había postulado que incrementa la sensibilidad de la hipófisis a la acción de la GnRH independiente del estado fisiológico de la hembra (Weems et al., citados por Day, 2011). Recientemente los resultados de Pfeifer et al. (2014) mostraron que la PGF2 α podría ser usada para inducir y sincronizar ovulaciones en protocolos de IATF.

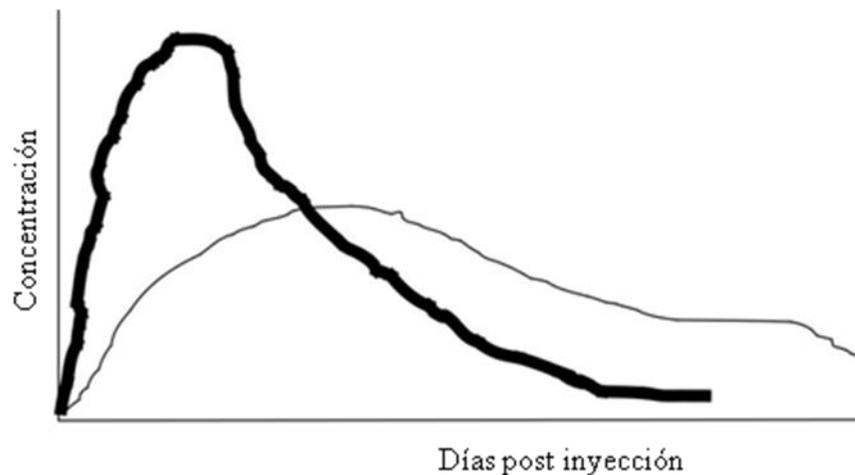
El uso de esta hormona al momento de la extracción del dispositivo liberador de progestinas tiene la función de lisar el cuerpo lúteo presente. En base a esto siempre hay que usar PGF2 α en los protocolos de IATF independientemente si son hembras ciclando o en anestro.

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

Fike et al. (1997) trabajando en vacas en anestro, en las que se usó una progestina (CIDR) y se inyectó 1 mg de benzoato de estradiol 24 horas luego de haber extraído el dispositivo, obtuvieron 71% de cuerpos lúteos de fase lútea normal y 4% ciclos cortos. Pero cuando se usó solo el dispositivo liberador de progestinas intravaginal, sus resultados fueron 55% y 5% de cuerpos lúteos de fase lútea normal y ciclos cortos respectivamente. Bo et al. (2001) obtuvieron resultados similares usando otra progestina (SMB) (Sincro

Mate B). Smith et al. (1987) inyectando GnRH 50 horas luego de la extracción de una progestina (SMB), incrementaron el porcentaje de vacas que ovulaban con respecto a usar solo la progestina. Estos resultados están mostrando que dar un estímulo para inducir un pico de LH (tanto con GnRH o estrógeno) después de la exposición a una progestina, es clave para asegurar una ovulación en vacas en anestro como ciclando normalmente.

Un inconveniente que algunos productores ven al uso de IATF es que el ganado pasa varias veces, en pocos días, por las mangas. Una solución sería inyectar el estrógeno en el momento de extraer el dispositivo liberador de progestinas. De esta manera el ganado pasaría una vez menos por las mangas. La aplicación de un estrógeno que se metabolice más lentamente que el BE solucionaría dicho problema. En la primera década del presente siglo se ha trabajado mucho con cipionato de estradiol (CPE). Simplemente al ver la figura 12 nos hace pensar que el tiempo en la cual induce las ovulaciones tiene que ser mayor que el BE. Esto haría que no se sincronicen las ovulaciones en corto tiempo presentando menores porcentajes de preñez que con el uso de BE.



BE: línea gruesa

E2: línea fina

Figura 12. Tiempo de acción de diferentes estrógenos.

Fuente: Baruselli (2004).

Con todo, varios grupos de investigadores han obtenidos resultados similares en porcentajes de preñez usando CPE al momento de extracción del dispositivo liberador de progestinas que con el uso de BE inyectado a las 24 horas de haber extraído ese dispositivo. 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, 2011b, Menchaca et al. 2013). Pero no otros, donde en vaquillonas para carne se obtuvo una gran dispersión en las ovulaciones (Callejas et al., 2011a) y menores porcentajes de preñez (Callejas et al., 2011b).

Al usar benzoato de estradiol para sincronizar la onda folicular e inducir la ovulación y no GnRH, se presentan varias ventajas.

a) No existen cuerpos lúteos accesorios que nos harían inyectar probablemente doble dosis de PGF2 α en tiempos diferentes.

b) El benzoato de estradiol es menos costoso que el GnRH.

c) El hecho de usar benzoato de estradiol para inducir ovulación haría inducir ovulación en folículos pequeños pero no tan pequeños como en el protocolo convencional (ver capítulo 2.5.2) ya que en este protocolo se inyecta un día después (el día 9) y en aquel el día 8. La ventaja del uso de GnRH al momento de inseminar en lugar de benzoato de estradiol un día antes de la IATF es que haría ovular folículos de mayor tamaño con mayor concentración de estradiol. El protocolo convencional reformulado podría paliar este “defecto” al inyectar un estrógeno (benzoato de estradiol) en el día 9 y así incrementar la concentración de estradiol en el período preovulatorio. con mayor concentración de estradiol previo a la ovulación. De esta forma se crea un ambiente con mayor concentración de estradiol previo a la ovulación durante el desarrollo del folículo preovulatorio. Esto último, como ya fue expresado, por diferentes caminos, incrementa el porcentaje de preñez final.

d) El uso de benzoato de estradiol facilitaría la canulación por incremento del diámetro del canal cervical.

En anestro profundo no hay que esperar resultados muy por encima del 35% de preñez al primer servicio aunque se inyecte eCG al momento de extraer el dispositivo intravaginal liberador de progestinas. En general el uso de esta hormona incrementó el porcentaje de ciclicidad y el porcentaje de preñez en vacas en anestro con estrés nutricional (Roche et al.1992, MacMillan y Peterson 1993)

Menchaca et al. (2005) en vacas multíparas (cuadro 17) y Rodríguez Blanquet (2008b) en primíparas (cuadro 18) publicaron resultados muy auspiciosos al incluir en forma conjunta destete precoz e IATF (ambos con protocolo convencional).

Cuadro 17. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas multíparas.

Tratamientos	Preñez el 1° día de IA	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).

Cuadro 18. Porcentaje de preñez a los 30 y 60 días de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con destete precoz (DP) en vacas primíparas.

Tratamientos	% de preñez en primeros 10 días de la IATF	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 (2008b).

Los resultados de dichos experimentos fueron positivos, con la desventaja de que las técnicas de destete precoz e hiperprecoz son engorrosas de llevarlos adecuadamente por personal, instalaciones y/o insumos.

2.5.2. Protocolos hormonales de inducción y sincronización de la ovulación

La búsqueda por tener el control del ciclo estral transcurrió por varias etapas. La primera fue el uso de progestinas para crear una larga fase luteal artificial, obteniendo una buena sincronización pero la fertilidad de los celos era muy baja. La segunda fue la combinación de estrógenos y gonadotrofinas combinada con progestinas. La tercera fue el uso de PGF2 α para lisar el cuerpo lúteo. La cuarta fue la combinación de progestinas con PGF2 α . En la quinta se comprendió que era necesario controlar la dinámica folicular con una o varias hormonas para atresiar u ovular el folículo de ese momento y que comenzara el crecimiento de una nueva onda folicular. Esta fase combina una progestina, PGF2 α , GnRH o sales de estradiol (benzoato de estradiol o cipionato de estradiol).

Los programas actuales controlan la dinámica folicular, luego inducen la regresión del cuerpo lúteo y por último inducen la ovulación de un folículo dominante.

Existen básicamente dos tipos de protocolos para realizar IATF. Unos se basan en el uso de GnRH y otros utilizan estradiol, ambos combinados con dispositivos liberadores de progestinas. El uso de uno u otro varía entre países. Tal es así, que el estradiol es usado en Sudamérica y Australia, mientras que el GnRH es utilizado en América del Norte, Europa y Nueva Zelanda donde el estradiol se encuentra prohibido.

El protocolo convencional, el cual es el más utilizado actualmente en América Latina, comienza con la inserción de un dispositivo intravaginal liberador de progestina por 7 u 8 días. Al momento de la inserción se aplica una inyección de benzoato de estradiol o GnRH (figura 13). En la extracción del mismo, se aplica una dosis luteolítica de PGF2 α y en determinados casos eCG para incrementar la fertilidad. Los efectos más importantes en el uso de ésta última es la estimulación en el crecimiento del folículo dominante y consecuentemente el incremento en la tasa ovulatoria (Bo et al., 1996). Para inducir la ovulación se inyecta cipionato de estradiol al momento de la extracción del dispositivo intravaginal junto con la PGF2 α o benzoato de estradiol a las 24 horas (día 8)

de la extracción del dispositivo o GnRH en el momento de la IATF (día 9). La IATF se realiza a las 52-56 horas de la remoción del dispositivo (día 9 a la tarde). La GnRH se utiliza en aquellos países en los cuales el uso de BE y CPE se encuentra prohibido, ya que éstas últimas son menos costosas.

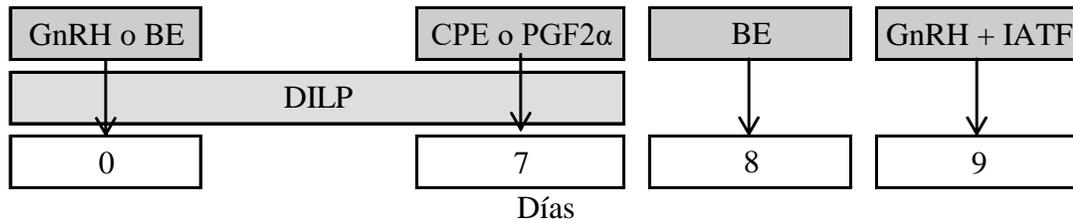


Figura 13. Protocolo convencional.

El grupo del Dr. M. Day propuso un protocolo con una duración del dispositivo intravaginal liberador de progestinas de 5 días inyectando GnRH al momento de su colocación y PGF2 α en la extracción, inseminando a tiempo fijo a las 72 horas de la extracción del mismo, junto con la aplicación de GnRH. Su fundamento fue un efecto de mayor durabilidad de la estimulación gonadotrófica sobre el folículo preovulatorio (3 días) que puede incrementar la circulación de estrógeno y el diámetro del folículo preovulatorio antes de inducir la ovulación. Por otro lado al acortar el período de permanencia del dispositivo en la vagina de la vaca se tendría al folículo preovulatorio en el momento de máxima producción y concentración de estradiol cuando se aplica PGF2 α a la extracción del dispositivo porque este protocolo inyecta GnRH como sincronizador de la onda folicular en el momento de la IATF. Así Rhodes et al. (1995) publicaron que la concentración de estradiol en la vena cava fue mayor a los 3 días de la emergencia del folículo dominante de la primera onda folicular comparado a momentos posteriores de la vida de ese folículo.

La GnRH inyectada en el momento de la aplicación del dispositivo intravaginal logra generar una nueva onda folicular entre 1 a 2 días siguientes (Martínez et al., 2000). Así al retirar el dispositivo intravaginal (5 $^{\circ}$. día), el folículo dominante estaría produciendo el máximo de estradiol. Pero como ya fue dicho hay un porcentaje de vacas que con la aplicación de GnRH no ovulan (alrededor del 40%). Si esto se da en un momento que no hay un cuerpo lúteo presente, se producirían folículos persistentes de baja fertilidad si el largo de la permanencia del dispositivo en la vagina fuese mayor a 5 días (Austin et al., 1999). Esta es la razón de proponer un largo de permanencia del dispositivo de 5 días.

El realizar la IATF a las 72 horas de haber extraído el dispositivo ha sido asociado a un mayor crecimiento y por lo tanto mayor tamaño del folículo preovulatorio con alta concentración de estradiol, altas concentración de progesterona en la fase luteal siguiente, especialmente en aquellas vacas que no ovularon por la aplicación de la primera dosis de GnRH (Bridge et al., 2014). La razón de esto es que se producen folículos de mayor diámetro. Dicho protocolo, el cual utiliza el CIDR por espacio de 5

días y se insemina a tiempo fijo a las 72 horas es superior en sus resultados comparado con el de 7 días inseminando a las 60 horas en vacas paridas (Bridge et al., 2008). En este protocolo, la primera dosis de GnRH induce la aparición de una nueva onda folicular en los siguientes 1 o 2 días (Martínez et al., 2000). En el protocolo de 5 días, la producción de estrógeno por parte del folículo preovulatorio es mayor (es el de la primera onda folicular) en comparación con el protocolo de 7 días. Se agrega el problema que algunas vacas pueden tener 2 cuerpos lúteos, uno proveniente de la ovulación anterior a la aplicación de GnRH y el otro resultante de la aplicación de esa primera dosis de GnRH (cuerpo lúteo accesorio). Esto posibilitaría que con una sola dosis luteolítica de PGF2 α no se pudiera lisar la totalidad de los cuerpos lúteos. Kasimanickam et al. (2009) demostraron que la administración de 2 dosis de PGF2 α con diferencia de 7 horas en el protocolo de los 5 días luego de la extracción del dispositivo tenía resultados reproductivos superiores a usar una sola dosis. Este accionar presenta la desventaja de tener que mantener las vacas en las mangas o volver a pasarlas por los mismos.

La respuesta al protocolo de 5 días es variada dependiendo del momento en que se realiza la inseminación. Kasimanickam et al. (2012) utilizando el mismo protocolo de Bridges et al. (2008), obtuvieron los mayores porcentajes de concepción realizando la inseminación a tiempo fijo a las 56 horas (66.0%, n=482) que a las 72 horas (56.2%, n=468) (P<0.01) en vaquillonas cruzas Aberdeen Angus. Esto puede ser debido a que antes de las 72 horas se presentan una cantidad importante de hembras en celo natural. Peterson et al. (2011) obtuvieron 56% (234/415) de hembras en celo antes y en el momento de la IATF. Dick et al. (2010), Guerra et al. (2011) obtuvieron 62% (65/105) y 37% (22/60) antes de inyectar benzoato de estradiol y GnRH respectivamente.

Otras de las variables a tener en cuenta es el tipo de vaca. Parecería que la edad de las hembras a inseminar tendría efecto sobre el porcentaje de concepción al primer servicio. Dobbins et al. (2009) con un protocolo CO-Synch + CIDR 7 días (protocolo convencional), obtuvieron mayor porcentaje de concepción inseminando a las 56 horas en vacas con edades menores o iguales a 3 años. Pero con edades mayores o iguales a 3 años no había diferencia entre 56, 64 o 72 horas.

Por su parte, el protocolo en el cual se insemina a las 72 horas con dos dosis de PGF2 α en diferente tiempo presenta tres inconvenientes. Una de ellas es el costo extra que insume la aplicación de esta hormona. Otra es la pasada extra por las mangas y/ o el mantenimiento en los mismos de esas hembras con el correspondiente estrés y posible efecto sobre la fertilidad. La última es que habría vacas que mostrarían celo natural antes de inyectar la dosis de GnRH responsables de la sincronización de la ovulación. Esas vacas posiblemente no se lleguen a poder fertilizar cuando se realice la IATF. Es por esto que se planteó otro protocolo teniendo en cuenta el largo del proestro así como las hembras que muestran celo antes del día de la IATF (protocolo reformulado).

El protocolo de 5 días no tiene resultados contundentes. Esto se observa en el cuadro 19 en el cual los valores no son tan elevados como cuando se determina celo los

días 8 y 9 en la mañana. La forma en que éste último inconveniente puede ser salvado sería determinando celo e inseminar con la regla am/pm desde la extracción del dispositivo intravaginal (y aplicación de PGF2 α) hasta la mañana antes en que se realiza la IATF junto con la aplicación de GnRH.

En los últimos años un grupo de investigadores argentinos liderado por el Dr. Gabriel Bo comenzaron a investigar un nuevo protocolo de IATF que denominaron J-SYNCH (figura 14).

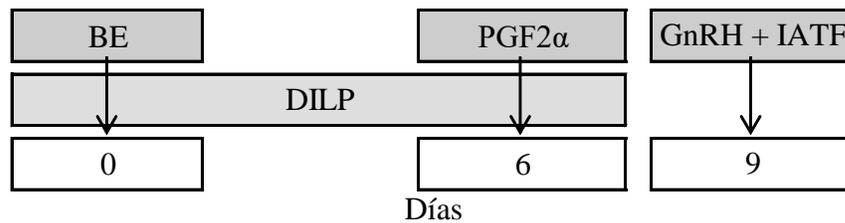


Figura 14. Protocolo J-SYNCH.

En este se inyecta 2 mg de benzoato de estradiol al mismo momento de aplicar un dispositivo liberador de progestina por espacio de 6 días. Al momento de la extracción se aplicaba una dosis luteolítica de PGF2 α . La ventaja de usar benzoato de estradiol para sincronizar la onda folicular es que no produce ovulación y no se produciría un cuerpo lúteo accesorio. Esta hormona atresia el folículo dominante en casi 90% de las vacas y vaquillonas y emerge otra onda a los 3 o 4 días (Martínez et al., 2000). Por lo cual, inyectar una doble dosis de PGF2 α como cuando se aplica GnRH al inicio en el protocolo de 5 días no sería necesario. La IATF se realiza el 9º. día, es decir a las 72 horas de la extracción del dispositivo liberador de progestinas (día 6), junto a una aplicación de GnRH. Los resultados obtenidos al compararlo con el protocolo convencional no han sido satisfactorios (cuadro 19) salvo cuando se determina celo antes de la IATF.

El Dr. A. Menchaca propuso una modificación del protocolo J-SYNCH a los efectos de tratar de “capturar” algunas de las hembras que presentaran celo previo a la IATF. Los dispositivos junto a los 2 mg de benzoato de estradiol se colocaban a la tarde del día 0. Se extraían a la tarde del día 6 junto con una dosis comercial de PGF2 α . En ese momento se pintaba la cola de la vaca con una pintura que es una ayuda para la determinación de celo (Rodríguez Blanquet et al., 2015). A la mañana del día 9 se inseminaba todas hembras que estaban despintadas (alrededor de las 66 horas de la extracción del dispositivo) sin aplicación de GnRH. A la tarde del día 9 (a las 72 horas de la extracción del dispositivo) se realizaba la IATF al resto de las vacas junto a una dosis de GnRH. Hay que tener presente que al inseminar en la mañana del día 9 las despintadas se están inseminando hembras que mostraron celo el día 7 y 8 en la mañana. Es probable que esas hembras no queden preñadas. Una posible forma de paliar este problema sería poner toros luego de la extracción del dispositivo, hasta el día 8 al mediodía. En ese momento se sacan del rodeo las vacas despintadas junto a los toros.

Cuadro 19. Porcentaje de detección de celos, porcentaje de concepción, porcentaje de preñez a la IATF y porcentaje total a la IATF en vaquillonas.

Tratamiento	% de celos	% de concepción	% de preñez a la IATF	% de preñez total IATF
Convencional	30/105=28,5 a	15/30=50% a	34/75=45,3% a	49/105=46,5% c
J-SYNCH	40/103=38,8 a	32/40=80% b	38/63=60,3% a	70/103=67,9% d

a, b: valores diferentes en la columna difieren significativamente(P<0.05).

c, d: valores diferentes en la columna difieren significativamente(P<0.09).

Fuente: de la Mata et al. (2015).

A su vez también se trabajó en un protocolo convencional reformulado el cual consta de una inyección de 2 mg de benzoato de estradiol al momento de aplicar un dispositivo liberador de progesterona por espacio de 7 días. Al momento de la extracción de dispositivo se aplica una dosis luteolítica de PGF2 α . El día 8 y en la mañana del día 9 se determina celo y se insemina con la regla AM/PM. A las vacas que no mostraron celo hasta la mañana del día 9, se les inyecta 0,5 mg de benzoato de estradiol. A esas vacas que se les inyectó benzoato de estradiol se les realiza IATF el día 10. El día 9 a la tarde no se determina celo ya que se inseminará a tiempo fijo a la mañana siguiente.

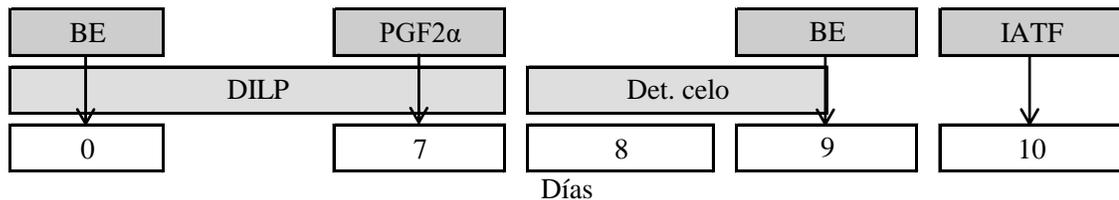


Figura 15. Protocolo convencional reformulado.

En conclusión, reducir el tiempo del dispositivo con progesterona y alargar el proestro, tendría mejores resultados que el protocolo convencional. A su vez, la combinación de IATF con la detección de celo sería un factor clave en aumentar la preñez de las vacas. Al mismo tiempo en el protocolo reformulado no se disminuye el tiempo del dispositivo y los resultados son igualmente alentadores.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ANIMALES

El proyecto en su totalidad abarca todas las categorías que componen un rodeo de cría (vaquillonas, vacas primíparas, vacas multíparas de parición temprana y multíparas de parición tardía), cada una de las mismas corresponde a un experimento. Para ejecutarlo se tuvieron disponibles un total de 444 vacas, de las cuales 421 estaban en anestro, paridas de parto normal, en primavera (desde principios de setiembre a principios de noviembre), durante 3 años consecutivos. Las razas utilizadas fueron Hereford y Aberdeen Angus pertenecientes a la Escuela Agraria “La Carolina” (CETP, UTU, ANEP, Flores, Uruguay). En la época de parición se realizó un control diario, con el fin de obtener la fecha de parto, tipo de parto, raza de madre y ternero, edad de la madre, sexo del ternero. A su vez, se le colocó al ternero un collar numerado al momento de su nacimiento con el fin de reconocer a su madre. A la semana siguiente se le colocaba la caravana definitiva. La alimentación de las vacas fue sobre campo natural en la totalidad del proyecto. Éste trabajo de tesis se basa sólo en la información de vacas primíparas de parición temprana.

3.2. SINCRONIZACIÓN E INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO

El método de inducción/sincronización de las ovulaciones se basó en el uso de un dispositivo intravaginal de liberación de un progestágeno (DILP) por un período determinado, asociado a inyecciones de benzoato de estradiol (BE) y prostaglandina F₂α (PGF₂α). El DILP utilizado es una esponja de poliuretano expandido confeccionado de forma artesanal cilíndrica de 12 cm de largo y 5 cm de ancho impregnada con 250 mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP) colocado en la vagina de las vacas por espacio de 5 o 7 días según tratamiento. Al momento de su colocación se inyecta al DILP una dosis de 0,16 g de oxitetraciclina de larga acción (Fatro, Montevideo, Uruguay) para evitar infecciones locales. El DILP se aplicaba al 5° día de comenzar los destetes temporarios. Se eliminaron del análisis las hembras que perdieron el DILP. La PGF₂α usada durante los 3 años fue de diferentes marcas comerciales pero todas con el mismo principio activo (cloprostenol D) inyectada a la dosis comercial. El BE fue estradiol inyectable (Dispert, Montevideo, Uruguay) que se diluía con aceite de girasol para obtener la concentración que se usaba en cada uno de los dos momentos. Las hormonas utilizadas fueron aplicadas en forma intramuscular y en el anca. En uno de los 3 años del proyecto se inyectó una dosis comercial de eCG (Novormón® 5000, Syntex, Montevideo, Uruguay) al momento de la extracción del DILP a todas las vacas. Las IATF se realizaron entre el 20/12 y el 23/12 durante los 3 años.

Se utilizó semen de un solo toro de probada fertilidad cada año, dentro de cada raza, preparando el semen e inseminando los mismos técnicos en cada ocasión durante el desarrollo del proyecto. Los toros de repaso se pusieron en el rodeo luego de 10 días de terminada la IATF.

3.3. DESTETES TEMPORARIOS Y MANEJO DE LOS TERNEROS

Los destetes temporarios (DT) fueron realizados con tablilla nasal (DTTN) (figuras 16 y 17) o a corral (DTC) (figura 18) por 13 o 15 días según tratamiento. Se controló la pérdida de tablillas nasales en los terneros durante 2 momentos (al colocar el DILP y el día de la IATF en que volvían a juntarse con su madre). Esta tablilla es de lata y en su colocación se perforaba con un alambre la narina del ternero. El ternero que hubiese perdido la tablilla en alguno de esos dos momentos era eliminado del análisis junto a su madre.



Figura 16. Ternero con tablilla nasal junto a su madre.



Figura 17. Formato de tablilla para destete temporario.



Figura 18. Terneros a corral.

Con el fin de mantener el contacto visual y olfativo entre la vaca y el ternero en el DTC, se colocó en potreros linderos por un lado a las madres y por otro el corral para los terneros. Se dispuso en el alambrado una malla de plástico a la altura de la ubre de la vaca de 50 cm de ancho que separaba las vacas de sus terneros (figura 19). De esta forma, el ternero no podía tomar la posición de amamantamiento. El día de colocación del DILP (a los cinco días de haber comenzado el DT) se unían por unas horas las vacas con sus terneros (figura 20), para luego volver a separarse. A la mañana siguiente de finalizar la IATF los terneros y sus madres eran soltados juntos al potrero correspondiente. En la noche anterior permanecían juntos en un pequeño corral con el fin de que cada vaca encuentre a su ternero. Los terneros se pesaron (kg) en la mañana sin ayuno previo los días 0 (aplicación de los destetes temporarios), 13 o 15 (día de la IATF) y al destete definitivo (entre 5 a 7 meses de edad de los terneros). Los terneros se manejaron de acuerdo a un protocolo clásico para destete precoz (Quintans, s.f.) e hiperprecoz (Bavera, 2008).



Figura 19. Malla de plástico colocada en el alambrado.



Figura 20. Momento de juntar los terneros con sus madres.

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

Se determinó condición corporal (CC) al colocar el DILP, al fin del servicio, al momento del destete definitivo, a mitad del invierno y al parto. Durante este último período, la determinación se realizaba una vez a la semana a aquellos animales que parieron la semana previa. La CC se realizó con una escala de 1 a 8 (1= muy flacas; 8= muy gordas, Vizcarra et al., 1986). Esta medida la realizó una sola persona durante los 3 años y otro técnico en el período de la parición. Este último tenía amplia experiencia en la determinación de CC que se corroboraba sistemáticamente con quien lo realizaba en los otros períodos. Esto nos aseguraba que no había diferencias entre evaluadores como ya fue publicado por Vizcarra y Wettemann (1996).

Se extrajo sangre por punción de la vena yugular para determinar progesterona en sangre, para evaluar la presencia de un cuerpo lúteo funcional. Las dos primeras veces con el objetivo de conocer cuáles vacas estaban en anestro o ciclando normalmente y la tercera para conocer si ovularon luego del comienzo de la restricción del amamantamiento. Las dos primeras veces se hizo entre los días -12 a -10 y en el día 0 (colocación de los DILP). La tercera al momento de la extracción del DILP. El suero, producto del centrifugado de la sangre (3000 rpm por 15 minutos), se obtuvo luego de 2 horas de la colección de la sangre. Este fue guardado a -20° C hasta la determinación de progesterona por RIA. La determinación de celo, cuando correspondía, comenzaba en 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, por conducta homosexual y se inseminaba entre las 8 a 12 horas de haber observado la vaca en celo. No se determinó celo en la tarde anterior a la IATF.

A todas las vacas 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, y se calculó el intervalo en días de una fecha fija (primero de julio) al día del parto de ese año. Con esta variable se pretendió estimar la concentración de partos en cada tratamiento durante el período de parición. Las variables de porcentaje de preñez a los 30 y 60 días fueron definidas como el cociente de vacas preñadas sobre el total de vacas inseminadas.

3.5. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Las muestras de suero se analizaron en el Laboratorio de Endocrinología y Metabolismo Animal, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay. Las concentraciones de progesterona fueron determinadas por radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida utilizando kits de MP (MP BIOMEDICALS, INC. Solon, OH 44139 USA). La concentración mínima detectable fue de 0,057 ng/ml. Los coeficientes de variación intra-ensayo 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-ensayo 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

El experimento fue realizado con 111 vacas primíparas (3 años) de dos razas con cría al pie, en anestro (progesterona en sangre < 1 ng/ml), que parieron en la primera mitad del período de parición producto de la IA sincronizada del año anterior. Sólo se usaron vacas con parto normal, en anestro (progesterona en sangre < 1 ng/ml), con ternero al pie, de 3 años y con un intervalo del parto a la realización del destete temporario entre 54 a 113 días. Se eliminaron de los análisis las hembras que estuvieran ciclando normalmente.

Se conformaron cuatro grupos de acuerdo a los siguientes tratamientos:

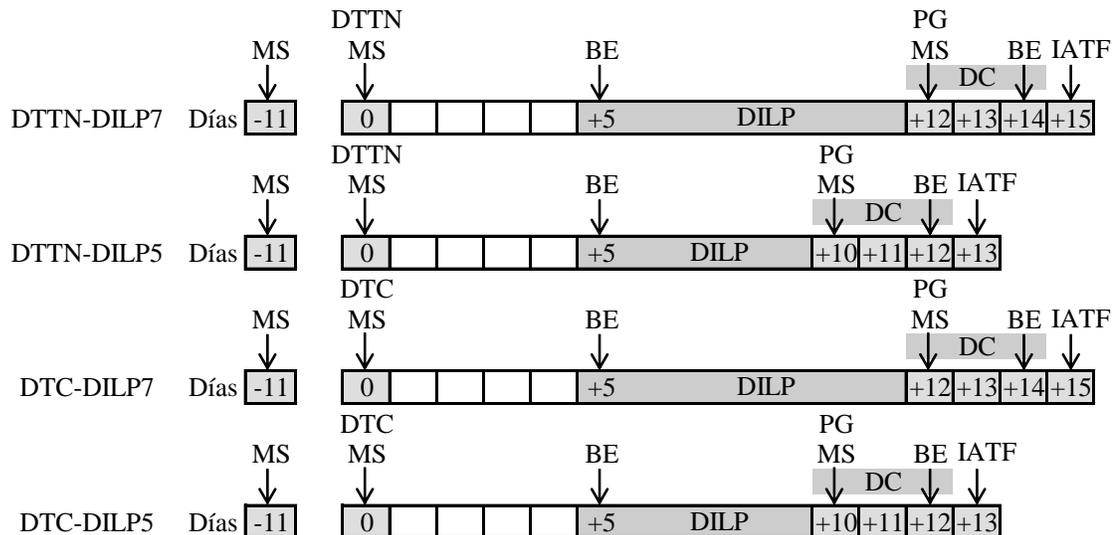
- DTTN-DILP7: DTTN (día 0), colocación del DILP y BE (2 mg) (día +5), extracción del DILP y PGF2 α (día +12), determinación de celo e IA por la regla AM/PM en el día 12 en la tarde, día 13 mañana y tarde y mañana del día 14. A las que no mostraron celo hasta este momento, se aplicó una dosis de BE (0,5 mg) en la misma mañana e IATF a las 72 horas de la extracción del DILP (día + 15).

- DTTN-DILP5: DTTN (día 0), colocación del DILP y BE (2 mg) (día +5), extracción del DILP y PGF2 α (día +10), determinación de celo e IA por la regla AM/PM en 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 aplicó una dosis de BE (0,5 mg) en la misma mañana e IATF a las 72 horas de la extracción del DILP (día + 13).

- DTC-DILP7: DTC (día 0), colocación del DILP y BE (2 mg) (día +5), extracción del DILP y PGF2 α (día +12), determinación de celo e IA por la regla AM/PM en el día 12 en la tarde, día 13 mañana y tarde y mañana del día 14. A las que no mostraron celo hasta este momento, se aplicó una dosis de BE (0,5 mg) en la misma mañana e IATF a las 72 horas de la extracción del DILP (día + 15).

- DTC-DILP5: DTC (día 0), colocación del DILP y BE (2 mg) (día +5), extracción del DILP y PGF2 α (día +10), determinación de celo e IA por la regla AM/PM en 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 aplicó una dosis de BE (0,5 mg) en la misma mañana e IATF a las 72 horas de la extracción del DILP (día + 13).

Las vacas siempre se manejaron juntas salvo en el momento de aplicación de los DILP realizando 2 grupos para facilidad del manejo general. Luego de la IATF se volvieron a manejar juntas teniendo en consideración su raza para el servicio natural. La aplicación del día del DILP, BE, PGF2 α y la extracción de sangre se muestra en la figura 21.



MS = toma de muestra de sangre, DTTN = destete temporario tablilla nasal, DTC = destete temporario a corral, BE = inyección de benzoato de estradiol, DILP = dispositivo intravaginal de liberación de progesterina, PG = inyección de PGF2 α , DC = determinación de celo, e IATF = inseminación artificial a tiempo fijo.

Figura 21. Esquemas de los tratamientos DTTN-DILP7, DTTN-DILP5, DTC-DILP7 y DTC-DILP5.

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de preñez fue estudiado 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. La parte aditiva del modelo varió con cada Experimento. 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 y su interacción. Para las variables 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 y sus interacciones simples. 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 eliminan debido a que 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 aleatorizó independientemente. No se consideró el efecto raza en los modelos debido a que el

proyecto no fue diseñado para evaluar dicha variable. 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

En el proyecto se perdieron 6 DILP (5%, 6/121), 3 tablillas nasales de los terneros (5%, 3/56), 1 vaca estaba ciclando (0,8%, 1/121), quedando 111 vacas en anestro para el análisis. No se observaron infecciones locales al momento de la extracción del DILP. En la tarde del día de la extracción del DILP, las hembras no mostraron celo en ninguno de los 4 tratamientos durante los 3 años.

Cuadro 20. Promedio y su desviación estándar (DE), mínimos y máximos de intervalo parto-destete temporario (días), condición corporal, peso del ternero (kg) e intervalo entre fecha fija y parto siguiente (días) de las vacas del experimento.

	Promedio \pm DE	Mínimo	Máximo
Intervalo parto-destete temporario (días)	85 \pm 15,3	54	113
Condición corporal			
Al destete	4,4 \pm 0,46	2,5	5,5
En invierno	4,3 \pm 0,47	2,5	5,5
Al parto	3,4 \pm 0,41	2,5	4,5
A la colocación del DILP	4,2 \pm 0,54	3,0	5,5
A fin del servicio	4,3 \pm 0,46	3,5	5,5
Peso del ternero (kg)			
Al momento del destete temporario	110 \pm 19,9	63	160
Al momento de volver a su madre	111 \pm 20,7	63	161
Intervalo entre fecha fija y parto siguiente (días)	101 \pm 15,3	72	132

Los terneros presentaron principios de acidosis en el corral que pudo ser controlado.

No se detectaron problemas de identificación de la madre con su ternero al juntarse luego de la IATF pero no se constató si efectivamente era su hijo. No se obtuvieron diferencias estadísticas dentro de cada año entre tratamientos en las condiciones corporales en los cinco momentos en que se realizó su determinación ($P>0,13$), durante los 3 años (cuadro 20).

Cuadro 21. Porcentaje de vacas ciclando previo al retiro de DILP, celo antes de la IATF, y preñez a los 30 y 60 días de la IATF, peso al destete (kg, media \pm EE) e intervalo de una fecha fija a la fecha de parto siguiente (días, media \pm EE) según tratamiento.

	DTTN-DILP7 (n=28)	DTTN-DILP5 (n=28)	DTC-DILP7 (n=28)	DTC-DILP5 (n=27)
% Ciclando previo al retiro del DILP*	11	7	7	7
% Celo antes del día de la IATF**	25	32	29	30
% Preñez a 30 días	26 b	9 b	73 a	6 b
% Preñez a 60 días	61	68	86	78
Peso del ternero al destete (kg)	200 \pm 5,5 a	206 \pm 5,5 a	193 \pm 5,4 a	190 \pm 5,7 b
Intervalo entre fecha fija y parto siguiente (días)	103,5 \pm 3,4	104,7 \pm 3,3	95,4 \pm 4,3	99,8 \pm 4,1

*No. de vacas ciclando/No. total de vacas

**No. de vacas en celo/No. total de vacas

a, b: diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05)

El porcentaje y la cantidad de vacas ciclando al momento de la extracción del DILP como posible consecuencia del previo destete temporario fueron 11%, 7%, 7% y 7% vacas para los tratamientos DTTN-DILP7, DTTN-DILP5, DTC-DILP7 y DTC-DILP5, respectivamente.

Alrededor de un tercio de vacas de primera cría estuvo en celo antes del día de la IATF (cuadro 21), y la concentración de los mismos se dio en la mañana del día anterior (día 12 o 14 según tratamiento) de la IATF siendo 71% (5/7), 89% (8/9), 62% (5/8) y 88% (7/8) para los tratamientos DTTN-DILP7, DTTN-DILP5, DTC-DILP7 y DTC-DILP5, respectivamente (cuadro 22).

Para porcentaje de preñez a los 30 días se encontró un efecto del tratamiento (P<0,01) y del año (P=0,08), favoreciendo al tratamiento DTC-DILP7 (cuadro 21). En porcentaje de preñez a los 60 días no hubo efecto de tratamiento ni de año (P>0,20) aunque llama la atención la gran diferencia para esta variable del destete temporario a corral con respecto al de tablilla nasal (cuadro 21).

Para peso al destete hubo un efecto del tipo de destete temporario (P=0,04) y del año (P=0,01), pero no del tiempo del DILP en la vagina de la vaca (P=0,78), sexo del ternero (P=0,63) y sus interacciones (P>0,36) (cuadro 21). Tampoco se encontró efecto en la variación de peso de los terneros entre el momento de realización del destete temporario y el momento de la IATF, momento en el cual el ternero vuelve con su madre (P>0,12), salvo para el efecto año (P<0,01). No se obtuvo diferencias entre tratamientos en el intervalo de una fecha fija del año de parto al parto del mismo año

($P > 0,32$) corriendo el mismo modelo citado previamente, pero con una tendencia por el efecto año ($P = 0,07$). Con todo, los tratamientos con destete temporario a corral tenían menor número de días en valores absolutos que los de tablilla nasal ($97,5 \pm 2,32$ vs $102,3 \pm 2,35$).

El cuadro 22 muestra la distribución de celos con respecto al total de celos y al número total de hembras del tratamiento DTC-DILP7 desde la extracción del DILP hasta 24 horas antes de la IATF. Los resultados corresponden a los obtenidos a campo sin analizar estadísticamente. Los celos van incrementándose desde las 48 horas a 24 horas antes de la IATF en todas las categorías con un máximo en la última determinación (24 horas antes del comienzo de la IATF).

Cuadro 22. Porcentajes de celos sobre celos totales, porcentajes de celos sobre total de hembras en el tratamiento por momento de determinación de celo y totales desde la extracción de DILP hasta 24 horas antes de la IATF del Tratamiento DTC-DILP7.

	-48 horas	-36 horas	-24 horas	TOTAL
De las que muestran celo	12% (1/8)	25% (2/8)	62% (5/8)	29% (8/28)
Del total	4% (1/28)	7% (2/28)	18% (5/28)	

5. DISCUSIÓN

Los resultados de este proyecto son contundentes. El tratamiento DTC-DILP7 (vacas paridas en anestro posparto) tuvo sistemáticamente:

- 1) Mayor porcentaje de preñez a la IATF.
- 2) Mayor porcentaje de preñez en el primer mes del servicio (porcentaje de preñez tanto a los 30 días como a los 60 días) ya sea con diferencia estadística o en valores absolutos con respecto a los otros tratamientos.
- 3) Una concentración superior de partos al comienzo del período de partos del año siguiente a la IATF, habiéndose obtenido diferencias estadísticamente significativas o en valores absolutos con respecto a los otros tratamientos.
- 4) Menores pesos al destete en los tratamientos a corral que en los tratamientos de tablillas nasales en los destetes temporarios en valores absolutos. Esto puede ser explicado porque algunos terneros con tablilla nasal tienen la habilidad de seguir mamando con la tablilla colocada.

El bajo porcentaje de vacas primíparas ciclando al momento de la extracción del DILP (7%) (cuadro 21) y los altos porcentajes de preñez obtenidos señalan que el protocolo DTC-DILP7 induce ovulaciones en vacas con cría al pie. Observando el porcentaje de preñez a los 60 días se puede inferir que el tratamiento permite a las vacas ciclar por lo menos hasta el siguiente ciclo estral.

Por otra parte, los tratamientos hormonales no son ajenos al balance nutricional. En términos generales, el nivel de energía tiene un gran efecto sobre la edad a la pubertad (Kinder et al., 1995), anestro posparto (Dunn y Kaltenbach, 1980) y la supervivencia embrionaria (Dunne et al., 1999). Aunque existe una gran cantidad de información del efecto de la nutrición sobre variables reproductivas (Dunn y Kaltenbach 1980, Randel 1990, Short et al. 1990), el conocimiento sobre los efectos de la nutrición sobre la dinámica de los folículos y su crecimiento en bovinos para carne con cría al pie no es suficiente. Los folículos ováricos cumplen una función muy importante en el proceso reproductivo y como es lógico son afectados por la nutrición en diferentes momentos de la vida productiva de la vaca. Los folículos ováricos controlan el ciclo estral, la viabilidad del ovocito y la supervivencia del embrión a través del cuerpo lúteo producido luego de la ovulación y la síntesis de progesterona. La escasa información sobre el desarrollo folicular se centra en vaquillonas ya que, en vacas productoras de leche, el efecto de la nutrición se confunde con su producción de leche. Y en vacas productoras de carne con la unión vaca-ternero (amamantamiento), no lactación. Los efectos de la nutrición, especialmente la subnutrición, habría que separarlos en los de corto y largo plazo, así como la gravedad en cada momento. A su vez existe una variación individual (variación genética) y varía en función de la condición corporal del cual partió la subnutrición o realimentación.

Las vacas primíparas con cría al pie del presente proyecto disminuyeron su condición corporal desde mitad de invierno al parto, pero lo incrementaron del parto a la colocación de los DILP y al fin del servicio. Las vacas estaban en anestro al realizar el destete temporario. Dunn y Kaltenbach (1980) mostraron que el efecto de la condición corporal al parto (reflejo de la nutrición preparto) fue más importante que el de la nutrición posparto sobre el largo del anestro posparto. Los efectos de la nutrición posparto sobre el anestro posparto son aparentemente inconsistentes. Se publicaron trabajos sin ningún efecto (Wettemann et al. 1986, Wright et al. 1992) como con efecto significativo (Rutter y Rendel 1984, Wright et al. 1987, Richard et al. 1991). Estos resultados inconsistentes pueden reflejar interacciones entre los niveles nutricionales pre y posparto, condición corporal al parto cuando se comienzan los diferentes niveles nutricionales, producción de leche, así como otros factores ambientales que afectan el anestro posparto.

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 posparto. Y el nivel posparto determinaría el crecimiento y diámetro del folículo dominante más que la nutrición preparto. En función de que las vacas de primera cría de este proyecto estaban mejorando su condición corporal luego del parto, es posible suponer que en el momento de realizar los destetes temporarios, los folículos dominantes estaban en franco crecimiento con incremento de producción de estrógeno; pero todavía las vacas seguían en anestro al momento de los destetes. Cuando la inhibición del amamantamiento fue removida (fundamentalmente las de corral), se puede suponer que la pulsatilidad (amplitud y frecuencia) y concentración de GnRH aumentó notoriamente en pocas horas (Williams et al., 1996), así como la LH y la ovulación (Shively y Williams, 1989). Igualmente, las vacas, en su gran mayoría, seguían en anestro por los valores estimados de progesterona (<1 ng/ml) al momento de retirar los DILP. Dicha circunstancia no formaba parte de la hipótesis originalmente planteada. Inmediato al parto, las vacas muestran ondas foliculares (Yavas y Walton, 2000). Por lo tanto, tendría que haber folículos dominantes con posibilidad de ovular.

Roche et al. (1992) mostraron que el anestro posparto en bovinos para carne se mantiene debido a una falla en la ovulación del folículo dominante y no a la falta de desarrollo de ese folículo, en condiciones nutricionales adecuadas. Muy posiblemente los folículos dominantes estuviesen prontos para ovular, lo que posiblemente faltaba era una mayor concentración y pulsatilidad de LH. Esto se trató de conseguir por varios caminos. Uno por la inhibición del amamantamiento y otro, por la aplicación del DILP. Los tratamientos de vacas en anestro con cría al pie a las cuales se les aplica una progestina (progesterona, natural o progestágeno, artificial) incrementan 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 con las vacas testigo (García-Winder et al. 1986, 1987, Inskeep et al. 1988). Se podría pensar que las vacas en anestro con progestinas exógenas estimulan el crecimiento y maduración final

del folículo dominante a través del incremento de la LH, el estímulo en el número de receptores de LH y secreción de estradiol (que permitiría un adecuado pico preovulatorio de LH). El incremento de la pulsatilidad de LH es posible gracias a la reducción de los receptores de estradiol en el hipotálamo y un menor feedback negativo a la salida de GnRH como se demostró en vaquillonas prepúberes (Day y Anderson, 1998). Dicho aumento de LH se sumaría al que se produce por la inhibición del amamantamiento.

Otro efecto que se sumaría es un incremento del diámetro del folículo (Fike et al., 1999) y concentración de estrógeno durante los días del tratamiento con una progestina (Kojima et al. 1995, Fike et al. 1999) como ya fue expresado. En éste trabajo, dicho aumento del diámetro sería ayudado por el incremento de 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 menores o iguales a 11,3 mm tenían menor concentración de estradiol en el día 0 (IATF) comparada con las vacas inducidas a ovular folículos de mayor tamaño (mayor o igual a 11,3 mm). Está ya demostrado que la concentración de estradiol producida por el folículo pre-ovulatorio tiene relación con el nivel de progesterona del próximo ciclo (Welsh et al., 1983). El estradiol tiene un efecto directo en la regulación de receptores de progesterona en el epitelio del útero. Es decir, tiene efecto sobre la concentración tisular de progesterona del próximo ciclo (Jinks et al. 2013, Madsen et al. 2015) y por lo tanto con una menor posibilidad de mortalidad embrionaria (Mann y Lamming, 1999). Se agrega a esto el uso de PGF2 α que actuaría como un estímulo de la ovulación (Pfeifer et al., 2014) al igual que el benzoato de estradiol (Fike et al., 1997) en programas de IATF. Estas hormonas podrían, en conjunto, haber ayudado a inducir la ovulación.

Por los resultados obtenidos en preñez a la IATF, el resultado del protocolo DTC-DILP7 fue inducir las ovulaciones.

En base a los resultados de campo, se planteó la hipótesis de que las vacas tenían un folículo en desarrollo, con un gran diámetro, produciendo cantidades crecientes de estradiol y con alta concentración y pulsatilidad de LH al momento que se juntaban 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. Esta proteína, secretada por el embrión, es la señal responsable o por lo menos la más estudiada, de la inhibición de la salida pulsátil de PGF2 α , y por consiguiente no se produce la luteólisis. Esta acción evita la mortalidad embrionaria y por lo tanto incrementa el porcentaje de preñez.

6. CONCLUSIONES

En conclusión, el tratamiento DTC-DILP7 se mostró superior en porcentaje de preñez correspondiente a la IATF (30 días) pero sin diferencias entre los tratamientos en porcentaje de preñez a los 60 días (sí en valores absolutos, favoreciendo a los tratamientos a corral). En promedio, los terneros no incrementaron ni perdieron peso durante los destetes temporarios. En peso al destete existió un efecto del tipo de destete, donde los terneros con tablilla mostraron mayores pesos al destete que los de corral en valores absolutos. No existieron diferencias significativas en el intervalo desde una fecha fija hasta el parto del siguiente año, considerando diferencias en términos absolutos el tratamiento DTC-DILP7 es el que obtiene un menor intervalo.

6.1. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

Se considera que el uso de los resultados de este proyecto es una herramienta de manejo más, fundamental, en el rodeo de cría ya que se incrementaría el porcentaje de preñez general como también se controla la fecha de concepción y por ende la de parto (capítulo 2.4). Si a esto se le agrega que se mantienen y se compran menos toros, así como también la posibilidad de la utilización de genes de alto valor biológico que cada empresa pecuaria en particular considere pertinente, es posible pensar que esta tecnología tendrá un impacto económico muy importante en el rodeo de cría.

6.2. RELACIÓN ENTRE EL GRADO DE DESPINTADO EN EL ANCA Y EL PORCENTAJE DE PREÑEZ EN DIFERENTES CATEGORÍAS DE VACAS

Como se puede observar a través del análisis realizado en el anexo 1, existe una relación directa entre el raspado y la fertilidad a la IATF con diferencias en los resultados en cada uno de las categorías.

Para el caso de utilizar semen de alto costo, dicha tecnología nos brinda una seguridad a la hora de inseminar una vaca, pudiendo utilizar uno de bajo costo para aquellos animales con menos del 50% de despintado.

En relación a las categorías utilizadas para diferenciar los grados de despintado, se concluye que es favorable utilizar solamente tres categorías debido a que los resultados obtenidos en menos de 30% de despintado y entre 30% y 50% de despintado son similares y a su vez dificultan a la hora de decidir entre una u otra. Otra ventaja de utilizar tres categorías es poder llevar a cabo la herramienta por más de una persona, disminuyendo el grado de subjetividad con respecto a utilizar 4 categorías.

Los beneficios de poder contar con una metodología que tenga una alta relación con el porcentaje de preñez son varios. Uno de ellos ya fue mencionado y es la ayuda que brinda para lograr una precisa determinación de celo tanto en un programa de IA convencional, como en una IATF en la cual es necesario determinar celo para obtener mayor porcentaje de preñeces. También resulta clave en la modificación al protocolo J-SYNCH propuesto por el Dr. A. Menchaca. En éste se pintan las vacas al momento de

retirar el dispositivo con el fin de inseminar aquellas que estuvieran despintadas tres días más tarde, logrando preñar las que presenten celo previo a la IATF.

Para el caso de un programa de IATF convencional en el que no se determina celo, si se desea utilizar semen sexado o uno de alto costo, contar con esta tecnología nos permite inseminar las vacas que presentaron celo con mayor certeza (mayor porcentaje de despintado). Además aquellas vacas que muestran celo natural son más fértiles. En la que no muestra un raspado adecuado se usaría un semen común, inclusive de bajo valor. En el caso del protocolo convencional, las vacas se pintarían en el momento que se da la dosis de benzoato de estradiol que se usa para inducir la ovulación.

6.3. COMPARACIÓN DEL PROTOCOLO JSYNCH Y EL PROTOCOLO CONVENCIONAL REFORMULADO

A través de este análisis (ver anexo 2) se observó que para el caso del protocolo J-SYNCH, las vacas que presentaron celo entre el día 6 y 9, las cuales fueron identificadas pero no inseminadas (9% del total), fallaron al momento de realizar la IATF, obteniendo un porcentaje de preñez a los 30 días del 62% en vacas y del 74% en vaquillonas. En cambio, en el protocolo convencional reformulado, los animales que mostraban celo previo a la IATF fueron inseminados, obteniendo mayor porcentaje de preñez para ambas categorías (63% de preñez a los 30 días en vacas y 88% en vaquillonas).

Los resultados obtenidos en estos experimentos no arrojaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos protocolos y en ambas categorías. Lo que sí se mostró fue una gran diferencia en valores absolutos en la categoría vaquillonas lo que nos hace pensar que esto fue debido al bajo número de hembras en cada uno de los grupos. Existe una gran diferencia en preñez a los 30 días por la fertilidad del toro.

7. RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo solucionar uno de los mayores problemas del rodeo de cría en Uruguay como es el bajo porcentaje de preñez en la categoría primíparas, como también la necesidad de una rápida concepción en el período de servicio. Se realizaron 4 tratamientos los cuales se diferenciaban por el tiempo de permanencia del DILP en la vaca y el tipo de destete de su ternero. El tratamiento DTC-DILP7, lo cual significa 7 días de DILP y destete a corral, obtuvo el mayor porcentaje de preñez a los 30 días, sin obtener diferencias significativas en el peso de los terneros al destete. Los 4 tratamientos son de gran utilidad a la hora de manejar un rodeo de cría en el cual existen más categorías de animales, pudiendo así determinar un manejo adecuado para cada una de ellas dependiendo de sus requerimientos. Los puntos a favor de dicha tecnología también abarcan la disminución del período parto-concepción, destete de los terneros de similar peso y una fecha de parto más temprana lo que garantiza una mayor productividad de por vida, ya sea como novillo o como vaca de cría.

Palabras clave: Inseminación artificial a tiempo fijo; Fecha de parto; Preñez; Destete temporario.

8. SUMMARY

The purpose of this project is to solve one of the major problems of uruguayan cattle, which is the low percentage of pregnancy in first-calf category, as well as the need of a quick conception in the Service period. Four treatments were done, and the difference between them consisted in the period of time DILP remain in the cow and the type of early weaning of its calf. The DTC-DILP7 treatment, which means 7 days of DILP and early weaning obtained at thirty days the larger percentage of pregnancy, with no significant differences on calf weight at weaning. All four treatments bring great utility at the time of managing the cattle when we have different animals categories, as they allow us to do a better work for each of them depending individual requirements. The high spots of this technology also includes the decrease of the period between delivery-conception, early weaning of calves with similar weights and a sooner delivery date which guarantees a larger productivity for life being, whether it is a steer or a cow.

Keywords: Fixed-time artificial insemination; Delivery date; Pregnancy; Early weaning.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. AACH (Asociación Argentina de Criadores de Hereford, AR). 2015. Mercado del semen bovino. (en línea). Buenos Aires. s.p. Consultado abr. 18. Disponible en <http://www.hereford.org.ar/web/wp-content/uploads/Mercado-del-semen-bovino-por-Ing.-Mariano-Etcheverry..pdf>
2. 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. EERA (Corrientes). Boletín Técnico no. 1. 7 p.
3. ASBIA (Asociación Brasileira de Inseminación Artificial, BR). Comercializaçao de sêmen. (en línea). Minas Gerais. s.p. Consultado abr. 18. Disponible en <http://www.asbia.org.br/novo/relatorios/>
4. Austin, E. J.; Mihm, M.; Ryan, M. P.; Williams D. H.; Roche, J. 1999. Effect of duration of dominance of the ovulatory follicle on onset of estrus and fertility in heifers. *J. Animal Sci.* 77:2219-2226.
5. 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 (6°, 2005, Ciudad Universitaria Córdoba, Argentina). Resúmenes. Córdoba, Instituto de Reproducción Animal. p. 387.
6. Baruselli, P. S.; Madureira, E. H.; Marques, M. O. 2011. Programas de IA a tiempo fijo en *Bos indicus*. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (12°, 2011, Huerta Grande). Resúmenes. Córdoba, Instituto de Reproducción Animal. pp. 95-116.
7. _____; Reis, E. L.; Marques, M. O.; Nasser, L. F.; Bó, G. A. 2004. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Anim. Reprod. Sci.* 82:479-486.
8. _____; Sales, J. N.; Sala, R. V.; Viera, L. M.; Sa Filho, M.F. 2012. History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. *Anim. Reprod. Sci.* 9:139-152.
9. Bavera, G. 2008. Destete hiperprecoz. (en línea). In: Curso Producción Bovina de Carne (7° , 2008, Río Cuarto). Trabajos presentados. Buenos Aires,

UNRC FAV. s.p. Consultado may. 19. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar/destete/destete/hiperprecoz>.

10. 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. 80 p.
11. Bellows, R. A.; Short, R. E.; Urick, J. J.; Pahnish, O. F. 1974. Effects of early weaning on postpartum reproduction of the dam and growth of calves born as multiples or singles. *J. Animal Sci.* 39:589-600.
12. Bo, G. A.; Adams, G. P.; Pierson, R. A.; Mapletoft, R. J. 1995. Exogenous control of follicular wave emergente in cattle. *Theriogenology.* 43:31-40.
13. _____; 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: Internacional Congress on Animal Reproduction (13th, 1996, Sydney). Abstracts. Sydney, IRAC. p. 22
14. _____; 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. *Anim. Reprod. Sci.* 59:141-157.
15. _____; 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^o, 2001, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 117-136.
16. _____; Mapletoft, R. J. 2014. Historical perspectives and recent research on superovulation in cattle. *Theriogenology.* 8:38-48.
17. _____; Caccia, M. 2002. Dinámica folicular ovárica en el ganado bovino en reproducción en los animales domésticos. Florencia, Melibea. t. 1, s.p.
18. _____; de la Mata, J. J.; Baruselli, P.; Menchaca, A. 2016. Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology.* 86: 388-396.
19. 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. *Anim. Reprod. Sci.* 117:208-215.

20. _____; Mussard, M. I.; 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.
21. Burris, M. J.; Priode, B.M. 1958. Effect of calving date on subsequent calving performance. *J. Animal. Sci.* 17:527-533.
22. Byerley, D. J.; Staigmiller, R.; Berardinelli, J. G.; Short, R. 1987. Pregnancy rates of beef bred either on pubertal or third estrus. *J. Animal. Sci.* 65: 645-651.
23. 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).
24. 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 (6°. , 2005, Córdoba)*. Resúmenes. Córdoba, Instituto de Reproducción Animal. p. 391.
25. _____; Uslenghi, G.; Larghi, G.; Cledou, J.; Cabodevila, J. 2011a. Uso de cipionato de estradiol para sincronizar ovulaciones en vaquillonas Holando. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 31 (Suppl. 1): 409-410.
26. _____; De Dominici, O.; Madero, S.; Cantallop, F.; Uslenghi, G.; Cabodevila, J. 2011b. Uso del cipionato de estradiol para implementar un programa de IATF. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 31 (Suppl. 1): 403-410.
27. 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 (6°. , 2005, Córdoba)*. Resúmenes. Córdoba, Instituto de Reproducción Animal. p. 397.
28. Colazo, M. G.; Mapletoft, R. J.; Martinez, M. F.; Kastelic, J. P. 2007. El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas. *Cienc. Vet.* 9:4-19.

29. Cushman, R. A.; Kill, L. K.; Funston, R. N.; Mousel, E. M.; Perry, G. A. 2013. Heifer calving date positively influences calf weaning weights through six parturitions. *J. Animal Sci.* 91:4486-4491.
30. Cutaia, L.; Tríbulo, R.; Alisio, L.; Tegli, J.; Moreno, D.; Bo, G. A. 2001a. Efecto de los tratamientos con dispositivos DIV-B nuevos o reutilizados en los índices de preñez en vacas y vaquillonas inseminadas a tiempo fijo (IATF). In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (4°, 2001, Córdoba). Abstracts. Córdoba, IRAC. p. 244.
31. _____.; Moreno, D.; Villata, M. L.; Bo, G. A. 2001b. Synchrony of ovulation in beef cows treated with progesterone vaginal devices and estradiol benzoate administered at device removal or 24 hours later. *Theriogenology*. 55:408 (Abstracts).
32. _____.; 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 (5°, 2003, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 119-134.
33. 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.
34. 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. *J. Animal Sci.* 57:852-866.
35. Day, M.; Anderson, L. H. 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. *J. Animal Sci.* 76 (Suppl. 3): 1-15.
36. 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.
37. 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. *Anim. Reprod. Sci.* 78:345-370.

38. _____. 2008. Reproductive management of dairy cows: a review (part I). *Irish Vet. Journal.* 61(5):329-332.
39. 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.
40. Dunn, T. G.; Kaltenbach, C. C. 1980. Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. *J. Animal. Sci.* 51 (Suppl. 2): 29-39.
41. 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. *Anim. Reprod. Sci.* 58: 39-44.
42. Dziuk, P.; Bellows, R. 1983. Management of reproduction of beef cattle, sheep and pig. *J. Animal Sci.* 57(Suppl. 2): 355-379.
43. _____.; 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. *J. Animal. Sci.* 75:2009-2015.
44. Fike, K.; 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 β -Estradiol. *J. Animal Sci.* 77:715-723.
45. Franke, D. E.; Wyatt, W. E. 1982. The influence of previous calving date on subsequent calving rate and date. *J. Animal. Sci.* 55 (Suppl. 1): 147-152.
46. Funston, R. N.; Musgrave, J. A.; Meyer, T. L.; Larson, D. M. 2012. Effect of calving distribution on cattle progeny performance. *J. Animal. Sci.* 90: 5118-5121.
47. García 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. *Anim. Prod.* 55:177-184.
48. 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 corporea lutea in postpartum beef cows. *J. Animal Sci.* 62:1353-1362.

49. _____.; Lewis, P. E.; Townsend, E. C.; Inskip, E. K. 1987. Effect of norgestomet on follicular development in postpartum beef cows. *J. Animal Sci.* 64. 1099-1109.
50. Gil, A. 2002. Manejo de rodeos de cría de bovinos para carne en Uruguay. In: Seminario de Actualización Técnica (2002, Montevideo). Cría y recría ovina y vacuna. Montevideo, INIA. pp. 71-80 (Actividades de Difusión no. 288).
51. Gleddie, V. M.; Berg, R. T. 1968. Milk production in range beef cows and its relationships to calf gains. *Can. J. Animal Sci.* 48:323-333.
52. Guerra, F.; Irazábal, 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.
53. Hauser, P.; Kamwnja, L. A.; Hauser, E. R. 1983. Photoperiod influences age at puberty of heifers. *J. Animal. Sci.* 57:985-992.
54. 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. *J. Animal. Sci.* 83:E90-106E.
55. Hothorn, T.; Bretz, F.; Westfall, P. 2008. Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Bio. Journal.* 50(3): 346-363.
56. Inskip, 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. *Biol. Reprod.* 38: 587-591.
57. 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. *J. Animal Sci.* 91:1176-1185.
58. Kasimanickam, R.; Hall, J. B.; Currin, J. F.; Whittier, W. D. 2008. Sire effect on the pregnancy outcome in beef cows synchronized with progesterone based Ovsynch and CO-Synch protocols. *Anim. Reprod. Sci.* 104:1-8.

59. _____.; 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.
60. _____.; Asaya, M.; Firtha, P.; Whittierb, W. D.; Hallc, J. B. 2012. Artificial insemination at 56 h after intravaginal progesterone device removal improved AI pregnancy rate in beef heifers synchronized with five-day CO-Synch_controlled internal drug release (CIDR) protocol. *Theriogenology*. 77:1624-1631.
61. 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. *J. Reprod. Fertil. (Suppl)* 49:393-407.
62. King, R. G.; Kress, D. D.; Anderson, D. C.; Dooborns, D. E.; Burfening, P. J. 1983. Genetic parameters in Hereford for puberty in heifers and scrotal circumference in bulls. *Proc. West. Sect. Amer. Soc. Anim. Sci.* 34:11-15.
63. 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 β -estradiol. *Biol. Reprod.* 52: 455-463.
64. Lesmeister, J. L.; Burfening, P. J.; Blackwell, R. L. 1973. Data of first calving in beef cows and subsequent production. *J. Animal. Sci.* 36:1-6.
65. López, J. 2016. Ciclo estral en la vaca. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado may. 18. Disponible en <https://www.reproduccionveterinaria.com/fisiologia-y-anatomia-obstetrica/fisiologia-obstetrica2/ciclo-estral/ciclo-estral-en-la-vaca/>
66. López-Trujillo, R.; García-Elizondo, R.; Ruiz-Zárate, F. 2016. Fecha del primer parto y productividad de vacas Charolais. Coahuila, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. s.p.
67. Lucy, M. C.; Savio, J. D.; Badinga, L.; De La Sota, R. L.; Thatcher, W. W. 1992. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J. Animal. Sci.* 70:3615–3626.

68. Macmillan, K. L.; Peterson, A. J. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrous synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. *Anim. Reprod. Sci.* 33:1–25.
69. 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. *Anim. Reprod. Sci.* 158: 96-103.
70. Mann, G. E.; Lamming, G. E. 1999. The influence of progesterone during early pregnancy in cattle. *Reprod. Domest. Anim.* 34:269–274.
71. Maquivar, M.; Day, M. 2011. Estrategias nutricionales y hormonales para inducción a la pubertad en novillas de carne y su impacto en la fertilidad. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°, 2011, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, IRAC. pp. 43-70.
72. Martinez, 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.
73. _____; Kastelic, J. P.; Adams, G. P.; Mapletoft, R. J. 2002. The use of a progesterone-releasing device (CIDR-B) or melengestrol acetate with GnRH,LH or estradiol benzoate for fixed-time AI in beef heifers. *J. Animal. Sci.* 80:1746-1751.
74. Menchaca, A.; De Castro, T.; Chiflet, N.; Álvarez, M. 2005. Uso de IATF y destete precoz al inicio del servicio en rodeos de cría. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (6°, 2005, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 410.
75. _____; Nunez-Olivera, R.; García Pintos, C.; Cuadro, F.; Bosolasco, D.; Fabini, F.; Dutra, S.; de la mata, J. J.; Bo, G. A. 2017. Efecto de la prolongación del proestro en la fertilidad de los programas de IATF. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (12°, 2017, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, INAC. pp. 191-215.
76. 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.
77. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de

Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2012. Censo general agropecuario 2011: resultados definitivos. Montevideo. s.p.

78. _____. _____. 2017. Anuario estadístico agropecuario 2017. 20^a. ed. Montevideo. s.p.
79. Moitinho, F. 2015. Jogo de equipe. (en línea). Dinheiro Rural. no. 138. s.p. Consultado abr. 18. Disponible en <https://www.dinheiro rural.com.br/secao/agrocarreira/jogo-de-equipe>
80. 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. Anim. Breed. Abs. 48:1-20.
81. 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^o., 1968, Colorado). Proceedings. Colorado, American society of Animal Science. s.p.
82. NAAB (National Association of Animal Breeders, US). 2017. Annual reports of semen sales and custom freezing. (en línea). Wisconsin. s.p. Consultado abr. 18. Disponible en <https://www.naab-css.org/semen-sales>
83. Nahms, F. 1998. Changes in US beef cow – calf producers. Fort Collins, USA, National Animal Health Monitoring Service. pp. 1-48.
84. _____. 2008. Reference of beef cow-calf management practices in the United States. Fort Collins, USA, National Animal Health Monitoring Service. pp. 18-23.
85. Orcasberro, R. 2016. Mes de entore y eficiencia de un rodeo de cría. Revista Plan Agropecuario. no. 160:36-41.
86. Pérez, M.; Medina, L.; Dick, A. 2012. Cómo maximizar la eficiencia y eficacia en la detección de celo con el uso combinado de pinturas y prostaglandinas en vacas lecheras cíclicas. Tandil, Argentina, Universidad Nacional de Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. s.p.
87. Perry, G. A.; Smith, M.; Lucy, M.; Green, J.; Parks, T.; Macneil, M. D.; Roberts, A. J.; Geary, T. 2005. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 102: 5268-5273.

88. _____. 2012. El talón de Aquiles de la reproducción, la detección del celo. *Producir XXI*. 246:45-49.
89. Peterson, C.; Alkar, A.; Smith, S.; Kerr, S.; Hall, J.B.; Moore, D.; Kasimanickam, R. 2011. Effects of one versus two doses of prostaglandin F2alpha on AI pregnancy rates in a 5-day, progesterone-based, CO-Synch protocol in crossbred beef heifers. *Theriogenology*. 75:1536-1542.
90. 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 α as ovulatory stimulus for timed artificial insemination in cattle. *Theriogenology*. 81:689-695.
91. 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 F2alpha or norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology*. 49:667-681.
92. Quintans, G. 2008. Manejo del rodeo de cría. Destete precoz. INIA. Cartilla no. 2. 2 p.
93. R Core Team. 2017. A language and environment for statistical computing. (en línea). R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. s.p. Disponible en <https://www.R-project.org/>.
94. Randel, R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Animal Sci.* 68:853-862.
95. Reimers, T. J.; Smith, R. D.; Newman, S. K. 1984. Management factors affecting reproductive performance of dairy cows in the Northeastern United States. *J. Dairy Sci.* 68:963-972.
96. Rhodes, F. M.; Burke, C. R.; Clark, B. A.; Day, M. L.; Macmillan, K. L. 2002. Effect of treatment with progesterone and oestradiol benzoate on ovarian follicular turnover in postpartum anoestrous cows and cows which have resumed oestrous cycles. *Anim. Reprod. Sci.* 69:139-150.
97. 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. *Biol. Reprod.* 44: 961-966.

98. 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.
99. Roche, J.; Crowe, M. A.; Boland, M. P. 1992. Postpartum anoestrus in dairy and beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 28:371-378.
100. Rodríguez Blanquet, J. B. 2008. 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, s.l.). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 132.
101. _____; D'Amado, T.; Echegoyen, J.; Rodríguez, J. C.; Batista, C.; Van Lier, E.; Gómez, A.; Bentancur, O. 2014. Evaluación de destete precoz e hiperprecoz a vacas multíparas junto a un protocolo de IATF sobre su actividad productiva y reproductiva. In: Congreso Argentino de Producción Animal (37°, 2014, Buenos Aires). Trabajos presentados. Buenos Aires, INTA. pp. 77-89.
102. _____; _____; Batista, C.; Mendez, S.; Van Lier, E.; Gomez, 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 (análisis preliminar). In: Congreso Latinoamericano de Producción Animal (14°, 2015, Puerto Varas). Resúmenes. Puerto Varas, ALPA. p. 963.
103. Rovira, J. 1972. Reproducción y manejos de los rodeos de cría. Montevideo, Hemisferio Sur. s.p.
104. Rumpf, J. M.; Van Vleck, L. D. 2004. Age-of-dam adjustment factors for birth and weaning weight records of beef cattle: a review. *J. Animal Sci.* s.p.
105. Rutter, I. M.; Randel, R. D. 1984. Postpartum nutrient intake and body condition: effect on pituitary function and onset of estrus in beef cattle. *J. Animal Sci.* 58: 265-274.
106. 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.

107. 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.
108. SAS Institute. 1994. SAS Guide to tabulate Processing. 2nd. ed. Cary, NC. 208 p.
109. Scena, C. G.; Peralta, R. U.; Obregón, H.; Callejas, S. 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 (6°, 2005, Huerta Grande). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 423.
110. Senger, P. L. 1994. The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *J. Dairy Sci.* 77:2745-2753.
111. 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. *Domest. Anim. Endocrinol.* 6:379-387.
112. Short, R.; Bellows, R. 1971. Relationships among weight gain, age at puberty and reproductive performance in heifers. *J. Animal Sci.* 32:127-131.
113. _____; Convey, E. M.; Staigmiller, R. B.; Bellows, R. A. 1990. Effects of intermittent small-dose injections of GnRH in anestrous postpartum beef cows. *J. Animal Sci.* 53 (Suppl):366 (Abstract).
114. _____; Bellows, R. A.; Staigmiller, R. B.; Berardinelli, J. G.; Custer, E. E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Animal Sci.* 68: 799-816.
115. 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. *J. Animal Sci.* 64:540-551.
116. Stahringer, R.; 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 (5°, 2005, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC. p. 426.

117. Stevenson, J.; Johnson, S. K.; Milliken, G. A. 2003a. Incidence of postpartum anestrus in suckled beef cattle: Treatments to induce estrus, ovulation and conception. *Prof. Animal. Sci.* 19:124-134.
118. _____.; Lamb, G. C.; Medina-Britos, M. A.; Grieger, D. M.; Harmoney, 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 alter timed inseminations. *J. Animal Sci.* 81:571-586.
119. Thibier, M. 2005. The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. *Repro. Nutr. Dev.* 45:235-242.
120. Ungerfeld, R. 2002. Control endócrino del ciclo estral en reproducción en los animales domésticos. Montevideo, Melibea. t.1, s.p.
121. Uslenghi G.; Gonzalez Chaves, S.; Cabodevila, J.; Callejas, S. 2014. Effect of estradiol cypionate and amount of progesterona in the intravaginal device on synchronization of estrus, ovulation and on pregnancy rate in beef cows treated with FTAI based protocols. *Anim. Reprod. Sci.* 145:1-7.
122. 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 vaquillonas Angus. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°, 2011, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC.* p. 333.
123. _____.; Chayer, R.; Uslenghi, G.; Montiel, J.; Callejas, S. 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 vacas Angus puro controladas. *In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (9°, 2011, Córdoba). Resúmenes. Córdoba, IRAC.* p. 331.
124. 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.
125. _____.; Wettemann, R. P. 1996. Reproducibility, Repeatability, and Degree of Expertise Required to Assess Body Condition Score in Beef Cattle. *The Prof. Anim. Sci.* 12: 28-31.

126. Welsh, T. H. Jr.; Zhuang, L. Z.; Hsueh, A. J. 1983. Estrogen augmentation of gonadotropin-stimulated progesterin biosynthesis in cultured rat granulosa cells. *Endocrinology*. 112: 1916-1924.
127. 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.
128. 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 progesterone, for fixed-time AI in beef heifers. *Theriogenology*. 57:391 (Abstract).
129. Williams, G. L.; Gazal, O. S.; Guzman Vega, G. A.; Stanko, R. L. 1996. Mechanisms regulating suckling-mediated anovulation in the cow. *Anim. Reprod. Sci.* 42: 289-297.
130. Williams, W. F.; Yver, D. R.; Gross, T. S. 1981. Comparison of estrus detection techniques in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 64:1738-41.
131. Wiltbank, M.; Gumen, A.; Sartori, R. 2002. Physiological classification of the anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology*. 57:21-53.
132. 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. *Anim. Prod.* 45:395-402.
133. _____; Rhind, S. M.; 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. *Anim. Prod.* 55: 41-46.
134. Xu, Z. Z.; McKnight, D. J.; Vishwanath, R.; Pitt, C. J.; Burton, L. J. 1998. Estrus detection using radiotelemetry or visual observation and tail painting for dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 51 (suppl. 2):2-15.

10. ANEXOS

Anexo 1. Relación entre el grado de despintado en el anca y el porcentaje de preñez en diferentes categorías de vacas.

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). Pero esa eficiencia biológica puede ser mejorada si se tiene una concentración de preñeces al comienzo del período de parición. En programas de inseminación artificial donde sea necesario la determinación de celo es fundamental realizarlo de tal forma de no perder ningún celo. De esta forma se tiene la oportunidad, no solo de preñar esas vacas, sino también de preñarlas al comienzo del período de servicio.

La exactitud en la determinación de celo es una de las variables que más inciden en el resultado de un programa de inseminación artificial donde se tiene que determinarlo. El celo bovino se podría definir como un corto período (alrededor de 18 horas) en que la vaca es receptiva sexualmente. Este se manifiesta cada 20-21 días según sea vaquillona o vaca respectivamente, con una variación de 4 días y con una ovulación a las 10 horas de haber finalizado el mismo.

Senger (1994) estimó una pérdida anual que superaba los US\$ 300 millones de dólares para la industria lechera de Estados Unidos por mala detección de celos. Varios investigadores de EE.UU. para vacas productoras de leche mostraron acuerdo en que la eficiencia de la detección de celos era menor al 50% en la mayoría de los rodeos de EE.UU. (Senger, 1994). Las vacas para leche que producen rendimientos muy altos en leche ovulan sin manifestación de celo. Si a esto se le suma una deficiente detección de celo por factores humanos, los valores de concepción son muy bajos. Posiblemente, ese valor, al momento actual, sea menor. Esto es debido que en los últimos años se ha incrementado el uso de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en los rodeos lecheros de EE.UU. (cuadro 1). Con todo, en algunos de los protocolos usados de IATF se determina, en algún momento, el celo.

En bovinos para carne, si se pretende introducir la IA, la detección de celo también sería un problema a resolver.

Varios son los motivos por el cual conocer que una vaca se encuentra en celo es de suma importancia. El más importante de ellos es perder la oportunidad de preñar una vaca en el momento óptimo, lo cual afecta la fecha de parto, retrasándola. En el capítulo 2.4 se muestra la importancia de la fecha de parto en la vaca para carne para su productividad de por vida así como la de su progenie. Otro es el costo del semen, una mala detección de celo hace perder el valor del semen (si se inseminara), más aun si es semen sexado así como el trabajo que implica la IA.

Diskin et al. (2008), han demostrado claramente que mejorar la detección de celos en un 12-15% tiene el efecto equivalente a incrementar la tasa de concepción en 10 puntos porcentuales.

Se debe maximizar la eficiencia y la eficacia de la detección, lo cual se traduce, en poder determinar el momento ideal para realizar la inseminación, prediciendo el momento de la ovulación para aumentar al máximo la oportunidad de concepción.

La pintura en el anca no es la única metodología sobre la cual se han realizado estudios para lograr una eficiente y exacta determinación de celos. También existen otras técnicas como la de parches de monta (Perry, 2012), podómetros (Williams et al., 1981), dispositivos radio telemétricos preso-sensores (Xu et al., 1998), etc. Dichas tecnologías no han logrado superar a la apreciación visual del rodeo y a su vez, significan un gasto extra. En tratamientos con largas jornadas de determinación de celos en grandes rodeos, su costo puede verse diluido si se toma en cuenta el error humano que existe en realizar dicha actividad por varios días seguidos.

Otro motivo por el cual la eficacia de dichas metodologías se ve disminuida frente a la apreciación visual, es que el dejarse montar por otra vaca no es el único signo de que el animal este en celo, aunque si es el más importante de todos, como lo muestra el siguiente cuadro. Por lo tanto, observando a los animales, se obtiene una mejor apreciación del comportamiento de la vaca para así lograr determinar si se encuentra en celo.

Cuadro 1. Relación entre signos de celo a la IA y porcentaje de concepción.

Signos de celo	Porcentaje de concepción
Se deja montar	51.3 a
Usualmente activa	49.6 b
Muge	50.0 b
Monta a otras vacas	49.2 b
Producción de leche baja	49.3 b
Marcada en la cola	48.8 b
Mucus	44.2 b
Kamar roto	43.2 b
Sangre en la vulva	33.0 b
Kamar parcialmente roto	30.2 b

a, b: valores en la fila con diferente subíndice difieren estadísticamente entre sí ($p < 0,05$)

Fuente: Reimers et al. (1984).

Teniendo en cuenta las fallas y el costo de las tecnologías mencionadas, además del nivel de gerenciamiento que necesitan para ser implementadas en un rodeo no parecen ser económicamente viables, al menos en la media de los productores de Uruguay.

Entonces parecería que el uso de la pintura en el anca o los parches sería un buen complemento a la determinación de celo en forma visual. La diferencia entre ambos métodos es el costo. No se tiene información si hay diferencia en la eficiencia y exactitud en la determinación de celos.

Pintar el anca de la vaca es una ayuda para la determinación de celo en forma visual. Consiste en pintar en la base de la cola una franja de 5 centímetros (cm) por 25 cm con una pintura que se encuentra comercialmente disponible para ese fin. En el momento en que una vaca monta a la otra y se apoya en el anca, la pintura va desapareciendo, lo cual determinaría que esa vaca esté en celo, dependiendo del grado de despintado al momento de realizar la observación.

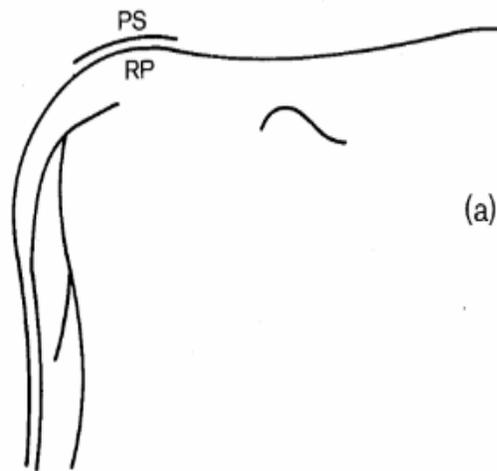


Figura 1. Lugar donde pintar en el anca de la vaca.



Figura 2. Ejemplo de pintura en el anca.

Los resultados de dicha técnica son alentadores. Rodríguez Blanquet et al. (2015), obtuvieron para el grupo “a” un 54% de preñez, para el grupo “b” un 59% y un 24% y 15% para los grupos “c” y “d” respectivamente. Los dos primeros grupos no

mostraron diferencias estadísticamente significativas, mientras que los últimos dos grupos si lo hicieron con respecto a los dos primeros.

Por su parte, Xu et al. (1998) obtuvieron una eficiencia de detección del 98,4% utilizando pintura y observación visual, mientras que la eficiencia del HeatWatch (dispositivos radio telemétricos preso-sensores) fue de 91,7%. Este último método es muy costoso y se usa principalmente para investigación. Pero estos resultados están mostrando que la pintura en el anca podría ser un buen complemento para la determinación de celo.

Con el fin de obtener una relación entre el grado de despintado en el anca de la vaca y el porcentaje de preñez, se usaron las hembras de los 4 experimentos (vaquillonas, vacas primíparas, vacas multíparas de parición temprana y vacas multíparas de parición tardía) publicados por Rodríguez Blanquet et al. (2019). Los tratamientos de cada experimento se encuentran en dicha publicación. Las vacas se pintaron en el momento de la extracción del dispositivo liberador de progestágeno. Al realizar la IA se registró el porcentaje de desaparición de la pintura clasificándola en 4 grupos: a) 0%; b) 1-30%; c) entre 30-50%; d) más del 50%. Luego se decidió a los efectos de ser más realista para las condiciones de producción de Uruguay, unir las categorías b y c. Esto se realizó debido a que a veces resultaba dificultoso definir estos 2 grupos. Se determinó la preñez entre 32 a 35 días (preñez de 30 días) post-IATF por ecografía transrectal. La determinación fue realizada por 2 observadores en los primeros 2 años y por un solo observador el último año.



Figura 3. Vaca con nivel de despintado 1-30%.



Figura 4. Vaca con nivel de despintado 30-50%.



Figura 5. Vaca con nivel de despintado mayor al 50%.

Los parámetros fueron estimados a través de la función `glm (stat)` de la suite estadística R versión 3.4.1 (R Core Team, 2017), mientras que las comparaciones post-hoc fueron realizadas utilizando la función `glht` del paquete `multcomp` (Hothorn et al., 2008). El efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de preñez fue estudiado ajustando modelos lineales generalizados, asumiendo una distribución binaria de la variable medida: preñez a los 30 y 60 días de realizadas las IATF.

Para la categoría vaquillonas solo se analizaron las variables grado de despintado y los distintos tratamientos del proyecto (capítulo 3.6). Las dos variables dependientes analizadas tuvieron un efecto estadístico sobre la preñez a los 30 días ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Resultado de preñez a los 30 días según grado de despintado utilizando 4 categorías.

	0	1
a	0,733	0,267
b	0,558	0,442
c	0,486	0,514
d	0,425	0,575

0: vacía a los 30 días
 1: preñada a los 30 días
 a: 0% despintado
 b: menos del 30% despintado
 c: entre 30% y 50% despintado
 d: más del 50% despintado

Cuadro 3. Resultado de preñez a los 30 días según grado de despintado utilizando 3 categorías.

	0	1
a	0,733	0,267
b	0,526	0,474
c	0,425	0,575

0: vacía a los 30 días
 1: preñada a los 30 días
 a: 0% despintado
 b: menos del 50% despintado
 c: más del 50% despintado.

El resultado de dicho análisis resulto en un aumento del 8% de preñez a los 30 días por unidad de aumento en el grado de despintado. El aumento en el porcentaje de preñez parece no ser elevado, esto puede deberse a que en el experimento, ésta categoría fue la que presento un mayor número de animales en celo al momento de realizar la inseminación.

Para la categoría primíparas, las variables analizadas fueron: grado de despintado, efecto del DILP y el efecto año.

Los 3 efectos principales tuvieron efecto estadísticamente significativo ($P \leq 0,05$)

Cuadro 4. Resultado de preñez a los 30 días según grado de despintado utilizando 4 categorías.

	0	1
a	1,000	0,000
b	0,722	0,278
c	0,833	0,167
d	0,631	0,369

0: vacía a los 30 días
 1: preñada a los 30 días
 a: 0% despintado
 b: menos del 30% despintado
 c: entre 30% y 50% despintado
 d: más del 50% despintado

Cuadro 5. Resultado de preñez a los 30 días según grado de despintado utilizando 3 categorías.

	0	1
a	1,000	0,000
b	0,778	0,222
c	0,631	0,369

0: vacía a los 30 días
 1: preñada a los 30 días
 a: 0% despintado
 b: menos del 50% despintado
 c: más del 50% despintado.

Como resultado del análisis, se observó un aumento del 20% de preñez a los 30 días por unidad de aumento de RC, lo cual es un porcentaje muy elevado teniendo en cuenta la dificultad que presenta ésta categoría a nivel nacional para volver a preñarse. Por lo tanto, obtener elevados porcentajes de preñez en ésta categoría es importante para obtener buenos resultados. Utilizando la pintura, se podrá inseminar las vacas cuando realmente se encuentren en celo, logrando los objetivos planteados anteriormente.

En las vacas multíparas de parición temprana, las variables analizadas fueron: grado de despintado, tratamiento, edad y el efecto año.

Las variables dependientes analizadas tuvieron un efecto estadístico sobre la preñez a los 30 días ($P < 0.05$).

Cuadro 6. Resultado de preñez a los 30 días según grado de despintado utilizando 4 categorías.

	0	1
a	0,815	0,185
b	0,636	0,364
c	0,556	0,444
d	0,388	0,612

0: vacía a los 30 días
 1: preñada a los 30 días
 a: 0% despintado
 b: menos del 30% despintado
 c: entre 30% y 50% despintado
 d: más del 50% despintado

Cuadro 7. Resultado de preñez a los 30 días según grado de despintado utilizando 3 categorías.

	0	1
a	0,815	0,185
b	0,592	0,408
c	0,388	0,612

0: vacía a los 30 días
 1: preñada a los 30 días
 a: 0% despintado
 b: menos del 50% despintado
 c: más del 50% despintado.

Se observó un aumento del 14% de preñez a los 30 días por unidad de aumento de RC.

Para el caso de las vacas multíparas de parición tardía las variables analizadas fueron grado de despintado y edad.

Cuadro 8. Resultado de preñez a los 30 días según grado de despintado utilizando 4 categorías.

	0	1
a	0,810	0,190
b	1,000	0,000
c	0,636	0,364
d	0,548	0,452

0: vacía a los 30 días
 1: preñada a los 30 días
 a: 0% despintado
 b: menos del 30% despintado
 c: entre 30% y 50% despintado
 d: más del 50% despintado

Cuadro 9. Resultado de preñez a los 30 días según grado de despintado utilizando 3 categorías.

	0	1
a	0,810	0,190
b	0,692	0,308
c	0,548	0,452

0: vacía a los 30 días
 1: preñada a los 30 días
 a: 0% despintado
 b: menos del 50% despintado
 c: más del 50% despintado.

Para ésta categoría, el aumento de preñez por cada unidad de incremento del raspado resulto incoherente. Esto se debió a la interacción existente entre las variables analizadas. A pesar de esto, la tendencia es la misma que en las categorías anteriores, un aumento en el despintado conlleva a un aumento en el porcentaje de preñez.

Anexo 2. Comparación de dos protocolos de IATF.

La introducción de protocolos que sincronicen y/o induzcan ovulaciones es una manera de incrementar la eficiencia biológica y posiblemente económica del rodeo de cría. Existen varios protocolos que se han desarrollado en los últimos años fundamentalmente para vacas sin cría al pie.

En éste capítulo se procederá a comparar el protocolo J-SYNCH propuesto por el Dr. Gabriel Bo frente al protocolo convencional reformulado (capítulo 2.5.2). La principal (no la única) diferencia entre dichos protocolos es que en el primero no se determina celo desde que se extrae el dispositivo intravaginal hasta que se insemina, mientras que en el protocolo propuesto por Rodríguez Blanquet (convencional reformulado) se determina celo en los días 8 y 9 inseminando aquellos animales que lo presentan con la regla AM/PM.

Con el fin de comparar ambos protocolos, en el caso del protocolo J-SYNCH se determino celo pero no se insemino previo a la IATF, a diferencia de lo que se realiza en el convencional reformulado. En el protocolo J-SYNCH, los animales que presentaron celo entre el día 7 y 8 fueron identificados para luego conocer si fallaban o no al momento de la IATF del día 9 (figuras 14 y 15).

Éste experimento se realizo en las categorías vacas multíparas sin cría al pie y vaquillonas (sin determinación de ciclicidad en ambas categorías), realizando diagnóstico de preñez a los 30 y 60 días de la IATF. Para el primer caso, el ensayo se realizo en dos años, mientras que para las vaquillonas fue solamente en un año.

Los parámetros fueron estimados a través de la función glm (stat) de la suite estadística R versión 3.4.1 (R Core Team, 2017), mientras que las comparaciones post-hoc fueron realizadas utilizando la función glht del paquete multcomp (Hothorn et al., 2008). El efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de preñez fue estudiado ajustando modelos lineales generalizados, asumiendo una distribución binaria de la variable medida: preñez a los 30 y 60 días de realizadas las IATF.

Para el caso de preñez a los 30 días en vacas multíparas, las variables dependientes analizadas fueron protocolo, toro y año. Se obtuvo solo un efecto de la variable dependiente (“toro”) ($P < 0,05$).

Cuadro 10. Resultado de preñez a los 30 días en función de distintas variables.

	Fallada	Preñada
Protocolo		
1	38%	62%
2	37%	63%
Año		
1	33%	67%
2	42%	58%
Toro		
1	31%	69%
2	43%	56%

Protocolo 1: J-SYNCH.

Protocolo 2: convencional reformulado.

La diferencia en porcentaje de preñez no fue significativa, por lo que en tal sentido, no es posible concluir que el protocolo 2 haya obtenido un menor porcentaje de preñez, lo cual no sería concordante con lo expuesto anteriormente. Estos resultados muestran una vez más la importancia inherente de la fertilidad del toro en programas de IATF. Varios son los trabajos que muestran diferencias estadísticamente significativas en porcentaje de preñez para dos toros. Kasimenckan et al. (2008) mostraron resultados con diferencias en porcentaje de preñez de 48.1% contra 58.7%. Sá Filho et al. (2009) obtuvieron resultados más extremos, con un porcentaje de preñez de 7.2% frente a 77.3%.

Las variables en preñez a los 60 días fueron las mismas que en el caso anterior menos el toro, debido a que a los 60 días las vacas ya habían estado con los toros de repaso por lo tanto no se puede evaluar el efecto de dos toros en particular.

Cuadro 11. Resultado de preñez a los 60 días en función de distintas variables.

	Fallada	Preñada
Protocolo		
1	20%	80%
2	22%	78%
Año		
1	23%	77%
2	17%	83%

Protocolo 1: J-SYNCH.

Protocolo 2: convencional reformulado.

Como se observa en el cuadro, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables analizadas.

Como se mencionó anteriormente, para las vaquillonas el experimento se realizó en un solo año, por lo que en el modelo corrido sólo se utilizaron las variables

protocolo y toro. Los resultados en preñez a los 30 días no mostraron efecto en ninguna de las variables analizadas.

Cuadro 12. Resultado de preñez a los 30 días en función de distintas variables.

	Fallada	Preñada
Protocolo		
1	26%	74%
2	12%	88%
Toro		
1	12%	88%
2	27%	73%

Protocolo 1: J-SYNCH.

Protocolo 2: convencional reformulado.

El no obtener diferencias estadísticamente significativas entre ambos protocolos, como teóricamente no tendría que esperarse, pudo deberse al bajo número de vaquillonas usado en el experimento. En este caso, el protocolo convencional reformulado pudo expresar el aumento en el porcentaje de preñez en valores absolutos, posiblemente debido a la captura de los celos que ocurren previo a la IATF, los cuales se pierden en el caso del protocolo J-SYNCH. También en este experimento se observa diferencia en fertilidad (valores absolutos) por el toro usado.

En el caso de preñez a los 60 días en vaquillonas la única variable analizada fue protocolo, puesto que se realizó experimento en un solo año y el efecto toro no puede ser cuantificado ya que a los 60 días los animales ya habían sido repasados con distintos toros.

Cuadro 13. Resultado de preñez a los 60 días en función de distintas variables.

	Fallada	Preñada
Protocolo		
1	19%	81%
2	4%	96%

Protocolo 1: J-SYNCH.

Protocolo 2: convencional reformulado.

También en preñez a 60 días se observa diferencia en valores absolutos a favor del protocolo reformulado. Esto puede haber sido consecuencia de la diferencia, de la preñez a los 30 días.