

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFECTO DE PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A
TIEMPO FIJO CON DISTINTOS PERIODOS DE PERMANENCIA DE
DISPOSITIVO INTRAVAGINALES EN RESULTADOS PRODUCTIVOS PARA
VACAS MULTÍPARAS DE PARICIÓN TARDÍA CON CRÍA AL PIE

por

Tatiana ETCHECHURY

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

.....
Dr. Carlos Batista

Fecha: 26 de setiembre de 2019

Autora:
Tatiana Josefina Etchechury Gómez

AGRADECIMIENTOS

A los alumnos, profesores y funcionarios de la Escuela Agraria La Carolina por su colaboración y compromiso constante con el trabajo de campo.

A mis amigos que han sido un apoyo incondicional durante todo este proceso.

A mi familia por el esfuerzo y apoyo constante impulsándome a hacer lo que realmente me gusta.

A mi novio por impulsarme a seguir mis sueños y acompañarme en este camino.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 ACONTECIMIENTOS RELEVANTES EN EL DESARROLLO DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL	2
2.2 ACTUALIDAD DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL MUNDO	4
2.3 FACTORES QUE REGULAN EL CICLO ESTRAL EN HEMBRAS BOVINAS	10
2.3.1 <u>Definición de ciclo estral</u>	10
2.3.2 <u>Regulación hormonal del ciclo estral</u>	11
2.3.3 <u>Etapas y fases del ciclo estral</u>	11
2.4 DINÁMICA FOLICULAR	14
2.4.1 <u>Ondas foliculares</u>	15
2.4.2 <u>Desarrollo de ondas foliculares</u>	16
2.4.3 <u>Regulación hormonal de la dinámica folicular</u>	17
2.4.4 <u>Dinámica folicular durante el período posparto</u>	18
2.5 EFECTO DE LA FECHA DE PARTO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS MADRES BOVINAS Y SU DESCENDENCIA.....	19

2.5.1	<u>Efectos de la fecha de parto sobre la longevidad de las de las madres</u>	19
2.5.2	<u>Efecto de la fecha de parto sobre la fertilidad de las madres</u>	21
2.5.3	<u>Efecto de la fecha de parto sobre el intervalo parto-concepción</u>	24
2.5.4	<u>Efecto de la fecha de parto sobre el peso al destete</u>	25
2.5.5	<u>Efecto de la fecha de nacimiento de los terneros sobre su productividad</u>	26
2.6	PROTOSCOLOS DE USO DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO Y FACTORES QUE AFECTAN SUS RESULTADOS	29
2.6.1	<u>Ventajas de la inseminación artificial a tiempo fijo</u>	29
2.6.2	<u>Bases de los protocolos de IATF</u>	30
2.6.3	<u>Protocolo convencional basado en estradiol</u>	32
2.6.4	<u>Protocolos basados en GnRH</u>	36
2.6.5	<u>Protocolo Co-Synch de 5 días</u>	37
2.6.6	<u>Protocolo J-Synch</u>	39
2.6.7	<u>Factores que afectan los resultados reproductivos de los protocolos hormonales de IATF</u>	46
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	49
3.1	TRATAMIENTOS.....	49
3.2	MANEJO DE LOS TERNEROS	51
3.3	MANEJO DE LAS MADRES	52
3.3.1	<u>Monitoreo de la condición corporal</u>	52
3.3.2	<u>Determinación de actividad ovárica</u>	52

3.3.3	<u>Detección de celo</u>	53
3.3.4	<u>Inducción de ovulaciones e inseminación artificial a tiempo fijo</u>	53
3.3.5	<u>Diagnóstico de preñez</u>	54
3.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	54
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	56
4.1	IMPLICANCIAS PRÁCTICAS DE LOS RESULTADOS	62
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	63
6.	<u>RESUMEN</u>	64
7.	<u>SUMMARY</u>	65
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	66

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Número de hembras totales en servicio a las que se les realizó IA en el mundo, por región	5
2. Evolución en la venta de semen bovino en EEUU y en Brasil	7
3. Inseminación artificial en las explotaciones de Uruguay	9
4. Longevidad en años de hembras de cría en función de la fecha de su primer parto	21
5. Relación entre fecha de parto y porcentaje de preñez en el siguiente servicio	22
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 e intervalo parto-concepción	24
8. Relación entre fecha de parto y comportamiento reproductivo de sus hijas	27
9. Porcentaje de vacas en celo, horas al mismo y distintos tipos de FCL según momento de parición y tratamiento	34
10. Resultados de preñez en vacas en anestro postparto amamantando en respuesta a tratamiento con protocolo co-Synch de 5 días en comparación a protocolo convencional basado en estradiol, y efecto de la adición de eCG	39
11. Resultados reproductivos de la aplicación del protocolo j-Synch en comparación a la aplicación del protocolo co-Synch de 5 días en vaquillonas de razas cárnicas	41
12. Porcentaje de preñez alcanzado en vaquillonas con alta	

condición corporal según tratamiento hormonal	43
13. Efecto de diferentes protocolos hormonales de sincronización de ovulaciones (j-Synch vs. convencional), momento de IATF y adición de eCG en el porcentaje de preñez de vaquillonas de carne	45
14. Resultados reproductivos y productivos promedio de los dos años de experimento para los dos tratamientos.....	57
15. 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	60
Figura No.	
1. Diagrama protocolo convencional basado en estradiol	33
2. Diagrama protocolo Co-Sych 5 días	37
3. Diagrama protocolo j-Synch	40
4. Esquema de tratamiento 1 (DTC-MAP7)	50
5. Esquema de tratamiento 2 (DTC-MAP5)	51

1. INTRODUCCIÓN

La inseminación artificial (IA) y la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) son las biotecnologías que más impacto ha tenido a nivel mundial mejorando los resultados reproductivos en los sistemas de producción bovina. Esto se debe a que su adopción permite, entre otras cosas, inducir ovulaciones en vacas que se encuentren en anestro, concentrar los partos al inicio del periodo (con todo lo que eso implica a nivel de manejo y productividad de las hembras y su progenie), reducir la compra y mantenimiento de toros, introducir material genético valioso, evitar la transmisión de enfermedades venéreas, reducir el trabajo en horas y facilitar programas de cruzamientos. De esta forma, son las biotecnologías que han alcanzado mayores grados de adopción respecto a otras biotecnologías reproductivas. En esto radica la importancia de conocer cómo ha sido su desarrollo, comprender el papel que cumple actualmente en los sistemas de producción, que ventajas brinda a nivel del sistema y cuáles son las perspectivas a futuro.

Por todo lo expuesto el siguiente trabajo de investigación tiene como objetivo general la comprensión de la IATF como una herramienta de manejo útil en todos los sistemas productivos y particularmente en situaciones como los sistemas de cría del Uruguay caracterizados por la baja eficiencia reproductiva.

Como objetivos específicos entender el efecto que tienen la utilización de protocolos hormonales de IATF, con diferentes periodos de permanencia de los dispositivos intravaginales liberadores de progesterona, combinados con el control del amamantamiento (destete temporario a corral) en variables productivas y reproductivas. Estas variables medidas como peso al destete, evolución de la condición corporal de las madres, concentración de partos y porcentaje de preñez a los 30 y 60 días.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ACONTECIMIENTOS RELEVANTES EN EL DESARROLLO DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

En base a los aportes de Cavestany y Méndez (1993), Jaime (2004), Giraldo (2007) se describirán a continuación en forma detallada los acontecimientos más relevantes en el desarrollo de la IA en el mundo. Los mismos afirman que la primera práctica de inseminación, aunque no está documentada científicamente, se remonta varios siglos en la historia. Existen reportes de que alrededor del año 1300 DC, los árabes ya utilizaban la inseminación para fecundar sus yeguas con semen que robaban de caballos de sus rivales en un paño. Siglos después, Anton van Leeuwenhoek plantea la animación del semen, al descubrir los espermatozoides en 1680.

Fue a partir de 1779 que comenzaron los primeros experimentos científicos en Italia, donde Lazzaro Spallanzani obtuvo una camada de cachorros, producto de IA en una perra. En 1782 Pietro Rossi y Nicola Branchi repiten con éxito este experimento, y en 1803, el mismo Spallanzani comprueba que es posible enfriar los espermatozoides (con nieve) sin matarlos, tornándolos inmóviles, pudiendo recuperar su motilidad al exponerlos al calor. A partir de esta última fecha no hubo reportes documentados adicionales sobre la IA, hasta que en Inglaterra a finales del siglo XIX (1884-1887) Everett Millais insemina con éxito 19 perras. Por su parte, Walter Heape, en 1897 en ese país, concluye que un solo eyaculado podría servir para varias perras y que la inseminación podría ser una herramienta valiosa para estudiar los factores genéticos.

En 1899 comienza en Rusia un proceso de intensivo desarrollo de la técnica de IA, ya que se entendía que era la manera más eficiente de introducir material genético inglés que superara las limitaciones de baja fertilidad de los rodeos rusos. Al mismo tiempo maximizaba el uso de toros de esas razas. Fue entonces que Ilya Ivanov en 1907, en respuesta a la necesidad de información científica al respecto de esta técnica, realizó experimentos de IA a gran escala en equinos, bovinos y ovinos, obteniendo mejores resultados en las dos últimas especies. En este proceso de investigación se desarrollan nuevas técnicas para colección y dilución de semen que son la base de la tecnología actual. A su vez, en 1914 en Italia, Giuseppe Amantea aporta la invención de la vagina artificial como una herramienta más para el desarrollo de la IA.

Por su parte, en Dinamarca en el año 1930 un conjunto de veterinarios realiza un programa con 1070 vacas alcanzando un 59% de tasa de concepción,

y establecen así el método recto-vaginal de fijación del cérvix para inseminar. Poco tiempo después, en 1936, Eduard Sorensen y Jens Gylling-Holm organizan la primera cooperativa de IA. Posteriormente Sorensen inventa las pajillas o pajuelas (también llamadas 'paillettes' por quien las perfeccionó y popularizó en Francia, Robert Cassou) para empacar y conservar semen. Ya en el año 1952 alrededor del 55% de las vacas de ese país eran inseminadas artificialmente.

Paralelamente, en Estados Unidos en 1938, de la mano de Enos Perry, se organiza la primera cooperativa de inseminación artificial de ese país, que en principio contaba con 102 miembros y trabajaba con 1050 vacas lecheras. En 1942 Glenn Salisbury aplica el citrato-yema como diluyente, lo que permitió prolongar la vida del semen durante varios días, y poco tiempo después (1946), también en EEUU, Robert Foote demuestra que los antibióticos incorporados al semen diluido eran eficaces en el control de las enfermedades venéreas y capaces de mejorar el porcentaje de concepción.

Por otro lado, investigaciones en Inglaterra en 1949 demuestran que es posible congelar semen de toro en hielo seco y alcohol (-79 grados centígrados) sin dañar las células espermáticas ni disminuir su capacidad de fertilización. En 1952, Christopher Polge y Lionel Rowson también en Inglaterra, agregan glicerol al diluyente, lo que permite usar temperaturas aún más bajas (N₂ líquido a -196 grados centígrados) para la congelación, prolongando así la vida de los espermatozoides.

En 1957 un equipo técnico al servicio de una cooperativa de productores en EEUU realiza los primeros trabajos de investigación y se perfecciona el almacenamiento del semen de toro congelado en nitrógeno líquido. En 1960, en Japón, H. Nagase y T. Niwa desarrollan el diluyente para la congelación de semen en pellets (pastillas) a base de lactosa, yema de huevo y glicerol. Este diluyente es el que aún se emplea para congelar semen. Este aspecto tecnológico produjo una verdadera revolución en el mejoramiento genético del ganado dado que simplificó el trabajo, disminuyó los costos, y posibilitó el acceso a reproductores de alto valor sin la necesidad de importar los mismos.

Por su parte, en la región Uruguay se destaca como uno de los pioneros en el empleo de la IA, logrando en 1933 el nacimiento del primer potrillo de carrera concebido con esta técnica. En 1936 se obtienen los primeros corderos y a partir de 1940 se alcanza gran adopción en lanares. Sin embargo, en bovinos el desarrollo de la IA fue más lento. En 1958 nace en San Ramón el primer ternero concebido por IA con semen congelado de Uruguay. Si bien la IA comienza a tener mayor difusión a fines de la década del 60 con el uso de

bióstatos ('Dewars' o botellas conservadoras de vacío) con nitrógeno líquido, su adopción estuvo limitada a las cabañas hasta mediados de la década del 80. Posteriormente experimentó un marcado desarrollo y paulatinamente se fue extendiendo, de manera que ya en 1993 era utilizada en más de 25% de los tambos de Uruguay. Estos acontecimientos significativos determinaron el desarrollo de procedimientos que quedaron establecidos mundialmente y produjeron una revolución en lo que sería en adelante "la industria de la IA". Desde entonces, la IA ha sido la biotecnología de producción animal más utilizada y que más impacto ha tenido en la dispersión rápida de material genético de alto valor, aumentando la intensidad de selección de machos y acelerando así el progreso genético, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo (FAO, 2007) principalmente en rodeos lecheros.

2.2 ACTUALIDAD DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN EL MUNDO

Según FAO (2003), a escala mundial se realizan anualmente más de 100 millones de inseminaciones artificiales en vacunos, 40 millones en cerdos, 3,3 millones en ovejas y 0,5 millones en cabras.

Thibier (2005) sostiene que aproximadamente el 20% de las hembras domésticas potencialmente aptas para el servicio en el mundo (cabras, cerdas, vacas, etc.) son inseminadas artificialmente. Es importante aclarar que de ese total el 40% es ganado bovino y bubalino. Si bien no se tiene información más actual que sea confiable, es esperable que este valor haya aumentado desde entonces en función del marcado desarrollo en conocimiento científico que han experimentado las biotecnologías reproductivas a nivel mundial.

En el cuadro No. 1 se presenta la información más actual y confiable publicada sobre el número de hembras inseminadas artificialmente en el mundo en relación con el número total de hembras con potencial de servicio según cada región. En el mismo se destaca Europa como la zona que alcanza los mayores grados de adopción de esta técnica con un 61%, seguido por América del Norte y el Este asiático con 26% y 24% respectivamente.

Cuadro No. 1. Número de hembras totales en servicio a las que se les realizó IA en el mundo, por región

Regiones	Hembras potenciales para servir (miles)	Hembras inseminadas (miles)	% de inseminadas (respecto a 'potenciales')	% por región del total de inseminadas (*)
África	51577	871	1,7	0,8
América del Norte	42206	11203	26,5	10,1
América del Sur	124460	1367	1,1	1,2
Europa	61750	37738	61,1	34,2
Extremo Oriente (China, Japón, Corea, Malasia)	236850	58181	24,6	52,7
Cercano y Medio Oriente (Turquía, Siria, Jordania, Israel, Irak, Palestina)	23433	1068	4,6	1,0
Total	540276	110428	20,4	100,0

(*) de los aproximadamente 110 millones de inseminadas en total en el mundo.

Fuente: tomado de Thibier (2005).

Si bien el desarrollo de la IA en el mundo se centró en la producción bovina en general, este fenómeno dominó los rodeos lecheros sobre los rodeos de carne, ya que se consideraba que en estos últimos en condiciones extensivas su aplicación podría ser dificultosa, a excepción de países como Brasil (ver cuadro No. 2).

Según datos de la NAAB (2017) en EEUU se comercializan anualmente

un total de 25,74 millones de dosis de semen, de las cuales 23,2 millones corresponden a razas lecheras (ver cuadro No. 2). Lo mismo ocurre en Uruguay, donde según los datos del MGAP. DGSG. DSA (2015) de un total de 915 mil dosis de semen importado anualmente, aproximadamente un 70% (640 mil dosis) corresponde a la raza Holando (dominante entre las razas lecheras) y un 19% corresponde a la raza Aberdeen Angus (170 mil dosis) dominante entre las razas cárnicas. Sin embargo, en Brasil se está dando un proceso inverso. Según la ASBIA (2014), la comercialización de semen alcanzaba los 13,6 millones de dosis, de las cuales 7,1 millones fueron para de razas cárnicas y 4,9 de millones correspondían a razas lecheras.

A continuación, se presenta en el cuadro No. 2 la evolución que ha tenido en los últimos años la comercialización de semen en EEUU (NAAB, 2017) y Brasil (ASBIA, 2014), tomados como países de referencia en adopción de esta técnica. Se presenta la variación año a año en número de dosis comercializadas y de forma porcentual (diferencia entre las dosis de semen vendidas un año con respecto al anterior).

Cuadro No. 2. Evolución en la venta de semen bovino en EEUU y en Brasil

	Semen comercializado (en millones de dosis)											
	EEUU						Brasil					
	Carne		Leche		Total		Carne		Leche		Total	
Año	D	% Var	D	% Var	D	% Var	D	% Var	D	% Var	D	% Var
2008	1,3	N/A	21,2	N/A	22,5	N/A	3,7	N/A	3,8	N/A	7,5	N/A
2009	1,2	-6,3	19,9	-6,5	21,1	-6,4	4,5	20,7	3,7	-1,9	8,2	9,4
2010	1,2	2,5	21,7	9,0	22,9	8,6	5,5	23,2	4,1	11,7	9,3	18,0
2011	1,4	13,8	22,5	4,1	23,9	4,6	7,0	26,8	4,9	19,2	11,9	23,6
2012	1,7	21,4	23,0	2,1	24,7	3,3	7,4	6,1	4,9	0,0	12,3	3,6
2013	1,8	6,5	22,9	-0,4	24,7	0,0	7,7	3,5	5,4	9,4	13,1	5,8
2014	2,2	22,1	23,4	2,0	25,6	3,4	7,1	-7,7	4,9	-8,2	12,0	-7,9
2015	2,7	20,4	23,7	1,4	26,4	3,0	8,3	16,7	4,3	-12,6	12,6	4,7
2016	2,5	-7,9	22,5	-5,2	24,9	-5,4	8,0	-3,4	3,7	-14,4	11,7	-7,1
2017	2,5	3,7	23,2	3,3	25,7	3,3	8,1	1,0	4,0	8,7	12,1	3,4
		8,5		1,1		1,6		9,7		1,3		5,9

D.: dosis.

% Var.: porcentaje de variación.

Fuente: adaptado de ASBIA (2014), NAAB (2017).

Si se analiza la última década se puede concluir que tanto Brasil como EEUU experimentaron un crecimiento en la comercialización total de semen. Sin embargo, Brasil tuvo una expansión significativamente mayor con un incremento promedio del período de 5,94% en comparación con el aumento de 1,6% alcanzado por EEUU.

En términos generales se puede señalar que en ambos países los mayores crecimientos se observaron en el rubro cárnico. Si se analiza cada país individualmente, se puede destacar que si bien los dos países duplicaron la comercialización de semen de razas cárnicas, como fue mencionado anteriormente, en Brasil el rubro cárnico domina la comercialización de semen por sobre el rubro lechero (contrariamente a lo que se observa en EEUU, donde aun habiéndose duplicado la comercialización de semen de razas cárnicas ésta se encuentra lejos de alcanzar los valores de las razas lecheras).

Por otro lado, si se analizan las variaciones que se dieron entre los años 2008 y 2017, se puede distinguir etapas con diferentes tendencias. En EEUU, por ejemplo, se observa un crecimiento sostenido de magnitud aproximadamente constante, a excepción de períodos de retracción entre los años 2008 y 2009, y entre 2015 y 2016. Al menos el primero de estos descensos puede estar explicado por la crisis financiera que afectó a todos los sectores productivos.

En Brasil por su parte, se destaca un período de crecimiento sostenido alcanzando un 74% de incremento desde 2008 hasta 2013. A partir de este año se enlentece el comercio de semen, y ya entre los años 2013 y 2016 se observa una disminución del 10% en la comercialización. Esta retracción posiblemente esté explicada por una coyuntura de precios internacionales que afectan directamente al mercado brasileiro.

En cuanto a la adopción de la IA para rodeos de carne, en EEUU ésta se sitúa actualmente en 5% (Rodríguez et al., 2015) sin grandes variaciones a lo largo de los años. Argentina, Brasil y Uruguay son los que más desarrollo ha tenido en cuanto a la IA, implementándola en bovinos para carne (mientras que en EEUU se destaca en bovinos de razas lecheras).

Brasil por su parte, insemina anualmente más de 3 millones de hembras bovinas, lo que corresponde a un 7% de un total de 44.779.761 hembras potenciales para servicio según el dato más actual de IGBE (2006). Es importante destacar que la mayoría de estas hembras son servidas bajo protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo. Esta técnica es una solución para los sistemas de razas cebuínas predominantes en ese país, las cuales se caracterizan por tener un alto porcentaje de hembras que comienzan y terminan

el celo durante la noche (con por lo cual si se usaran otros protocolos con celo visto se perdería la posibilidad de detección de muchos celos).

Por su parte, en Argentina según Bó et al. (2014) actualmente anualmente se inseminan 3 millones de vacas, lo que corresponde al 12-15% del total.

Si se hace foco en Uruguay, según MGAP. DIEA (2011) anualmente se insemina artificialmente el 15,8% (610.910 cabezas) de las vacas de cría y vaquillonas de razas cárnicas (ver cuadro No. 3), sin especificar el protocolo usado.

Se presenta en el cuadro No. 3 información referente al porcentaje de adopción de la IA (vientres inseminados) según tamaño de la explotación. Es importante aclarar que en él solo se tuvo en cuenta aquellos predios que normalmente utilizan esta mejora tecnológica.

Cuadro No. 3. Inseminación artificial en las explotaciones de Uruguay

Cantidad de vientres	No. de explotaciones	Existencias de vientres (*)		
		Total (Cabezas)	Inseminadas	
			Cabezas	%
Menos de 200	1162	166091	96863	58,32
De 200 a 500	868	323990	174969	54,00
Más de 500	964	776150	339078	43,69
Total	2994	1266231	610910	48,25

* considerando 1,27 millones de cabezas de vaquillonas y vacas potencialmente 'preñables' (o reproductivamente aptas) en los predios que ya usaban IA en 2011.

Fuente: tomado de MGAP. DIEA (2011).

De este cuadro se puede concluir que los establecimientos que utilizan IA superan en promedio el 40% de adopción (sin discriminar por tamaño del predio). Por otro lado, se destaca que, dentro de éstos, los predios más chicos

(menos de 200 vientres) son los que alcanzan mayores porcentajes de hembras inseminadas. Este fenómeno es contrario a lo que ocurre en EEUU, donde el uso de la IA aumenta en la medida que aumenta el tamaño del rodeo.

Con respecto a la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en Uruguay todavía no se cuenta con documentos que reporten la cantidad de animales inseminados con estos protocolos anualmente, ya sea con sincronización o con inducción de ovulaciones.

Según la información expuesta anteriormente se puede concluir que la IA es una de las biotecnologías reproductivas más relevante en los sistemas de producción a nivel mundial, regional y nacional alcanzando los mayores grados de adopción. Si bien está mucho más desarrollada en razas lecheras, actualmente está experimentando un marcado progreso en rodeos de razas cárnicas, y se prevé que siga esta tendencia de ascenso a nivel mundial, regional y nacional. Esto se basa en su capacidad comprobada de mejorar los resultados reproductivos de los sistemas productivos, destacándose como una técnica que puede ser aplicada en forma sencilla, económica y exitosa.

2.3 FACTORES QUE REGULAN EL CICLO ESTRAL EN HEMBRAS BOVINAS

El entendimiento de los factores que regulan el ciclo estral es esencial si se quieren mejorar los resultados de los sistemas productivos. Para comprender la regulación endocrina del ciclo estral es imprescindible conocer la anatomía y fisiología de las hembras, entendiendo las interacciones entre las hormonas y los órganos involucrados.

A continuación, se describen los componentes e interacciones que regulan el ciclo estral basada en trabajos publicados recientemente por Guáqueta (2009), Atuesta (2011), Colazo (2014).

2.3.1 Definición de ciclo estral

El ciclo estral es el lapso de tiempo (días) entre dos estros o celos consecutivos. El celo es el período en el que la hembra presenta receptividad sexual al macho. En condiciones normales se produce de manera continua a lo largo del año. Por esto es que se clasifica a las hembras bovinas como poliéstricas continuas.

El ciclo estral tiene una duración normal de 21 ± 4 días en vacas multíparas, siendo más corto en vaquillonas (en comparación con vacas multíparas). Los eventos endocrinos presentes durante el ciclo estral son regulados por un eje constituido por el hipotálamo, hipófisis, ovarios y útero.

2.3.2 Regulación hormonal del ciclo estral

Uno de los componentes del eje regulador es el hipotálamo. El mismo está ubicado en la base de cerebro y es el encargado de secretar la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). Está a su vez actúa sobre la parte anterior de la hipófisis (adenohipófisis) controlando la síntesis y secreción de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH). La FSH es la encargada de la esteroidogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular. La LH interviene en el proceso de esteroidogénesis ovárica, estimulando el crecimiento folicular y la secreción de estrógenos por parte de los mismos. Además, interviene en la maduración final del folículo preovulatorio, en la propia ovulación, y en la formación y mantenimiento del cuerpo lúteo estimulando en este la secreción de progesterona (P4).

Por otro lado, la neurohipófisis (parte posterior de la hipófisis) es la que almacena la oxitocina producida por el hipotálamo.

Otros de los componentes fundamentales del eje son los ovarios. Los mismos tienen funciones exocrinas liberando óvulos, y endócrinas secretando hormonas. Dentro de las principales hormonas que liberan se encuentran los estrógenos e inhibina que son secretados por los folículos ováricos, ejerciendo sus efectos principales sobre el útero, oviducto, vagina, vulva y sistema nervioso.

Por su parte la P4 es secretada el cuerpo lúteo.

Por último, el útero es el encargado de producir en el endometrio uterino prostaglandina $F2\alpha$, principal responsable del proceso de luteólisis.

2.3.3 Etapas y fases del ciclo estral

El ciclo estral está conformado por cuatro etapas continuas: proestro, estro, metaestro y diestro, durante las cuales ocurren una serie de cambios en las concentraciones de hormonas, que interactúan con los diferentes órganos y glándulas.

El proestro es la etapa que precede al estro. Se caracteriza por una rápida disminución en los niveles de progesterona causada por la lisis del cuerpo lúteo (del ciclo anterior) que es el principal secretor de esta hormona. La luteólisis (lisis del cuerpo lúteo) se da entre los días 16 a 17 del ciclo estral provocada por la liberación de prostaglandina $F2\alpha$ desde el endometrio (útero). Esta hormona es transferida desde la vena uterina por un intercambio

contracorriente a la arteria ovárica ipsilateral, alcanzando el cuerpo lúteo donde ejerce su efecto luteolítico. Este mecanismo permite a la $PGF2\alpha$ viajar directamente al ovario sin entrar a la circulación general y pasar por los pulmones donde puede ser enzimáticamente en un 80%.

La disminución en las concentraciones de $P4$ en esta etapa permiten un incremento en la frecuencia de los pulsos de LH (1 pulso cada hora) que conducen a la maduración final del folículo ovulatorio (dominante). Este folículo dominante se diferencia de los demás folículos (atrésicos) debido a que es influenciado por la FSH y LH, y de esta manera incrementa la síntesis de estrógenos, los cuales ocupan la cavidad antral aumentando el diámetro folicular. La duración del proestro en general es de 3 a 4 días.

El estro o celo es el período de receptividad sexual de la hembra al macho. Esta breve etapa se caracteriza por altos niveles de estradiol que son secretados principalmente por el folículo dominante. Este incremento es resultado de una mayor liberación de gonadotropinas hipofisarias (LH y FSH) y consecuencia de la madurez del folículo preovulatorio (asociada a un incremento en el contenido de receptores para LH en las células de la teca y granulosa). La captación de estradiol por receptores específicos en el hipotálamo, acompañada de bajos niveles de $P4$, desarrolla un mecanismo neural que genera el comportamiento característico del celo, aumenta las contracciones del tracto reproductor femenino, apertura del cérvix y secreción del mucus cervical para facilitar el encuentro entre el óvulo y el espermatozoide. Además, inducen posteriormente la descarga preovulatoria de LH. Este pico de LH es el inductor de la ovulación y el responsable de iniciar el proceso de luteinización de las células de la teca y la granulosa (formación del cuerpo lúteo). La secreción de la GnRH es controlada por dos áreas separadas en el hipotálamo: el centro tónico, responsable de la secreción pulsátil, y el centro cíclico, responsable de la liberación preovulatoria que estimula el pico de LH necesario para la ovulación. El patrón pulsátil de secreción de la LH es un reflejo directo de la secreción de GnRH hipotalámica. La descarga preovulatoria de LH es principalmente inducida y sostenida por la caída en las concentraciones de progesterona y el incremento en la secreción de estradiol. Los estrógenos ejercen un efecto de feedback positivo sobre la secreción de LH aumentando la secreción de GnRH a nivel hipotalámico e incrementando la sensibilidad a la GnRH a nivel hipofisario. La descarga preovulatoria de LH se da como resultado de un incremento tanto en la frecuencia como en la amplitud de los pulsos de LH.

El estro es una etapa breve, alcanzando en promedio 18 horas de duración con un rango de variación de 6 a 30 horas. Es fácilmente detectable ya que la hembra en esta etapa se muestra inquieta, tiene a agruparse y se

presenta receptiva a la monta del macho o de otras hembras. La ovulación es espontánea (no requiere copulación) y se da 10 horas luego de finalizado el estro.

Según Guáqueta (2009) la vida media del óvulo, una vez que se ha liberado, es de aproximadamente 10 a 12 horas, y por su parte el espermatozoide sobrevive por unas 24 a 48 horas una vez que ha sido depositado dentro del aparato reproductor femenino. Por lo tanto, el semen debería llegar por lo menos 6 horas antes al tracto reproductor para cumplir con su proceso de “capacitación” y ser apto para fecundar el óvulo. Es muy importante conocer y manejar estos tiempos de manera de realizar la inseminación en el momento óptimo y aumentar las probabilidades de fecundación.

El periodo de tres a cuatro días siguientes al celo se conoce como metaestro. En esta etapa es cuando se da la ovulación y es a partir del folículo recientemente ovulado se empieza a desarrollar un nuevo cuerpo lúteo (que actúa como glándula endocrina transitoria) denominado en ese momento como cuerpo hemorrágico por su aspecto y color. A medida que se va desarrollando esta estructura comienzan a aumentar las concentraciones de P4 hasta que se completa la maduración del cuerpo lúteo. Ese momento corresponde al inicio del diestro, etapa en la cual las concentraciones de progesterona se mantienen estables y altas. La duración del metaestro es de 2 a 5 días.

El diestro es la etapa en la que el cuerpo lúteo está completamente funcional (completo su madurez). Es la etapa más larga del ciclo (15 días en promedio) y es la única cuya duración se puede manipular a través de protocolos hormonales de sincronización de celos. Durante el diestro hay crecimiento folicular en el ovario, pero estos folículos no alcanzan la ovulación debido a que P4 ejerce una retroalimentación negativa sobre la GnRH, de manera que sólo permite la secreción de pulsos de LH de mayor amplitud, pero menor frecuencia (1 pulso cada 3-4 horas) inadecuados para la ovulación. Durante esta etapa los niveles de P4 incrementan y actúan vía receptores de progesterona, para bloquear la expresión de receptores de estradiol y de oxitocina en el endometrio. Luego de una continua exposición del útero a la P4 durante 8 a 10 días, se inhibe la expresión de receptores para progesterona en el endometrio, permitiendo un rápido incremento en la expresión de receptores para estradiol y oxitocina que intervienen en la liberación de pulsos luteolíticos de PGF2 α desde el endometrio. La secreción pulsátil de PGF2 α continúa hasta que se completa la regresión del cuerpo lúteo.

En el proceso de luteólisis lo primero que ocurre es la pérdida de capacidad para sintetizar y secretar progesterona, seguida la pérdida de las

células que componen el cuerpo lúteo. La $PGF2\alpha$ reduce el flujo sanguíneo hacia el cuerpo lúteo y de esta manera causa la luteólisis, privando a la glándula de nutrientes, sustratos esteroideogénicos y soporte luteotrópico. Todo este proceso se lleva a cabo en caso de no haber fecundación de manera que el ciclo se reinicia.

En el caso que exista fecundación y se desarrolle un embrión viable en el útero, éste enviará señales de reconocimiento materno que impide la secreción de $PGF2\alpha$, inhibiendo la luteólisis y el inicio de un nuevo ciclo estral. De esta manera se mantienen estables y altos los niveles de progesterona durante la gestación (cuerpo lúteo funcional), lo que desde el punto de vista hormonal equivaldría a un diestro prolongado.

A su vez el ciclo estral se puede dividir en 2 fases. Una primera fase denominada folicular que comienza con la regresión del cuerpo lúteo y culmina con ovulación del folículo dominante. La hormona predominante en esta fase es el estradiol (E2) secretado principalmente por folículo dominante que se encuentra pleno desarrollo.

En condiciones normales, la fase folicular tiene una duración de 3 a 5 días, comprendiendo las etapas de proestro, estro y las horas que van desde la terminación del celo a la ovulación (parte del metaestro).

La ovulación marca el fin de la fase folicular y el comienzo de la siguiente fase denominada luteal. Esta última se caracteriza por concentraciones de progesterona que van en ascenso hasta que se completa el desarrollo del cuerpo lúteo, momento a partir del cual se mantienen altas y estables por aproximadamente 10 días. Abarca parte del metaestro (a partir de la ovulación) y diestro. Tiene una duración promedio de 17 días (15-19).

2.4 DINÁMICA FOLICULAR

Durante el ciclo estral se llevan a cabo diferentes cambios morfológicos a nivel de las estructuras ováricas. El principal proceso determinante de estos cambios es la foliculogénesis, que se define como una serie de procesos recurrentes de reclutamiento, selección, crecimiento, maduración y ovulación durante el ciclo estral de la hembra, regulados por una combinación de interacciones entre hormonas, factores de crecimiento, sistemas de comunicación celular y genes.

Se ha demostrado (gracias a la ultrasonografía en tiempo real) que el crecimiento folicular a lo largo del ciclo estral como en diferentes estados fisiológicos de las hembras bovinas se desarrolla en forma de ondas.

2.4.1 Ondas foliculares

Para profundizar en la dinámica folicular es importante definir el concepto de onda folicular. Bó et al. (2002b) lo definieron como el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos identificables a partir de un diámetro de 4 mm (porque es cuando se visualiza con un ecógrafo con un transductor 5.0 MHz), que ocurre al mismo tiempo en los dos ovarios. Por su parte Gigli (2006) definió a la onda folicular como la activación y crecimiento simultáneo de un grupo de folículos terciarios que emergen, continuando uno de ellos, denominado folículo dominante, con su crecimiento y diferenciación, mientras que los demás, denominados folículos subordinados, se atresian.

Este patrón de ondas ocurre de forma continua a lo largo de la vida de la hembra bovina independientemente del estado fisiológico. Es decir que se presenta aún en hembras gestantes, en anestro, pre-púberes e incluso en terneras de dos semanas de edad (Bó et al., 2002b).

La población de folículos que emergen en los ovarios durante el ciclo estral u otro estado fisiológico de una hembra tiene diferentes patrones de desarrollo, siendo los más frecuentes (95%) aquellos compuestos por dos y tres ondas foliculares. Sin embargo, se pueden encontrar hembras con patrones de una o cuatro ondas foliculares (asociados a genética *Bos indicus*).

La cantidad de ondas que componen el ciclo estral determina la duración del mismo. A su vez el número de ondas de crecimiento folicular durante el ciclo estral es determinado por la longitud de la fase luteal, es decir la vida del cuerpo lúteo. De esta manera la regresión del cuerpo lúteo se desarrolla más temprano en ciclos de dos ondas (día 16) en comparación a ciclos de tres ondas (día 19). Consecuentemente la duración del ciclo de dos ondas es de 18 a 20 días, de 21 a 23 días en los ciclos de tres ondas y 24 o 25 días en los ciclos de cuatro ondas (Bó et al., 2002a). La primera onda de desarrollo folicular se detecta el día de la ovulación (día 0). Si bien existe gran variación individual en los días de emergencia de las siguientes ondas, en términos generales la segunda onda comenzará los días 9 o 10 para ciclos de dos ondas y los días 8 o 9 en los ciclos de tres ondas, pudiendo variar entre los días 6 al 12 del ciclo. En los ciclos del tres ondas, la tercera onda emerge los días 15 o 16. En los casos de ciclos con cuatro ondas, la cuarta onda comenzaría el día 20 o 21, y el ciclo estral tendría una duración promedio de 24-25 días.

Existen varios factores que afectan el número de ondas por ciclo estral,

entre los que se incluyen la nutrición, edad, el estrés calórico y la estacionalidad (Bó et al., 2002a)

2.4.2 Desarrollo de ondas foliculares

Para describir el desarrollo folicular Goodman y Hodgen (1983), sugirieron el uso de los términos reclutamiento, selección y dominancia. La fase de reclutamiento está dada por el desarrollo de un grupo de pequeños folículos que comienzan a madurar bajo un aporte adecuado de gonadotrofinas, que le permiten avanzar hacia la ovulación. La fase de selección, es el proceso por el cual un folículo evade la atresia con la posibilidad de llegar a la ovulación. Por último, la fase de dominancia, es el proceso por el cual este folículo seleccionado ejerce un efecto inhibitorio sobre el reclutamiento de una nueva cohorte de folículos. El término desviación se utiliza para hacer referencia al cambio en el crecimiento de un folículo con respecto al resto de sus “compañeros”.

Adams (2008) publicó que, durante el reclutamiento, un grupo de 8 a 41 folículos (en promedio 24) de 2 a 4 milímetros inician su crecimiento. Esta emergencia de pequeños folículos antrales se inicia justo antes del día de la ovulación, sin embargo, el folículo dominante de la onda folicular anterior se encuentra en activa secreción de hormonas (inhibina y estrógenos) capaces de inhibir el desarrollo de una nueva onda folicular y el crecimiento de los folículos de su cohorte. Por esto es que la primera onda en un ciclo estral normal se desarrolla en 1-2 días posteriores al estro. A partir de ese momento, y durante los siguientes 3 días todos los folículos de la onda crecen hasta alcanzar un diámetro de 6 a 9 milímetros. A continuación, uno de ellos es seleccionado (con 10-15 mm) convirtiéndose en el folículo dominante. De esta manera sigue creciendo durante 5 a 7 días en los que alcanza un diámetro de 15 a 17 mm, mientras que el resto de los folículos, llamados subordinados, se vuelven atrésicos y regresan.

El folículo dominante de la primera onda será anovulatorio porque crece en la fase luteal, por lo que se atresia posteriormente al igual que los subordinados. Los folículos subordinados de una onda folicular anovulatoria atraviesan 3 etapas. La primera de crecimiento (día 0 al 6) en la que aumentan de tamaño hasta un máximo de 8 mm. La siguiente estática (día 6 al 12) durante la cual no cambian su diámetro folicular y una etapa final de regresión o atresia (día 12 en adelante).

2.4.3 Regulación hormonal de la dinámica folicular

Bó et al. (2002a) informaron que el mecanismo que regula la dinámica

folicular está basado en respuestas diferenciales de los folículos a la FSH y LH. Entre otras cosas evidenciaron que dos días antes de la emergencia de una onda folicular comienza a incrementarse la concentración de FSH. Se informó la existencia de dos picos de FSH entorno al momento en que se manifiesta el celo pero que es muy difícil diferenciarlos por su cercanía. Se entiende que el primer pico de FSH es simultáneo con el pico preovulatorio de LH (ambos son inducidos por la secreción de GnRH desde el hipotálamo). El segundo pico de FSH ocurre cercano a la ovulación y es el responsable del reclutamiento de la primera onda folicular del ciclo.

Al mismo tiempo que los perfiles de crecimiento del folículo dominante y de sus subordinados comienzan a diferenciarse (desviación), se observa que la concentración de FSH decrece rápidamente, alcanzando los niveles más bajos entre los días 2 y 3 (cuando el folículo dominante alcanza los 8,5 mm). Esta disminución es producida por la inhibina secretada por los folículos en desarrollo y estradiol secretado por el folículo dominante. En el momento en que los niveles de FSH se encuentran por debajo de los necesarios para el desarrollo de los folículos subordinados (atresia), el folículo dominante adquiere la habilidad de crecimiento con bajos niveles de esta hormona. Esto está relacionado con la síntesis de receptores para LH en las células de la granulosa del folículo dominante. Todos los folículos poseen receptores de LH en las células de la teca y de FSH en las células de la granulosa. Pero sólo el folículo dominante adquiere receptores de LH en las células de la granulosa. Los receptores de LH aumentan enormemente a partir del día 4 de la onda cuando el folículo dominante tiene más de 8 mm. La LH se unirá a los receptores de las células de la granulosa estimulando la mayor producción de estradiol que le permitirá al folículo seguir creciendo, aunque disminuyan los niveles de FSH. Es decir, que el crecimiento del folículo dominante luego de la desviación dependerá de la cantidad de pulsos de LH, independiente de los de FSH. Por esa razón se dice que el folículo dominante mayor de 8 mm es FSH independiente, pero LH dependiente. Por lo tanto, el crecimiento folicular antes de la selección folicular requiere FSH, pero después de la selección, necesita pulsos de LH.

La relación entre los niveles de LH y el crecimiento folicular también puede explicar el fenómeno de regresión del folículo dominante de las ondas foliculares anovulatorias y el comienzo de la próxima onda folicular (proceso llamado recambio folicular). Los altos niveles de progesterona (producidos por el cuerpo lúteo) no suprimen la liberación de FSH, pero sí afectan la frecuencia de los pulsos de LH, causando la detención de los procesos metabólicos del folículo dominante por lo que este regresa. Esta interrupción en la secreción de estradiol e inhibina, por parte del folículo dominante que está regresando, tiene como consecuencia el aumento de la secreción de FSH. En consecuencia, se

van a reclutar nuevos folículos para comenzar a formarse la siguiente onda folicular. Por lo contrario, la disminución de los niveles de progesterona al ocurrir la luteólisis al final del ciclo, permite el incremento de la frecuencia de los pulsos de LH. Esto estimula el mayor crecimiento del folículo dominante y un aumento de las concentraciones de estradiol que induce los signos de celo y el pico preovulatorio de LH. Por esto ese folículo ovulará.

Por estos motivos es que, durante la gestación, si bien está demostrada la emergencia de ondas foliculares, los altos niveles de progesterona no permiten que los folículos dominantes de esas ondas ovulen.

El folículo dominante de la última onda (folículo estrógeno activo) continúa su crecimiento y la biosíntesis de estradiol, hasta que se alcanza el nivel suficiente de estradiol circulante, para producir el feedback positivo sobre el área de control cíclico del hipotálamo que aumenta los pulsos de GnRH, e inducen el pico preovulatorio de LH y FSH y por lo tanto el proceso de la ovulación. Por lo tanto, el factor fundamental que determina el destino del folículo dominante (ovulación o atresia) es el nivel de progesterona, cuando este folículo finaliza su fase de crecimiento. De esta manera, cuando los niveles de progesterona son elevados (etapa luteal del ciclo), se produce la regresión del folículo dominante. Mientras que, en la fase folicular del ciclo, sin la inhibición de la progesterona, el destino del folículo dominante es la ovulación.

2.4.4 Dinámica folicular durante el período posparto

Bó et al. (2002a) informaron que la FSH en el período postparto no es limitante para el reclutamiento de folículos de la primera onda folicular luego del parto. Sin embargo, la frecuencia de pulsos LH no es la adecuada, resultando en una baja producción de andrógenos de las células tecales y por lo tanto las células de la granulosa producen bajas cantidades de estrógenos. Al no alcanzar la concentración de estrógenos mínimos que desencadenan el pico preovulatorio de LH, el folículo dominante no tiene la capacidad de ovular y por lo tanto se atresia. De esta manera comienzan a desarrollarse sucesivas ondas foliculares, hasta que la frecuencia de LH sea la correcta (1 pulso cada 40-60 minutos) de manera que se estimule el crecimiento final del folículo dominante. En ese momento se estimula una alta concentración de estradiol y por retroalimentación positiva sobre el hipotálamo, se desencadenará un pico preovulatorio de LH y FSH.

Está demostrado que el amamantamiento es uno de los factores más importantes en la inhibición de frecuencias adecuadas de pulsos de LH. En conclusión, hembras con ternero al pie demoran más en ovular no porque no tengan un folículo capaz de hacerlo, sino por la falta de un pico de LH. Si bien el

destete resulta en un incremento medible de las concentraciones circulantes de LH y adelanto del estro, generalmente está seguido de una fase luteal de corta duración. Sin embargo, si se combina este manejo con la colocación de dispositivos intravaginales liberadores de progesterona durante 7 a 12 días, se produce un mayor aumento de la frecuencia de pulsos de LH y la primera ovulación está seguida de una fase luteal de duración normal. Este efecto “priming” (exposición a progesterona) parece ser necesario para un desarrollo normal del cuerpo lúteo. Esto puede ser consecuencia de un incremento de la frecuencia de los pulsos de LH sobre la producción de estrógenos foliculares, síntesis de más receptores de LH y la luteinización.

2.5 EFECTO DE LA FECHA DE PARTO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS MADRES BOVINAS Y SU DESCENDENCIA

El objetivo de este capítulo es demostrar la importancia productiva y reproductiva que tiene la fecha de parto en un rodeo de cría, analizando su impacto en los resultados del sistema. De esta manera se intentará demostrar el efecto de la fecha de parto en la productividad de por vida de las madres y cómo influye esto sobre la productividad de su progenie.

En este capítulo se ahondará en la fecha de parto como una medida de manejo de alto impacto para mejorar la eficiencia biológica de la fase de cría.

2.5.1 Efectos de la fecha de parto sobre la longevidad de las de las madres

En un sistema de cría tanto la fertilidad como la longevidad de las hembras (definida como la cantidad de años que se mantiene una vaca en el rodeo antes de fallar por primera vez) son factores determinantes de la productividad influyendo directamente en la rentabilidad del sistema.

Cushman et al. (2013) realizaron un trabajo de investigación en el que se analizó el efecto de la fecha de parto sobre la longevidad de las hembras, definida como la cantidad de años que una hembra permanece en el rodeo antes de fallar por primera vez. El mismo fue realizado a partir de datos de 2195 vaquillonas de productores cooperadores y de 16549 hembras de razas cárnicas del Centro de Investigación Animal de Estados Unidos (USMARC). Los datos fueron limitados a las hembras que concibieron durante su primer servicio y se agruparon en períodos de parto de 21 días. Todas las hembras que no concibieron al final del servicio fueron eliminadas del rodeo. Los datos de hembras refugadas por otros motivos no fueron tenidos en cuenta.

El análisis de longevidad de Cushman et al. (2013) demostró que una

proporción significativamente mayor de las vaquillonas que parieron en los primeros 21 días de su primera temporada de parto permanecieron en promedio un año más en el rodeo (antes de fallar por primera vez) para producir un quinto ternero en el caso de las hembras de USMARC y un tercer ternero para los datos de los rodeos de carne de Dakota del Sur, comparadas con las vaquillonas que parieron del día 21 en adelante ($P < 0.01$). Estos investigadores concluyeron que la vaca que pare durante los primeros 21 días de la época de parto es más longeva que la que lo hace posteriormente ($P < 0.01$).

En el siguiente cuadro se presentan los resultados del trabajo de Cushman et al. (2013) que sustentan lo dicho previamente.

Cuadro No. 4. Longevidad en años de hembras de cría en función de la fecha de su primer parto.

Fecha de parto (dentro del periodo de parición)	Longevidad (años)	
	Vaquillonas de Dakota del Sur (n=2195)	Vaquillonas de USMARC (n=16549)
Primeros 21 días	5,1 a	8,2 a
Del día 22 al 42	3,9 * b	7,6 b
Del día 42 en adelante		7,2 c

* este valor comprende a todas las hembras que paren su primer ternero del día 22 en adelante.

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

Fuente: adaptado de Cushman et al. (2013).

Es importante destacar que las vaquillonas que parieron durante los primeros 21 días en USMARC habían nacido 2 días antes que las vaquillonas que parieron durante el segundo período y 3 días antes que las que parieron durante el tercer período ($P < 0,0001$). Si bien estas hembras no tuvieron diferencia en su peso al nacer según el período en que lo hicieron, si tuvieron diferencia en su peso al destete. Las que parieron en el primer período fueron las más pesadas cuando fueron destetadas ($P < 0,0001$).

2.5.2 Efecto de la fecha de parto sobre la fertilidad de las madres

La información previa nos indica la vaca que pare en los primeros 21 día del período de parto es más productiva de por vida.

Burris y Priode (1958) demostraron que la hembra que pare temprano su primer ternero sigue pariendo temprano en las siguientes temporadas y tiene menor probabilidad de fallar en comparación a la que pare tarde. De esta manera, la vaca que pare tarde un año tiende a parir más tarde al año siguiente y aumenta sus posibilidades de fallar.

Burris y Priode (1958) publicaron que las vacas tienden a parir de 0,27 a 0,45 días más tarde por cada día más tarde que parieron el año anterior ($P < 0.01$). Además, determinaron que las vacas que fallaban habían parido su primer ternero 9,5 días, 18,2 días y 15,4 días después que las que no fallaban, para razas Aberdeen Angus, Hereford y Shorthorn respectivamente.

Burris y Pride (1958) demostraron que a medida que se atrasa la fecha de parición disminuye el porcentaje de preñez

Cuadro No. 5. Relación entre fecha de parto y porcentaje de preñez en el siguiente servicio

Fecha de parto (periodo dentro de la temporada de parición)	% de preñez al siguiente servicio
Del día 1 al 21	93,1
Del día 22 al 41	90,6
Del día 42 al 61	87,1
Del día 62 al 81	82,1
Del día 82 al 101	73,9

Fuente: elaborado en base a Burris y Pride (1958).

Este concepto fue también demostrado en las condiciones de Uruguay por Bello y Mestre (1991) a partir del análisis de 874 registros tomados del rodeo (raza Hereford) de la Estación Experimental M.A. Cassinoni desde 1979 a 1986.

En el cuadro No. 6 se presenta la relación encontrada entre el mes de parición (sin distinción de edad al parto) sobre el porcentaje de parición en los 2 años siguientes para las condiciones de Uruguay (Bello y Mestre, 1991).

Cuadro No. 6. Efecto del mes de parto sobre la posibilidad de parir en 2 años consecutivos.

Mes de parto	% de parición en el siguiente periodo	Número de vacas
Agosto	44 b	9
Setiembre	64 a	85
Octubre	61 a	304
Noviembre	49 b	179
Diciembre	53 b	83

a, b: letras diferentes indican diferencias significativas entre si ($p < 0,01$).

Fuente: tomado de Bello y Mestre (1991).

Según la información presentada se puede concluir en términos generales que las vacas que parieron temprano tenían más porcentaje de parición en los siguientes 2 años en comparación a las que lo hacían más tarde. Sin embargo, es interesante observar que las vacas paridas en agosto alcanzaban menor porcentaje de parición que las que parían en setiembre y octubre, aunque parieron antes. Partiendo de la base que la reproducción es una actividad de “lujo” desde el punto de vista energético, y razonando que en dicha fecha de parto coinciden los momentos de máximos requerimientos de energía (último tercio de gestación) con las mínimas ofertas de forraje (invierno) se podría explicar el bajo porcentaje de preñez de las vacas que paren en agosto por un nivel nutritivo inferior. Por esto es que sería fundamental manejar un adecuado nivel nutritivo para capitalizar las ventajas de la fecha de parto temprana. Es importante aclarar entonces que, si bien la fertilidad de las hembras está afectada por la fecha de parto en gran medida, existen otros factores determinantes como son la nutrición, amamantamiento, estrés, factores genéticos.

Por su parte Cushman et al. (2013) demostraron que las vaquillonas que parieron su primer ternero dentro de los primeros 21 días del periodo de parición, desde el segundo hasta el sexto parto parieron de 2 a 4 días antes que sus contemporáneas que parieron su primer ternero en los siguientes periodos

($P \leq 0,001$), aunque esta diferencia no se mantuvo a partir del séptimo parto en adelante ($P \geq 0.17$).

2.5.3 Efecto de la fecha de parto sobre el intervalo parto-concepción

Cushman et al. (2013) publicaron que el intervalo parto-concepción es significativamente más largo para aquellas vaquillonas que parieron en el primer periodo en comparación a las hembras que parieron en el segundo y tercer periodo ($P < 0,0001$). Sin embargo, esta diferencia desapareció después del segundo parto, es decir en el segundo intervalo parto-concepción ($P \geq 0.26$). Bello y Mestre (1991) también demostraron que a medida que se atrasa la fecha de parición disminuye el intervalo parto-concepción.

El siguiente cuadro se resumen los datos del trabajo de investigación de Cushman et al. (2013).

Cuadro No. 7. Efecto del mes de parto sobre el intervalo interparto e intervalo parto-concepción

Mes de parto	Intervalo interpartos (días)	Intervalo parto-concepción (días)*	Número de vacas
Agosto-setiembre	408 a	123	130
Octubre	385 b	100	227
Noviembre	360 c	75	104
Diciembre	338 d	23	46

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

*los datos de intervalo parto-concepción fueron calculados en base a un largo de gestación de 285 días para todas las vacas.

Fuente: elaborado en base a Cushman et al. (2013).

Se puede concluir que las vacas que paren tarde tienen un intervalo parto-concepción menor que las que lo hacen temprano. Sin embargo, es esperable que sean menos fértiles ya que al parir tarde, en un sistema de servicio acotado en el tiempo, se reducen las oportunidades de celar y ovular

durante la época de servicio disminuyendo sus posibilidades de concebir.

Existen otros factores además de la nutrición que estarían afectando la fertilidad de las vacas de parición tardía. Hansen y Hauser (1984) encontraron un efecto del fotoperiodo (horas luz) en la reactivación de la ciclicidad. Los mismos sostienen que hembras expuestas a días más largos (más horas luz) disminuyen su intervalo parto-primer celo, parto-ovulación y días a la concepción, tanto en primíparas como en multíparas.

Otro factor secundario que podría influir en el largo de este intervalo es el efecto toro. Fernández et al. (1996) demostraron que la exposición de vacas primíparas luego del parto a la presencia de machos redujo el intervalo parto-primer celo, e incrementó el porcentaje de preñez al primer servicio de esta categoría. Por su parte, en vacas multíparas, Berardinelli y Tauck (2007) obtuvieron una reducción del intervalo parto-reactivación de la actividad luteal de 10 y 14 días en 2 experimentos (las vacas promediaron 59 y 68 días posparto al comienzo de los tratamientos) por ser expuestas a la presencia de machos. En el mismo trabajo, estos investigadores incrementaron el porcentaje de reactivación de la actividad luteal al fin del período de exposición en 32% y 17% también para ambos experimentos. Si embargo otros trabajos de investigación informaron resultados neutros para una serie de variables reproductivas (Rodríguez Blanquet et al., 2000). Por lo tanto, el efecto toro y el fotoperíodo son herramientas que podrían ayudar a mejorar la reproducción de las vacas que paren tardíamente.

2.5.4 Efecto de la fecha de parto sobre el peso al destete

La fecha de parto también influye en el peso al destete como era de esperar en base a la información citada previamente. A fecha fija de destete, los terneros que nacen temprano dentro del periodo de parición son más pesados comparado con los que nacen tardíamente (Lesmeister et al. 1973, Funston et al. 2012, Cushman et al. 2013). Funston et al. (2012) mostraron que los terneros nacidos los primeros 21 días del periodo de parto fueron 13 kg más pesados ($P < 0.01$) que los terneros nacidos en el segundo periodo de 21 días y 34 kg más pesados que los terneros nacidos en el tercer periodo. Asimismo, demostraron que la ganancia total desde el nacimiento hasta el destete de los terneros nacidos en el primer periodo fue 14 kg y 25 kg mayor comparado con los terneros nacidos en el segundo y tercer período respectivamente. Estos resultados fueron similares a los publicados anteriormente por Lesmeister et al. (1973). Los terneros que nacen temprano en la temporada de partos alcanzan mayores pesos al destete que los nacidos tarde debido a su edad avanzada y su rápida tasa de ganancia pre-destete. Estos mayores pesos están debidos a que llegan a la primavera (época caracterizada por las mayores ofertas de

forraje en cantidad y calidad) con una capacidad de consumo mayor que los nacidos tardíamente. Este mayor consumo de leche estimula una mayor producción de leche de la madre, que a su vez es sustentada por el mayor aporte energético del forraje. Parece razonable suponer entonces que esta madre alcanzará su pico de producción más lentamente de manera que su hijo tendrá mayor capacidad de consumirla por lo que es esperable que mantenga un alto nivel de producción durante un período de tiempo más largo. Como resultado, el ternero pesaría más al destete que sus contemporáneos.

En contraposición la vaca que pare tarde alcanzaría su pico de producción de leche rápidamente (mejor estado corporal) cuando su ternero aún no tiene la capacidad de consumirla por lo que es esperable que su producción disminuya rápidamente. Por lo tanto, es esperable que existan diferencias en las curvas de lactancia entre vacas paridas temprano y tardíamente, explicadas tanto por el nivel nutritivo de las madres como por la capacidad de consumo por parte del ternero.

Por su parte Funston et al. (2012) sostienen que la superioridad en pesos al destete está explicada por una mayor ganancia total del periodo, y no por ganancias diarias superiores. Estos autores afirman que las tasas de ganancia diarias son menores en los terneros nacidos temprano comparadas con aquellos nacidos tardíamente, pero alcanzan mayores pesos al destete debido a que tienen un periodo de crecimiento más largo hasta el destete definitivo. Es decir que ganan menos diariamente, pero tienen un mayor periodo de crecimiento que compensa esta inferioridad en ganancia diaria predestete, resultando en mayores pesos al destete.

Cushman et al. (2013) demostraron que las vaquillonas que paren su primer ternero en los primeros 21 días del periodo de parto destetan terneros más pesados ese año y por los siguientes 6 partos, en comparación a los destetados por vacas que parieron del día 22 en adelante en su primera temporada de parto ($P < 0.05$).

2.5.5 Efecto de la fecha de nacimiento de los terneros sobre su productividad

Como fue dicho anteriormente, el ternero/a que nace temprano alcanzará mayores pesos al destete que el que nace tarde. Si esto se proyecta a las siguientes etapas de vida del ternero/a, es esperable que se siga manteniendo la superioridad productiva.

Funston et al. (2012) determinaron que las terneras nacidas durante los primeros 21 días del periodo de parto eran más livianas al nacimiento que las nacidas posteriormente ($P < 0.01$). Sin embargo, estas terneras alcanzan

mayores pesos al destete conforme a lo dicho por otros autores (Burris y Priode 1958, Leismester et al. 1973, Cushman et al. 2013). Esta diferencia de peso se mantiene hasta el servicio ($P < 0.01$). En el cuadro No. 8 se presentan los datos determinados por Funston et al. (2012) sobre la incidencia de fecha de nacimiento de las hembras sobre su comportamiento reproductivo.

Cuadro No. 8. Relación entre fecha de parto y comportamiento reproductivo de sus hijas

Fecha de nacimiento *	% de vaquillonas ciclando al comienzo del servicio	% de preñez a los 45 días
Del día 1 al 21	70 a	90 a
Del día 22 al 41	58 b	86 b
Del día 42 al 61	39 c	78 c

* Fecha de nacimiento de las hembras dividiendo la temporada de partos en periodos de 21 días.

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

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

A partir de esta información los investigadores concluyen que porcentaje de vaquillonas que se encuentran ciclando a principios de la época de reproducción disminuye ($P < 0.01$) en la medida que se atrasa la fecha en que nacieron determinando menores tasas de concepción ($P = 0.02$). Esto es debido a que las primeras en nacer llegan con mayores pesos y edades al servicio, lo que mejora su fertilidad. De esta manera tienen mayores posibilidades de concebir antes, parir antes y destetar un ternero más pesado transmitiendo la superioridad productiva a su descendencia.

En resumen, las vaquillonas nacidas durante los primeros 21 días de la temporada de partos alcanzaran mayor peso al destete y preservicio. En consecuencia, tendrán mayor porcentaje de ciclicidad previa al servicio y mayores tasas de concepción en comparación con las vaquillonas nacidas posteriormente. Asimismo, su descendencia tendrá una fecha de nacimiento anterior y mayor peso al destete.

En machos es esperable un comportamiento similar. Funston et al.

(2012) también estudiaron el comportamiento productivo de los terneros según la fecha de nacimiento. Determinaron que el período de parto no afecta las ganancias diarias en la etapa de terminación ($P = 0.81$). Sin embargo, a medida que avanza la fecha de nacimiento disminuyen variables de interés productivo como son el marmoleo (grasa intramuscular) y el rendimiento ($P < 0.01$). Si bien los novillos clasificados por USDA (United States Department of Agriculture) como de bajo marmoleo no fueron afectados por la fecha de nacimiento ($P = 0.13$) sí lo fueron los animales de marmoleo modesto o mayor disminuyendo su clasificación en la medida que se atrasó la fecha de nacimiento ($P \leq 0.01$). Asimismo, los novillos nacidos tempranamente alcanzan un rendimiento mayor ($P < 0.01$). A medida que la fecha de nacimiento avanza el contenido de grasa de la carcasa en todos los depósitos disminuye, incluyendo intramuscular. Este último tipo de grasa le da mucho valor a la carne en la mayoría de los mercados. Por lo tanto, es esperable que el valor de la carcasa también disminuya en los terneros nacidos tardíamente para las condiciones comerciales de EEUU. En resumen, los terneros nacidos durante los primeros 21 días de la temporada de parto alcanzan mayor peso al destete, peso final (terminación), peso de la canal, mayor puntaje de marmoleo y mayor valor en canal.

En conclusión, la fecha de parto afecta tanto a la productividad de las madres como la de su progenie, afectando significativamente los resultados productivos y posiblemente económicos. Es posiblemente pensar que la fecha de parto de una vaquillona afecta la productividad de toda su futura descendencia.

Según la información presentada se puede concluir que la fecha de parto temprana determina mayor longevidad, menor posibilidad de fallar en las siguientes temporadas, y más kilogramos de ternero destetado determinando una mayor productividad de por vida. Es esperable que esta superioridad sea transmitida a su descendencia.

Para alcanzar fechas de parto temprano sería imprescindible entonces que conciba temprano dentro del periodo de servicio. Para que esto suceda es necesario que las hembras lleguen a su primer servicio con adecuados pesos aumentando las posibilidades de estar ciclando. Una manera de asegurar esta preñez temprana sería implementando protocolos de inseminación artificial sincronizada y/o inducida. Con estas tecnologías se aumentarían las posibilidades de preñez al conseguir 2 ovulaciones en 21 ± 4 días. En condiciones de servicio natural, durante ese período de tiempo, se obtendría una sola ovulación y por lo tanto una sola posibilidad de preñez. Si a esto se le agrega la utilización de dispositivos liberadores de progestinas, en determinadas circunstancias, se puede hacer ovular vaquillonas en anestro prepuberal y vacas con cría el pie en anestro posparto con posibilidades de

obtener una preñez

En el siguiente capítulo se estará profundizando en este tema.

2.6 PROTOCOLOS DE USO DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO Y FACTORES QUE AFECTAN SUS RESULTADOS

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) es una biotecnología de gran utilidad a nivel productivo. Su principal ventaja la posibilidad de inducir ovulaciones en vacas que se encuentren en anestro con el uso de dispositivos liberadores de progestinas como sincronizar esas ovulaciones en vacas que se encuentren ciclando.

A pesar de las ventajas que representa el uso de esta biotecnología a nivel productivo todavía no ha alcanzado la adopción que se merece. Sin embargo, como fue mencionado en el capítulo 1, su adopción ha experimentado un aumento marcado en América del sur en los últimos 15 años. Los datos mostraron un aumento en la adopción de IATF en vacas de razas cárnicas a aproximadamente 3.000.000 en Argentina (Bó et al., 2014) y 3.000.000 en Brasil (IGBE, 2006). En Uruguay, según MGAP. DIEA (2011), se inseminan un total de 600 mil hembras correspondientes al 15,8 % del total de vacas de cría y vaquillonas sin especificar el protocolo usado. Muy posiblemente los protocolos de sincronización usados sean sólo con PGF2 α y sean en vaquillonas y/o vacas secas. Sin embargo, a pesar de este aumento su adopción a nivel mundial todavía es limitada (Bó et al., 2016).

El objetivo de este capítulo será entonces profundizar en las bases para el desarrollo de los distintos protocolos de inseminación a tiempo fijo (IATF) y los factores a considerar para obtener resultados positivos tanto en hembras ciclando normalmente como en anestro.

2.6.1 Ventajas de la inseminación artificial a tiempo fijo

Una de sus principales ventajas es que esta tecnología permite inducir ovulaciones en hembras que se encuentren en anestro. Según Rodríguez Blanquet (2008) solamente un 0.7 % de las vacas primíparas y 0.96 % de las vacas múltíparas de los rodeos de cría del Uruguay se encuentran ciclando al comienzo del servicio El gran porcentaje de hembras que no se encuentran ciclando corresponde en gran medida a vacas en anestro postparto con ternero al pie y vaquillonas en anestro prepuberal. En base a esta información se puede afirmar que la casi totalidad de las vacas con cría al pie se encuentran en anestro al comienzo del servicio en pariciones de alrededor de 100 días.

Otra de las ventajas es que permite preñar tempranamente un número

alto de hembras de manera que la parición se dará de manera concentrada al comienzo del periodo. Está demostrado que la vaca que pare en los primeros 20 días del período de parición es más productiva por el resto de su vida, así como su progenie. Con los protocolos disponibles al momento actual se podrían obtener 2 ovulaciones (con o sin celo) en 25 días con una alta concentración de preñeces los primeros días de servicio. Si el servicio fuera realizado en base a toros se tendría una sola oportunidad de preñar esa vaca. Por esto, el uso de estos protocolos mejoraría la productividad biológica y posiblemente económica de ese año y de por vida de ese rodeo.

Por otra parte, permite la dispersión de material genético valioso y/o exótico al que no se podría acceder con servicio natural. Asimismo, permite reducir el uso de toros con todo lo que eso implica desde el punto de vista económico (compra y mantenimiento de los reproductores) y de manejo, evitando de esta manera también la transmisión de enfermedades venéreas.

Desde el punto de vista del manejo, reduce el trabajo en horas ya que aumenta el número de vacas servidas en un periodo de tiempo acotado y elimina la detección de estros (celos).

2.6.2 Bases de los protocolos de IATF

Los protocolos hormonales para sincronizar o inducir ovulaciones involucran básicamente cuatro procesos. En primer lugar, la colocación por un corto periodo de tiempo de un dispositivo intravaginal liberador de progestinas (progesterona o progestágenos, DILP) que simula la presencia de un cuerpo lúteo activo. Es importante tener en cuenta que en vacas ciclando la aplicación de progestinas por muchos días puede provocar la ovulación de folículos persistentes o envejecidos y como consecuencia una baja fertilidad. Smith y Stevenson (1995) publicaron que este efecto se debe a que las progestinas no llegan a los niveles luteales de progesterona que inhiban la secreción pulsátil de la LH, lo que hace que el folículo dominante siga creciendo, retrasando el crecimiento de una nueva onda folicular. De esta manera en el momento en que se retira el DILP, el folículo ovulatorio se encuentra “envejecido” y resulta de baja fertilidad. Para evitar la formación de este tipo de estructuras (folículos persistentes) es necesario sincronizar la onda folicular. Este sería otro de los cuatro procesos fundamentales para que el protocolo sea exitoso. Es necesario entonces al comenzar el tratamiento (junto con la colocación del DILP) sincronizar las ondas foliculares, de manera que todas las vacas tengan al mismo tiempo un folículo en crecimiento (folículo “fresco”) y con capacidad de ovular un ovocito viable. Las hormonas más utilizadas para estimular la emergencia de una nueva onda son estrógenos o GnRH. Aunque estas cumplen el mismo objetivo su acción es diferente. El estrógeno induce la atresia

del folículo y sincroniza la emergencia de una nueva onda folicular alrededor del cuarto día siguiente a la inyección. Por su parte la GnRH induce un pico de LH y de esta manera la ovulación del folículo dominante (si hay uno presente) con la emergencia de una nueva onda folicular alrededor del primer a segundo día siguiente a su administración. La preferencia por utilización de estrógenos o GnRH está relacionada al costo, disponibilidad y legalidad de uso de cada hormona en cada país. En EEUU, Europa, y Nueva Zelanda el estradiol está prohibido por lo que basan sus protocolos en GnRH. En cambio, el estradiol (BE o CPE) por su costo y disponibilidad ha tenido gran adopción en los últimos años en los rodeos de carne de América del sur. Su uso también es permitido en Canadá y Australia.

El siguiente proceso clave para asegurar la ovulación es la inyección de una dosis luteolítica de prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}) al momento de la extracción del DILP.

Por último, para asegurar el éxito de un protocolo hormonal es necesaria la inducción de un pico de LH que asegure la ovulación después de la exposición a una progestina y a una dosis luteolítica de PGF_{2α}. Las hormonas inductoras de la ovulación más utilizadas son cipionato de estradiol (CPE) administrada en el momento de extracción del DILP, benzoato de estradiol (BE) a las 24 horas o GnRH a las 54 horas (momento de la IATF). La utilización del CPE tiene una ventaja significativa a nivel de manejo ya que al ser un estrógeno de metabolización lenta (en comparación al BE) permite ser administrado en el momento de extracción del DILP eliminando una de las pasadas por las mangas. Este factor es muy importante ya que muchos productores ven como inconveniente para la adopción de la IATF la cantidad de veces que el ganado debe pasar por las mangas en pocos días. Es importante mencionar el trabajo publicado por Uslenghi et al. (2014) donde se demostró que la utilización de CPE en vacas de razas británicas secas implica mayor distribución de las ovulaciones determinando un menor porcentaje de preñez respecto a aquellas hembras a las que se le aplicó BE. Los resultados de este trabajo indicaron que con el uso de CPE se alcanzó un 49% de preñez mientras que con BE el valor alcanzado fue de 61%. Estos investigadores publicaron que en condiciones normales las ovulaciones se distribuyen entre 54 y 78 horas después de extraer DILP en hembras tratadas con BE y entre 42 y 90 horas en hembras tratadas con CPE. Teniendo en cuenta que el ovocito tiene una vida media de 6-10 horas y la viabilidad del semen varía entre 12-30 horas, las hembras tratadas con BE tienen gran probabilidad de concebir si la IATF se realiza entre 52-54 horas después. Por su parte las hembras tratadas con CPE que ovulen a las 42 horas de la remoción del DILP tendrían poca probabilidad de preñez debida a la vida media del ovocito, y las que ovulen a las 90 horas también tendrán poca probabilidad de preñez en este caso debida a la

viabilidad del semen. Por lo tanto, es de real importancia manejar correctamente el momento óptimo para la IATF para asegurar la preñez.

Por último, otro factor importante a considerar es que el uso de BE (además de concentrar las ovulaciones) aumenta el canal del cérvix, facilitando la canulación en el momento de la inseminación.

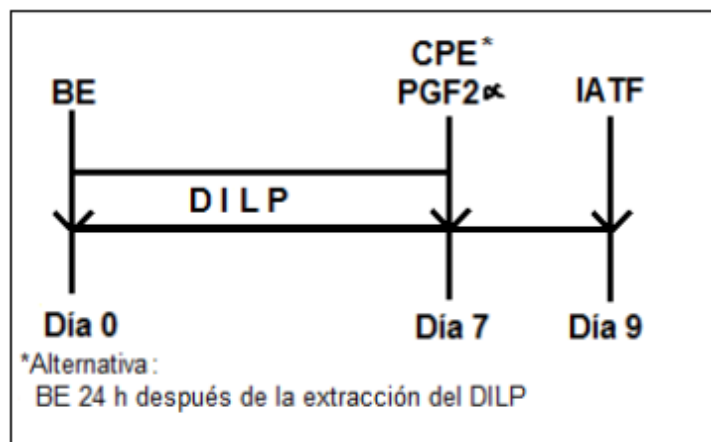
Los factores descritos anteriormente son la base para el diseño y aplicación de los protocolos convencionales de IATF que se conocen hoy en día y sus distintas variantes. El protocolo más usado hasta el momento, denominado protocolo convencional, alcanza en promedio 50% de preñez (Bó et al., 2016). En busca de mejorar estos resultados se estudiaron otras herramientas como la separación física del ternero (destete) y/o inyección de gonadotrofina coriónica equina (eCG) para asegurar la ovulación y aumentar las probabilidades de preñez.

A partir de estas bases se describirán a continuación diferentes protocolos hormonales desarrollados para la aplicación de IATF.

2.6.3 Protocolo convencional basado en estradiol

Consiste en la colocación de un DILP y la administración de 2 mg de BE en el día 0. Este manejo tiene como objetivo inducir la atresia folicular y sincronizar la emergencia de la onda folicular. Luego en el día 7 conjuntamente con la extracción del DILP se administra $PGF_{2\alpha}$ para asegurar la luteólisis. A continuación, es necesario un manejo que asegure la ovulación como puede ser la dosificación de 0.5-1 mg de cipionato de estradiol (CPE) en el momento de la extracción del DILP. Si se quiere trabajar con BE la aplicación debería ser 24 horas después (1 mg). El momento óptimo para realizar la IATF en este protocolo es durante las 52 a 56 horas posteriores a la extracción del dispositivo.

Figura No. 1. Diagrama protocolo convencional basado en estradiol



Para mejorar los resultados de estos protocolos principalmente en vacas que se encuentren en anestro post parto y/o con baja condición corporal se puede inyectar una dosis de eCG al momento de remoción del DILP. Roche et al. (1992), MacMillan y Peterson (1993) mostraron que el uso de esta hormona incrementó el porcentaje de ciclicidad y los porcentajes de preñez en vacas en anestro con estrés nutricional. La eCG estimula el crecimiento del folículo dominante y aumenta la tasa de ovulación. Los folículos más grandes producen mayor cantidad de estradiol, mejoran la competencia de ovocitos, y aumentan el diámetro del cuerpo lúteo resultante lo que aumenta la concentración de progesterona en la fase luteal subsiguiente (Nuñez-Olivera et al., 2014). Esto está relacionado a una disminución de la mortalidad embrionaria en el período entre reconocimiento materno de embarazo por lo tanto mayor porcentaje de preñez (Jinks et al., 2013). Rigoglio et al. (2013) demostraron que la aplicación de eCG además modifica las características relacionadas con la esteroidogénesis específica (forma mitocondrial y el número de células lúteas grandes) y aumenta la expresión de enzimas esteroidogénicas en el cuerpo lúteo.

Otra herramienta eficiente para mejorar los resultados de estos protocolos es la separación física del ternero. Este manejo incrementa la secreción pulsátil de LH y por lo tanto aumentaría las ovulaciones con el lógico incremento de la preñez (Shively y Williams, 1989). En base a esto, Rodríguez et al. (2005) analizaron la acción del BE combinada con un destete temporario a corral de corta duración. Para esto trabajaron con dos rodeos durante tres años y en dos zonas del país (Flores y Salto) de vacas en anestro con cría al pie. Todas estas recibieron 2 mg de BE en el día 0 del tratamiento y una esponja de poliuretano con un progestágeno artesanal por 7 días (DILP). A partir de eso fueron divididas en 3 tratamientos. El primero consistía en la inyección de 0.5 mg de BE a las 24 horas de retirar el dispositivo (DILP+BE). En el segundo se realizó un destete temporario (DT) con separación física del ternero por espacio de 5 días al momento de la extracción del dispositivo (DILP+DT). En el tercero se inyectaron 0.5 mg de BE a las 24 horas y además se le realizó un destete temporario en el mismo momento por 5 días (DILP+BE+DT). Los resultados de este trabajo se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 9. Porcentaje de vacas en celo, horas al mismo y distintos tipos de FCL según momento de parición y tratamiento

Tratamientos		% Celos	Horas al celo	% Formación CL total*	% Formación CL fase luteal normal**
Parición temprana	DILP+BE	40 a	60 a	25 a	7 a
	DILP+DT	20 b	70 b	32 a	11 a
	DILP+BE+DT	76 c	54 c	56 b	33 b
Parición tardía	DILP+BE	52	45	80	49
	DILP+DT	60	39	86	50
	DILP+BE+DT	68	42	93	63

a,b,c: valores con diferentes letras en la columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

*FCL total: Concentraciones mayores a 0,5 ng/ml en los días 8 o 15 o 22 o 15 y 22.

**FCL fase luteal normal: concentraciones mayores a 0,5 ng/ml en los días 15 y 22.

Fuente: tomado de Rodríguez et al. (2005).

Según la información del cuadro anterior se puede concluir que el tratamiento en el que se administraba BE en el momento de extracción del DILP acompañado de un destete temporario (tratamiento 3) fue el que obtuvo los mejores resultados para hembras de parición tardía alcanzando un 76% de celos, con un menor periodo de tiempo desde la extracción del DILP hasta el celo. También se obtuvo con este tratamiento un valor superior de formación de cuerpo lúteo total y de fase luteal normal respecto a los otros dos tratamientos. Sin embargo, en vacas de parición temprana los resultados de los tres tratamientos fueron similares en todas las variables analizadas.

Si la comparación se hace según fecha de parto los resultados obtenidos en hembras de parición tardía son numéricamente superiores a los de parición temprana en porcentaje de celos, formación de cuerpo lúteo total y de fase luteal normal y menor en horas a la aparición de celos.

Es importante destacar la relevancia del resultado de horas desde la extracción del dispositivo al celo. A partir de esto se puede concluir que el momento de ovulación del tratamiento 3 sería diferente al del tratamiento 1, por lo tanto, el momento óptimo para realizar la IATF debería ser distinto al recomendado a nivel comercial.

A partir de estos resultados, Rodríguez et al. (2009) compararon el tratamiento 3 del experimento anterior (DILP+BE+DT) contra un tratamiento testigo (protocolo convencional de IATF) en 582 vacas en anestro con cría al pie. Este trabajo de investigación se desarrolló durante dos años, en dos empresas agropecuarias, con diferentes categorías, distintos intervalos de tiempo desde el parto a la aplicación de la progestina y diferentes condiciones corporales al momento de la aplicación del DILP. Los resultados de preñez obtenidos fueron desalentadores para vacas de parición temprana alcanzando un 14% de preñez en el testigo y 8% en el tratamiento DILP+BE+DT ($P < 0.05$). Existen varias razones que podrían explicar estos resultados como ser la no sincronización de la onda folicular, el tipo de progestina usada, la forma y dosis suministrada, la duración de la exposición (días), número de días posparto al momento de aplicar la progestina, el no uso de PGF2 α , el no uso de eCG, categoría, raza, momento de la IATF y nivel nutritivo.

Sin embargo, en vacas de parición tardía en anestro con cría al pie ($n = 66$), los resultados fueron ampliamente superiores alcanzando un 46% en el testigo y un 45% en el tratamiento DILP+BE+DT (sin tener diferencia estadística entre sí). Los autores hipotetizan que estos resultados fueron favorecidos por la nutrición, el fotoperíodo, el efecto toro y todas sus posibles interacciones. Pero estos investigadores no resolvieron el problema ya que los testigos como los tratados tuvieron el mismo porcentaje de preñez.

2.6.4 Protocolos basados en GnRH

En principio se ideó un protocolo denominado Ov-synch para vacas lecheras en lactación. El mismo consistía en la administración de GnRH el día 0 para inducir el pico de LH y la ovulación del folículo dominante (si hay uno presente) con la consecuente emergencia de una nueva onda folicular aproximadamente 1,5 a 2 días después. A los 7 días, se administra una dosis de PGF2 α para inducir la luteólisis. Para sincronizar la ovulación se inyecta al momento de la IATF (60 horas después) una segunda dosis de GnRH.

Bó et al. (2016) basados en trabajos recientes resumieron que el porcentaje de hembras ovulando en el momento de la primera GnRH es de 26% a 56% en vacas lecheras y 60% en vacas de carne. Este hecho determina que las hembras que no se encuentren ciclando al comienzo del tratamiento no se

sincronicen y de esta manera la ovulación después de la segunda dosis de GnRH se dé desincronizadamente lo que resulta en bajos resultados de preñez. Además, el protocolo Ov-synch tenía el problema que le aparecían celos antes de aplicar la PGF2 α . Por eso es que estos protocolos han sido rediseñados incluyendo en ellos la colocación de un DILP lo que mejora notoriamente los resultados de preñez (incluso en vacas amamantando) por lo que actualmente es el tratamiento más utilizado para sincronizar ganado de carne en América del norte (Martínez et al., Rabaglino et al., Colazo et al., Lima et al., citados por Bó et al., 2016). En este protocolo la segunda dosis de GnRH y la IATF se llevan a cabo de 54 a 66 horas después de la extracción del DILP.

Los datos sobre la adición de eCG a este tipo de protocolos (basados en GnRH) son limitados porque en los países donde el estradiol está prohibido la eCG no está disponible (por ejemplo, Estados Unidos).

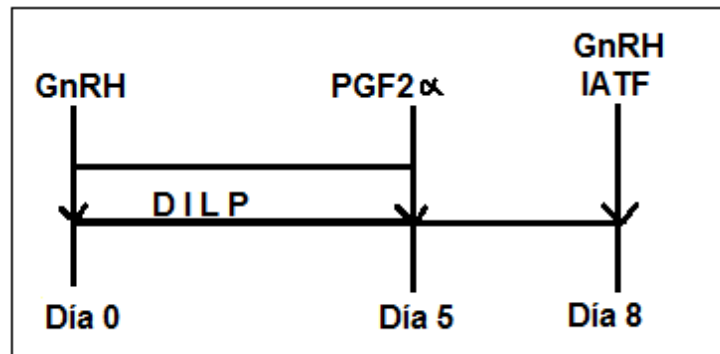
A partir de estos protocolos, recientemente han sido diseñados protocolos que permiten mejorar los resultados de preñez, basados en GnRH (denominado Co-synch de 5 días) o basados en estradiol (denominado J-synch). Las bases de estos protocolos son reducir el período de inserción del DILP de manera de extender el período de proestro (desde la extracción del dispositivo hasta la IATF) y de esta forma aumentar la fertilidad. Aunque fue hipotetizado previamente que el diámetro folicular es un fuerte indicador de fertilidad, existen otros predictores consistentes en determinar el porcentaje de preñez en ganado *Bos taurus* ciclando como la duración de proestro (Day et al., 2015). A continuación, se describirán los protocolos mencionados.

2.6.5 Protocolo Co-synch de 5 días

Es un tratamiento basado en GnRH que acortando el periodo de inserción del DILP permite alcanzar mayores niveles de preñez en comparación a aquellos protocolos tradicionales de 7 días. Bridges et al. (2008) demostraron que el porcentaje de preñez alcanzado en vacas con cría al pie tratadas con el protocolo Co-synch de 5 días fue 10.5% mayor ($P < 0,01$) que en Co-synch de 7 días (70.4% vs. 59.9%).

Como se puede observar en la siguiente figura, el protocolo Co-synch de 5 días se basa en la colocación de un DILP junto con la administración de una dosis de GnRH el día 0. En el día 5 se extrae el dispositivo y se inyecta una dosis luteolítica de PGF2 α . A las 72 horas de esto se administra una dosis de GnRH y se procede a realizar la IATF.

Figura No. 2. Diagrama protocolo Co-synch 5 días



Bridges et al. (2010) mostraron en un experimento en el que se indujo a las vacas a ovular un folículo de diámetro similar, el porcentaje de preñez fue mayor en aquellas que tuvieron mayor tiempo de espera entre la administración de PGF2α y la de GnRH. En este experimento el porcentaje de preñez se situó en 71 % para aquellas hembras que recibieron la dosis de GnRH 2,25 días después de la administración de PGF2α y 10 % para aquellas que lo hicieron 1,25 días después de PGF2α ($P < 0,01$).

En resumen, la base fisiológica de alargar el proestro (reduciendo el tiempo de inserción del dispositivo de progesterona) es que al momento de extracción del mismo e inyección de PGF2α el folículo preovulatorio se encuentra en el momento de máxima concentración y producción de estradiol determinando que haya mayores concentraciones de progesterona en la subsiguiente fase luteal. Además, si la permanencia del dispositivo fuese mayor a 5 días se producirían folículos persistentes de baja fertilidad provenientes del 40% de hembras que no ovulan con la primera aplicación de GnRH, con los efectos adversos discutidos anteriormente (Bridges et al. 2008, Jinks et al. 2013, Bridges et al. 2014, Day et al. 2015).

Es importante aclarar que, con la aplicación de este protocolo, debido a un menor intervalo entre la primera GnRH y la inducción de luteolisis, al momento de extracción del dispositivo pueden existir hembras que tengan 2 cuerpos lúteos. Uno debido a la aplicación de esa primera dosis de GnRH y otro proveniente de la ovulación anterior a la aplicación de GnRH. Esta situación tiene como inconveniente que una sola dosis de PGF2α no sea suficiente para lisar la totalidad de los cuerpos lúteos. Por lo tanto, resulta necesario inyectar dos dosis de PGF2α para inducir la regresión completa del CL. Según

Kasimanickam et al. (2009) con una dosis de PGF2 α se alcanzó un 53.1% de preñez mientras que con dos dosis de PGF2 α el resultado fue 69.0% (P<0,01). Por su parte Peterson et al. (2011) reportaron una tendencia a una mayor preñez cuando las dos inyecciones de PGF2 α se administraron con 6 horas de diferencia en vaquillonas que recibieron GnRH en el momento de la inserción del DILP. Conforme a esto se realizó una prueba de campo con 2465 vacas posparto (Bridges et al., 2012). El mayor porcentaje de preñez fue de 55% obtenido por vacas que recibieron dos dosis de PGF2 α con 8 horas de diferencia (P <0.05) en comparación a 48% obtenido por vacas que recibieron una sola dosis de PGF2 α . Aquellas hembras que recibieron dos dosis de PGF2 α al mismo tiempo alcanzaron resultados intermedios (51%) y no diferentes de cualquiera de los otros grupos. En función de estos resultados se puede concluir que el mejor manejo sería la inyección de dos dosis PGF2 α en el momento de extracción del dispositivo, ya que con esto se estaría evitando una pasada adicional por las mangas sin afectar significativamente los resultados.

Recientemente Huguenine et al., citados por Bó et al. (2016) completaron un estudio con 801 vacas de carne amamantando en anestro postparto y 183 vacas amamantando ciclando para comparar el protocolo Co-synch 5 días con el protocolo convencional basado en estradiol. Las vacas en el grupo Co-synch de 5 días fueron tratadas como fue descrito anteriormente con dos PGF2 α administrados en el momento de extracción del DILP. En ese momento la mitad de estas vacas recibieron 400 unidades eCG. Las vacas en el grupo de tratamiento a base de estradiol recibieron 2 mg de BE y un DILP en el día 0, y una dosis de PGF2 α , 400 UI de eCG y 1 mg de CPE en la extracción del dispositivo (día 8). Las vacas fueron inseminadas a tiempo fijo a las 52 a 56 horas después de la eliminación del dispositivo en el grupo de estradiol y 72 horas después en el grupo Co-synch de 5 días.

Si bien no se encontraron diferencias en resultados de preñez en vacas ciclando, si se encontraron en vacas en anestro posparto. Los resultados de este trabajo se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 10. Resultados de preñez en vacas en anestro postparto amamantando en respuesta a tratamiento con protocolo Co-synch de 5 días en comparación a protocolo convencional basado en estradiol, y efecto de la adición de eCG

Tratamientos		% preñez
Protocolo Co-synch 5 días	400 UI eCG (n= 259)	46,3 a
	No eCG (n= 265)	26,8 b
Protocolo convencional basado en estradiol	400 UI eCG (n=277)	54,5 c

a,b,c valores con diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Fuente: Huguenine et al., citados por Bó et al. (2016).

Como se puede observar en el cuadro anterior los más altos resultados de preñez fueron alcanzado por aquellas vacas que recibieron como tratamiento el protocolo convencional basado en estradiol. Es importante aclarar también que el porcentaje de preñez fue mayor en los dos grupos que recibieron eCG ($P < 0.05$).

Por último, en relación al mejor momento para realizar la IATF en un protocolo de Co-synch de 5 días, diversos autores (Kasimanickam et al. 2012, Day et al. 2015) determinaron que en vaquillonas los mejores resultados se obtuvieron cuando eran inseminadas entre 56-66 horas después de extraído el DILP obteniendo en promedio, un 10,3% más de preñez que las inseminadas a las 72 horas.

Por otra parte, se diseñó recientemente por el Dr Gabriel Bó el protocolo denominado J-synch de 6 días basado en estradiol.

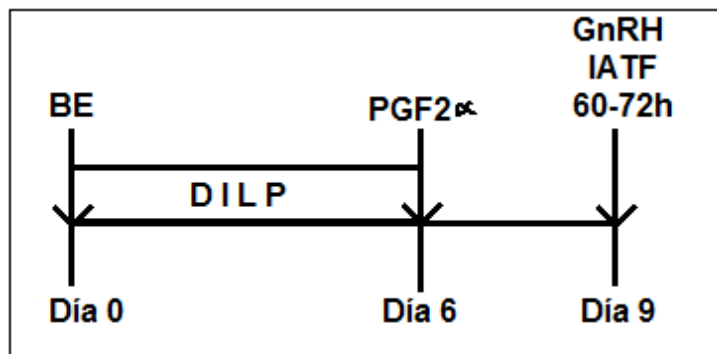
2.6.6 Protocolo J-synch

Este protocolo fue presentado en el Congreso Mundial de Reproducción en Paris (ICARD, 2016). Consiste en la colocación del DILP y la administración de 2 mg de BE en el día 0. Esta hormona provoca la atresia folicular y la emergencia de una nueva onda de 2 a 5 días después en 90% de vacas y

vaquillonas (Bó et al., 2002a). En el día 6 del tratamiento se extrae el dispositivo y se inyectan una dosis de PGF2 α . En el día 9 (72 horas después de la extracción) se administra GnRH y se realiza IATF.

La ventaja de este tratamiento es que al usar BE para sincronizar la onda folicular no se produce la ovulación, sino que induce la atresia folicular por lo que no se produciría un cuerpo lúteo accesorio. Por lo que no sería necesaria una doble dosis de PGF2 α como cuando se aplica GnRH al inicio en el protocolo de 5 días.

Figura No. 3. Diagrama protocolo J-synch



De la Mata y Bó (2012) realizaron una serie de experimentos con el fin de evaluar este protocolo. En el primer estudio, se analizaron datos de 28 vaquillonas cruzas Aberdeen Angus de entre 16 y 17 meses de edad divididas aleatoriamente en dos grupos. Las vaquillonas del grupo 1 recibieron como tratamiento el protocolo J-synch como fue descrito anteriormente, mientras que a las del grupo 2 se les aplicó el protocolo Co-synch de 5 días. Todas las vaquillonas recibieron 150 g de PGF2 α y GnRH en la extracción del dispositivo y fueron inseminadas a tiempo fijo 72 horas después. En el cuadro No. 11 se presentan los resultados de este experimento.

Cuadro No. 11. Resultados reproductivos de la aplicación del protocolo J-synch en comparación a la aplicación del protocolo Co-synch de 5 días en vaquillonas de razas cárnicas

Tratamientos	Intervalo tratamiento-emergencia de nueva onda folicular*	Tasa de ovulación (%)	Diámetro folicular (mm)	Intervalo PGF2a a ovulación (días)	% de preñez
J-synch (grupo 1)	3,7 a	91,6 n/s	11,7 n/s	97,1 n/s	50 n/s
Co-synch 5 días (grupo 2)	2,1 b	92,8 n/s	12,0 n/s	95,1 n/s	57,1 n/s

*días desde el tratamiento hasta la emergencia de la nueva onda folicular después de BE en el protocolo J-synch ó GnRH en el tratamiento con Co-synch.

a y b indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

n/s indica diferencias no significativas.

Fuente: tomado de De la Mata y Bó (2012).

Por ultrasonografía se determinó que aquellas vaquillonas tratadas con el protocolo Co-synch de 5 días (grupo 2) habían alcanzado un 50% de ovulación a la primera GnRH. Además, se determinó en este grupo la emergencia de una nueva onda folicular 1,6 días después. En aquellas vaquillonas que no ovularon a la primera GnRH emergió una nueva onda folicular entre 1 y 4.5 días después de la GnRH. Si se analizan los datos del grupo 1 (protocolo J-synch) después de la administración del BE, 91,6% de las vaquillonas tenían atresia folicular y desarrollaron una nueva onda folicular entre los 2 a 5 días siguientes.

El intervalo desde el tratamiento hasta la emergencia de una nueva onda folicular fue menor para aquellas vaquillonas tratadas con GnRH ($P < 0.05$), en las que se determinó una media (desviación estándar) de 2,1 días de intervalo en comparación a 3,7 días en aquellas tratadas con BE. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre grupos para variables como la tasa de ovulación (91,6% vs. 92,8%), el diámetro del folículo ovulatorio (11,7 mm vs. 12,0 mm), el intervalo de PGF2 α a ovulación (97,1 horas vs. 95,1 horas)

y porcentaje de preñez (50% vs. 57,1%).

En otro estudio realizado por de la Mata et al. (2015) se compararon las dinámicas foliculares y luteales de un grupo de vaquillonas de razas cárnicas tratadas con el protocolo J-synch y otro al que se le aplicó el protocolo convencional de 7 días basado en estradiol (como fue descrito anteriormente). Las vaquillonas a las que se le aplicó el protocolo convencional de 7 días ovularon 65 horas después de la eliminación de DILP, mientras que las del grupo J-synch ovularon 93,7 horas después ($P < 0,05$), lo que demuestra que el período de proestro fue en promedio 28 horas más largo en el grupo J-synch. Por otra parte, tanto el diámetro folicular como las concentraciones de progesterona fueron mayores ($P < 0,05$) para las hembras del grupo J-synch desde los días 7 a 12 después de ovulación.

De la Matta et al. (2015) realizaron además una serie de experimentos comparando la fertilidad después de cada tratamiento, aplicando IATF 72 horas después de la extracción del DILP para el grupo tratado con el protocolo J-synch, y 52 a 56 horas después para el grupo tratado con el protocolo convencional.

El primer experimento se realizó durante el invierno con vaquillonas en condición corporal de 4 a 6 (escala 1–9). Debido a las condiciones de sequía durante el experimento estas hembras perdieron peso equivalente a 1 punto de condición corporal desde la IA a la detección de preñez. Los resultados fueron decepcionantes, alcanzando un 49,3% de preñez en el grupo de vaquillonas tratadas con el protocolo convencional y un 37,8% en aquellas tratadas con el protocolo J-synch ($P < 0,01$). Por lo tanto, a continuación, realizaron dos experimentos en primavera para evaluar la fertilidad en vaquillonas con buena condición corporal (6–7) y ganando peso. Para realizar ambos experimentos fueron utilizadas vaquillonas de raza Aberdeen Angus, Hereford y sus cruza. La división de grupos por tratamiento fue asignada de forma aleatoria. La diferencia entre los experimentos 1 y 2 fue que en el momento de extracción del DILP las hembras en el experimento 2 fueron pintadas en cola. A partir de este momento se observó el estado de la pintura de manera de detectar signos de estro (pintura desgastada). Aquellas vaquillonas que 36 horas después de retirado el dispositivo en el protocolo convencional y 48 horas después en el protocolo J-synch se encontraban con la pintura desgastada, fueron inseminadas 12 horas más tarde (es decir a las 48 y 60 horas respectivamente). Aquellas que se encontraban con la pintura intacta en ese momento fueron inseminadas a tiempo fijo 54 horas después de la extracción del DILP en el protocolo convencional y 72 horas después en el J-synch. Los resultados de estos experimentos se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 12. Porcentaje de preñez alcanzado en vaquillonas con alta condición corporal según tratamiento hormonal

Tratamientos		% de preñez	
		Protocolo J-synch	Protocolo Convencional
Experimento 1 (n= 583)	Repetición 1	50,7	35,4
	Repetición 2	60	66
	Repetición 3	58,5	51,2
	Repetición 4	64,2	57,5
	Total experimento 1	59,7	53,1
Experimento 2 (n= 208)	Detectadas en celo	80	50
	Celo no detectado	60,3	45,3
	Total experimento 2	67,9	46,6
Total experimento 1 y 2 (n=791)		61,9	61,4

Fuente: elaborado en base a de la Matta et al. (2015).

Si se observan los resultados del experimento 1, la preñez tendió a ser mayor en las vaquillonas tratadas con el protocolo J-synch en 3 de las 4 repeticiones en comparación con las tratadas con el protocolo convencional. El mismo comportamiento fue observado en el experimento número 2. Es de destacar que en este experimento se encontraron diferencias dentro de cada grupo siendo mayores los resultados de preñez alcanzados por aquellas vaquillonas que fueron inseminadas previa detección de celo ($P < 0.05$) en comparación a aquellas que no fueron detectadas en celo.

Los resultados contradictorios entre los experimentos de invierno y de primavera probablemente se puede explicar por menores diámetros foliculares y menores concentraciones de estradiol en las vaquillonas que se encontraban con baja condición corporal y perdiendo peso.

Como fue dicho anteriormente, altas concentraciones de estradiol en el proestro se asocian con un ambiente uterino más apropiado, mayores concentraciones de progesterona en fase luteal y menor pérdida embrionaria. Por lo tanto, es esperable que las hembras tratadas con el protocolo convencional puedan haberse beneficiado del CPE administrado en el momento de retirar el dispositivo, mientras que las del protocolo J-synch pueden haber tenido folículos más pequeños y baja concentración de estradiol durante el proestro, ya que no se administró estradiol en la eliminación del dispositivo en este protocolo. Por el contrario, las vaquillonas de buen estado corporal que se encontraban además aumentando peso pueden haber tenido mayor producción de estradiol por parte de los folículos, por lo que no fue necesario estradiol adicional para resultar en alta fertilidad.

Para confirmar aún más estos resultados Menchaca et al. (2015a) realizaron en Uruguay dos experimentos que involucraron 4947 vaquillonas cruce Aberdeen Angus y Hereford. Los experimentos se realizaron en cinco (experimento 1) y seis repeticiones (experimento 2) durante 2013 y 2014 (Menchaca et al., 2015a).

Un objetivo secundario fue determinar los efectos del momento de IATF y la adición de eCG en el momento de extracción del DILP sobre el porcentaje de preñez obtenido en vaquillonas tratadas con el protocolo J-synch.

El experimento 1, se dividió en 2 grupos, el primer grupo recibió como tratamiento el protocolo convencional basado en estradiol de 7 días (descrito anteriormente), en el que se extrajo el DILP el día 7 de mañana. Este grupo fue a su vez subdividido en 2 según si la IATF era realizada el día 9 de mañana o el día 9 de tarde (es decir, 48 o 56 horas después). Al segundo grupo de vaquillonas se les aplicó como tratamiento el protocolo J-synch en el que se le extrajo el DILP el día 6 en la tarde. El día 9 recibieron GnRH y fueron subdivididas según si eran inseminadas de mañana o de tarde (es decir, a las 60 o 72 horas). Todas las hembras de este experimento recibieron 300UI de eCG en el momento de eliminación del DILP.

En el experimento 2, todas las vaquillonas fueron tratadas con el protocolo J-synch como se describe en el experimento 1, pero al retirar el

dispositivo (día 6 de tarde), se dividieron en dos subgrupos, unas que recibieron 300 UI de eCG y otras que no recibieron ningún tratamiento con eCG. El día 9 recibieron la inyección de GnRH y fueron divididas en dos grupos, unas inseminadas de mañana y otras de tarde (es decir, 60 o 72 horas después de la extracción del DILP).

Los resultados de estos dos experimentos se presentan a continuación en el cuadro No. 13.

Cuadro No. 13. Efecto de diferentes protocolos hormonales de sincronización de ovulaciones (J-synch vs. convencional), momento de IATF y adición de eCG en el porcentaje de preñez de vaquillonas de carne

	% de preñez	
Experimento 1 (n=2349)	Protocolo J-synch (300 UI eCG)	Protocolo Convencional (300 UI eCG)
IATF día 9 en la mañana	57.1%	53.4%
IATF día 9 en la tarde	55.0%	48.0%
Total experimento 1	56.1%	50.7%
Experimento 2 (n=2598)	Protocolo J-synch (300 UI eCG)	Protocolo J-synch (No eCG)
IATF día 9 en la mañana	57.9%	56.3%
IATF día 9 en la tarde	56.3%	49.7%
Total experimento 2	57.1%	53.1%

Fuente: elaborado en base a Menchaca et al. (2015a).

Como se puede observar en el cuadro anterior, en el experimento 1, en términos generales el porcentaje de preñez fue mayor en vaquillonas tratadas con J-synch ($P < 0.05$). El momento de IATF solo afectó la preñez en el tratamiento convencional ($P < 0.05$).

En el experimento 2 la eliminación de eCG en el protocolo J-synch resultó en una reducción de la preñez ($P < 0.05$) cuando las inseminaciones se realizaron el día 9 de tarde (es decir, 72 horas después de la eliminación de DILP).

En conclusión, reducir el tiempo de inserción del DILP alargando el proestro en vaquillonas tratadas con el protocolo J-synch, dio como resultado un mayor porcentaje de preñez en comparación a aquellas hembras tratadas con el protocolo convencional. Además, la adición de eCG al protocolo J-synch provee una ventana de tiempo más amplia de inseminación facilitando la IATF en grandes grupos de vaquillonas de carne.

Para que estos sistemas de manejo reproductivo intensivo brinden buenos resultados es necesario manejar todos los factores discutidos anteriormente inseminando todas las hembras tempranamente, pudiendo identificar aquella que fallaron para volver a servir las tan pronto como sea posible.

2.6.7 Factores que afectan los resultados reproductivos de los protocolos hormonales de IATF

Además de los mencionados hasta el momento existen varios factores que afectan los resultados reproductivos de una IATF.

Uno de los más determinantes es la nutrición de las hembras (estimada por condición corporal) al momento de la IATF. Cutaia et al. (2003) obtuvieron en vacas con estado corporal de 2 (escala 1 a 5) un 46,5% de preñez, mientras que aquellas con estados corporales de 3 los resultados fueron de 57,7%. Por su parte Stevenson et al. (2015) en vacas con estados corporales mayores a 5 (escala de 1 a 9) obtuvieron 46,1% de preñez a la IATF, mientras que con valores menores a 5 el valor fue de 41,7% ($P < 0,05$). Sin embargo, es importante tener en cuenta no sólo el estado corporal, sino la variación del mismo entorno a la IATF, es decir si pierden, mantienen o ganan peso (Short et al., 1990).

Otro factor importante a tener en cuenta es el número de días posparto al momento de aplicar la progestina. Stevenson et al. (2015) mostraron que existe una relación positiva entre este intervalo y porcentaje de preñez al primer servicio. En ese trabajo de investigación determinaron que aquellas vacas con más de 72 días posparto al comenzar el protocolo de IATF tenían un 46,9% de preñez en comparación a un 40,9% alcanzado por aquellas que tenían menos de 72 días ($P < 0,05$).

Por otra parte, Stevenson et al. (2015) también determinaron un efecto de la categoría sobre los resultados de estos protocolos, obteniendo un porcentaje de preñez significativamente mayor en vacas multíparas en comparación al alcanzado por las primíparas ($P=0,0014$). Es importante destacar que en este trabajo determinaron una interacción triple entre los tres factores mencionados previamente ($P=0,065$), determinando las mayores preñeces en vacas multíparas inseminadas a tiempo fijo con estado corporal mayor a 5 (escala 1 a 9) habiendo transcurrido más de 72 días desde el parto a la IATF.

Otro factor que afecta el resultado de preñez es el genotipo. Cutaia et al. (2003) determinaron menor porcentaje de preñez en razas índicas en comparación a razas británicas. Esto podría estar relacionándolo a su temperamento, fisiología reproductiva y condiciones ecológicas a las que están expuestas.

Por último, se debe mencionar el gran peso que tiene el componente humano en determinar los resultados de preñez de los protocolos de IATF. Con esto se hace referencia a factores como la técnica del inseminador, manejo de los animales, manejo del semen, dosificación de las hormonas, manejo de los tiempos óptimos del protocolo, etc.

En conclusión, el uso de protocolos hormonales proporciona la oportunidad de servir un gran número de hembras, en un periodo de tiempo acotado, aplicando inseminación artificial sin necesidad de detectar estro (tiempo fijo) alcanzando porcentajes de preñez de 50% o más con una sola inseminación siendo una herramienta útil en las condiciones de cría del Uruguay.

En base a esto han sido estudiadas diferentes herramientas como son los tratamientos que prolongan el proestro, la separación física del ternero y/o la administración de eCG como alternativas que permiten mejorar los resultados de preñez de estos protocolos de IATF, siendo útiles en vacas que se encuentren en anestro posparto o en baja condición corporal.

Finalmente, enfoques similares a los utilizados para la primer IATF también se puede combinar con diagnóstico de gestación temprano con ultrasonografía para una segunda o tercera IATF sin detección de celo que resulta en una preñez similar o superior a la obtenida con toros de repaso maximizando el uso de la genética mejorada.

Se puede concluir entonces que la IATF es una herramienta simple, exitosa y económica (en una amplia gama de situaciones).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

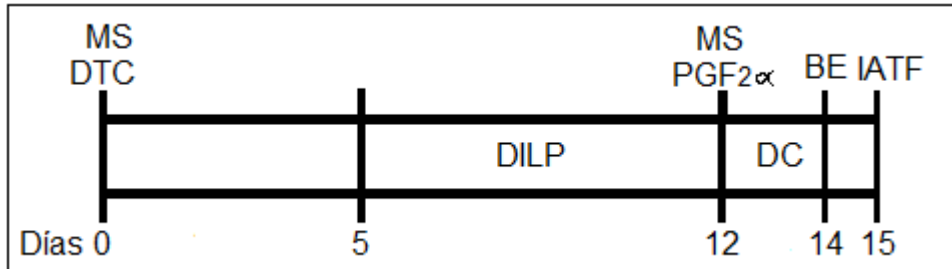
Este experimento fue realizado durante 2 años consecutivos en el rodeo de cría de la Escuela Agraria “La Carolina” (CETP, UTU, ANEP) ubicada en Flores, Uruguay. En el mismo se trabajó con 118 vacas multíparas entre 4 a 7 años de raza Hereford y Aberdeen Angus que habían parido en la segunda mitad del período de parición de primavera (parición tardía).

3.1 TRATAMIENTOS

Para asignar las vacas a cada tratamiento, dentro de año, se tuvo en cuenta la raza, edad de la vaca, fecha de parto, en anestro (progesterona en sangre < 1 ng/ml) y que parieran normalmente.

Se conformaron dos grupos según tratamiento. El tratamiento 1 (DTC-MAP7) comenzó con la aplicación de un destete temporario a corral (DTC) el día 0 del tratamiento. En el día 5 del tratamiento (5 días después de haber comenzado el DTC) se procedió a la colocación del dispositivo intravaginal liberador de progesterona (DILP) e inyección de 2 mg de BE. A continuación, en el día 12 del tratamiento fue retirado el DILP y se inyectaron 0.075 mg de PGF2 α (D-cloprostenol). A partir de este momento comenzó la determinación de celo e IA por la regla AM/PM en la tarde del día 12, mañana y tarde del día 13, mañana del día 14. Las hembras que no mostraron celo en esa mañana recibieron una dosis de 0,5 mg de BE e IATF a las 72 horas de la extracción del DILP (día +15, ver figura No. 5).

Figura No. 4. Esquema de tratamiento 1 (DTC-MAP7)



MS: muestra de sangre.

DTC: destete temporario a corral.

BE: inyección de benzoato de estradiol.

DILP: dispositivo intravaginal de liberación de progestina.

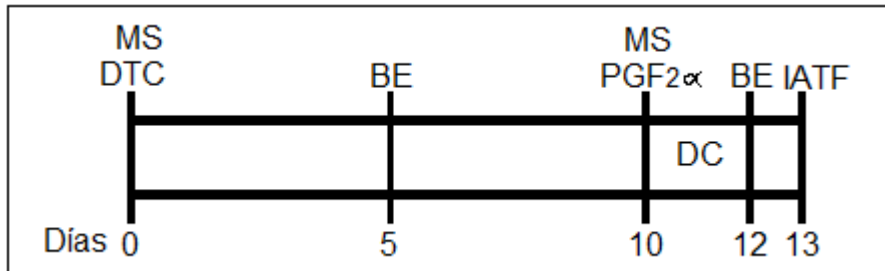
PGF2α: inyección de PGF2α.

DC: determinación de celo.

IATF: inseminación artificial a tiempo fijo.

El tratamiento 2 (DTC-MAP5) comenzó con la aplicación de un DTC (día 0 del tratamiento). En el día 5 (a los 5 días de haber comenzado el DTC) se procedió a la colocación del DILP y se inyectaron 2 mg de BE. El día 10 del tratamiento se extrajo el DILP y se inyectaron 0.075 mg de PGF2α (D-Cloprostenol). A partir de este momento comenzó la determinación de celo e IA por la regla AM/PM en la tarde del día 10, mañana y tarde del día 11 y mañana del día 12. Las hembras que no habían mostrado celo en esa mañana recibieron una dosis de 0,5 mg de BE e IATF a las 72 horas de la extracción del DILP (día 13, ver figura No. 6).

Figura No. 5. Esquema de tratamiento 2 (DTC-MAP5)



MS: muestra de sangre.

DTC: destete temporario a corral.

BE: inyección de benzoato de estradiol.

DILP: dispositivo intravaginal de liberación de progestina.

PGF2 α : inyección de PGF2 α .

DC: determinación de celo.

IATF: inseminación artificial a tiempo fijo.

Las vacas de este experimento siempre se manejaron juntas salvo en el momento de aplicación del DTC para facilidad del manejo general. Luego de la aplicación del DILP se volvieron a manejar juntas teniendo en consideración su raza para el servicio natural.

3.2 MANEJO DE LOS TERNEROS

Para este experimento se aplicaron destetes temporarios a corral (DTC) con una duración de 13 y 15 días según tratamiento. Los terneros se manejaron de acuerdo a un protocolo clásico para destete hiperprecoz (Bavera, 2008).

Los terneros fueron separados de sus madres por un alambrado con una malla de plástico de 50 cm (altura de la ubre de la vaca). De esa forma se permitía que el ternero mantenga contacto visual y olfativo con la madre durante todo el período de separación, pero no podía tomar la posición de amamantamiento. Los terneros fueron reunidos con sus madres el día de

colocación del DILP (a los 5 días de haber comenzado el DTC) por espacio de algunas horas. Luego volvieron a separarse. Luego de la IATF madres y terneros permanecieron juntos en un corral pequeño hasta la mañana siguiente que se soltaron juntos, según raza, al potrero correspondiente.

Los terneros fueron pesados sin ayuno previo en la mañana del día de aplicación del DTC (día 0), el día de la IATF (día 13 o 15 según tratamiento) y al destete definitivo (en promedio a los 5,5 meses de edad).

3.3 MANEJO DE LAS MADRES

Para este experimento se utilizaron únicamente vacas con parto normal, en anestro (progesterona en sangre < 1 ng/ml), con ternero al pie, con edades que variaban entre 4 a 7 años y con un intervalo del parto a la realización del DTC de entre 36 a 64 días (promedio $53 \pm 6,8$ días).

Fueron eliminadas del análisis aquellas hembras que tuvieron problemas al parto, perdieron su ternero (por muerte o abandono), que pudieran estar ciclando al momento de comenzar los DTC o aquellas que perdieron el DILP.

Las hembras siempre se manejaron en campo natural sin ningún tipo de suplemento.

3.3.1 Monitoreo de la condición corporal

Se determinó condición corporal (CC) de las madres a mitad del invierno, al momento del parto, al colocar el DILP, al fin del servicio y al momento del destete definitivo. La determinación se realizó con una escala de 1 a 8 (1 = muy flacas; 8 = muy gordas, Vizcarra et al., 1986), marcando diferencias en media unidad. Esta medida fue realizada por una sola persona durante los 2 años y por 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 aseguraba que no hubiera diferencias entre evaluadores como ya fue publicado por Vizcarra y Wettemann (1996).

3.3.2 Determinación de actividad ovárica

Se determinó actividad ovárica midiendo concentración de progesterona en sangre (indicativa de presencia de cuerpo lúteo funcional). Para esto se extrajo una muestra por punción de la vena yugular. Esta determinación se realizó en 3 momentos diferentes. Las primeras muestras se realizaron entre los días -12 y -10 antes de comenzar el DTC, las segundas el día 0 del tratamiento

(al DTC) y las terceras al momento de la extracción del DILP (día 10 o 12 según tratamiento, ver figuras No. 5 y No. 6). Las dos primeras extracciones fueron realizadas para determinar cuáles vacas estaban en anestro o ciclando normalmente. La tercera extracción se realizó para determinar cuáles hembras ovularon luego de restringir el amamantamiento por DTC.

El suero, producto del centrifugado de la sangre (3000 rpm por 15 minutos), se obtenía luego de 2 horas de la colección de la sangre. Este fue guardado a -20° C hasta la determinación de progesterona por RIA. 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.

3.3.3 Detección de celo

Se detectó celo por conducta homosexual, por espacio mínimo de 45 minutos 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, hasta la mañana anterior a la IATF (en la tarde de ese día no se determinó celo). Las hembras que fueron detectadas en celo fueron inseminadas entre las siguientes 8 a 12 horas.

3.3.4 Inducción de ovulaciones e inseminación artificial a tiempo fijo

Para la confección del DILP se utilizaron esponjas de poliuretano artesanal cilíndricas de 12 cm de largo y de 5 cm de ancho, impregnadas con 250 mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP). Al momento de su colocación se inyectó también al DILP una dosis de 0,16 g de oxitetraciclina de larga acción (Fatro, Montevideo, Uruguay) para evitar infecciones locales.

El BE utilizado era estradiol inyectable (Dispert, Montevideo, Uruguay) y fue diluido con aceite de girasol para obtener la concentración que se usó en cada uno de los 2 momentos.

La PGF 2α usada durante los 2 años eran de diferentes marcas comerciales, pero todas tenían el mismo principio activo (cloprostenol D) inyectada a la dosis comercial.

Las hormonas utilizadas fueron aplicadas en forma intramuscular y en el anca.

Las IATF se realizaron el 29/12 y el 30/12 según año.

Se usó semen de un solo toro de probada fertilidad cada año, dentro de cada raza. El mismo era preparado para realizar la inseminación por los mismos técnicos en cada ocasión. Los toros entraron al rodeo luego de 10 días de terminada la IATF. El repaso de los toros se realizó por sólo una oportunidad más de preñez (30 días) luego de la IATF.

3.3.5 Diagnóstico de preñez

La preñez fue determinada por ultrasonografía transrectal (ecografía) entre los 32-34 días (preñez a los 30 días) y 61-64 días (preñez a los 60 días) de la IATF. Se calculó el intervalo en días de una fecha fija (primero de julio) al año siguiente de la IATF y el 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.

3.4 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 incluyó a los días que estuvo el DILP en la vagina (5 o 7 días), año, la interacción simple y edad de la vaca (4 años vs resto de edades). 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 una fecha fija al año siguiente de la IATF al parto del año siguiente se ajustaron modelos lineales generales usando el procedimiento MIXED del mismo paquete estadístico. En los modelos de diagnóstico de preñez y los de intervalos, cuando las interacciones no dieron significativas fueron excluidos para la corrida final del modelo. En estos modelos (donde la variable no es normal) las interacciones no significativas se sacan porque si no

las estimaciones de las medias de los efectos principales dan sesgadas. En el análisis de un año no se consideraron el efecto del tratamiento del año previo (efecto residual), sino que se aleatorizó independientemente. No se consideró el efecto raza en los modelos debido a que el experimento 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 Y DISCUSIÓN

Se perdieron 3% de los DILP colocados, y se detectaron 3% y 2% de vacas con P4 alta indicando ciclicidad al momento de extracción del DILP para cada uno de los tratamientos (ver cuadro No. 14), por lo que quedaron 118 vacas en el análisis. No se observaron infecciones locales al momento de la extracción del DILP. No se determinaron problemas de identificación de madre con su ternero al juntarse luego de la IATF como tampoco problemas de acidosis en los terneros.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados reproductivos y productivos promedio de los dos años de experimento de cada tratamiento comparados.

Cuadro No. 14. Resultados reproductivos y productivos promedio de los dos años de experimento para los dos tratamientos

		Tratamiento 1 DTC-MAP7 (n=60)	Tratamiento 2 DTC-MAP5 (n=58)
% vacas ciclando	Al día del DTC	0	0
	Al día de extracción de DILP	3	2
% vacas en celo antes de la IATF	48 hs antes	0	0
	36 hs antes	13(8/60)	0
	24 hs antes	18(11/60)	5 (3/58)
	Total de las 60 hs antes	32 (19/60)	5 (3/58)
% preñez a los 30 días		49 a	29 b
%preñez a los 60 días		70a	50b
Peso del ternero al destete (kg ± EE)		173 ± 2,7	167 ± 2,6
Intervalo entre fecha fija y parto siguiente (días ± EE)		98 ± 1,9 A	103 ±1,6 B

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

A, B: diferentes letras en la misma fila indican tendencia de diferencias (P<0,10).

Los resultados obtenidos de las muestras de sangre (determinación de progesterona) mostraron que no había hembras ciclando previo al inicio del experimento, por lo que se demostró que la totalidad de las vacas con cría al pie se encuentran en anestro al comienzo de los destetes.

Si bien en ninguno de los dos tratamientos durante los 2 años fue detectada ninguna hembra mostrando celo el día de la extracción del DILP, un %3 en el tratamiento DTC-MAP7 y 2% en el tratamiento DTC-MAP5 se encontraron ciclando ese día (no se encontraban en celo, pero si tenían actividad ovárica). Es posible que esto haya sido consecuencia del destete temporario previo.

Durante las 60 horas previas a la IATF se detectaron un total de 32% y 5% de hembras en celo para los tratamientos 1 y 2 respectivamente. La concentración de celos en la mañana del día antes (día 12 o 14 según tratamiento) de la IATF fue de 58% (11/19) y 100% (3/3) promedio de los dos años para los tratamientos DTC-MAP7 y DTC-MAP5, respectivamente.

Con respecto a los resultados de preñez (promedio para los dos años del experimento) se detectó una superioridad del tratamiento 1 (DCT-MAP7) alcanzando un mayor porcentaje de preñez a la IATF (% preñez a los 30 días) y un mayor porcentaje de preñez en el primer mes del servicio (% de preñez a los 60 días) con respecto al tratamiento 2 (DTC-MAP5, ver cuadro No. 14).

El resultado de preñez a los 30 días sólo se vio afectado por los días de permanencia del DILP ($P=0,04$), no habiéndose encontrado un efecto del año, ni interacción entre el año y los días de permanencia del DILP. Tampoco se observó efecto de la edad de la vaca ($P>0,40$). Si se observa la preñez a los 60 días se detectó un efecto de los días de permanencia del DILP ($P=0,03$) y de la interacción año por días de permanencia del DILP ($P=0,05$).

Si se analizan los resultados por año, en el primer año el porcentaje de preñez fue superior en el tratamiento 1 (DTC-MAP7) alcanzando un 71% vs un 32 % por el tratamiento 2 (DTC-MAP5). En cambio, en el segundo año no hubo diferencias, alcanzando un 69% de preñez por el tratamiento 1 vs. 66% del tratamiento 2. Sin embargo, en promedio de los dos años las diferencias entre ambos tratamientos se mantienen con una superioridad del tratamiento 1 sobre el 2 tal como se muestra en el cuadro No. 14 (70% vs. 50%).

El bajo porcentaje de vacas ciclando al momento de la extracción del DILP y los altos porcentajes de preñez obtenidos permiten concluir que el protocolo DTC-MAP7 permite inducir ovulaciones en vacas con cría al pie. Por el porcentaje de preñez a los 60 días también parece razonable suponer que el efecto de este tratamiento se extiende por lo menos hasta el siguiente ciclo estral.

Para la variable peso al destete sólo el efecto año fue significativo ($P<0,0001$), así como una diferencia de peso entre terneros de las vacas de 4 años de edad ($166 \pm 3,6$ kg) y el resto de las edades ($173 \pm 2,3$ kg) ($P=0,04$). La

variación de peso del ternero entre el comienzo del destete temporario y el día de la IATF se analizó tomando en cuenta los días que estuvo el DILP en la vagina de la vaca ($P=0,09$), el año ($P=0,0007$), la interacción los días que estuvo el DILP en la vagina de la vaca por el año ($P=0,03$) no teniendo efecto estadísticamente significativo la edad de las vacas y el sexo del ternero ($P>0,51$). En el año 2 no hubo diferencia en la variación de peso, pero sí en el año 1 a favor del tratamiento DTC-MAP7 ($2,10 \pm 0,91$ vs. $-3,38 \pm 0,95$ kg; $P<0,05$). Cabe mencionar que los terneros demoraron entre 3 a 4 días en comenzar a consumir la ración.

Se puede esperar que aquellos terneros expuestos a DTC sean más livianos que aquellos que se mantienen al pie de la madre. Pero es esperable que esta diferencia no sea de gran magnitud debido a que los terneros vuelven a amamantar a los 15 días. Quintans et al. (2008) demostraron que hay una baja en la producción de leche durante el período de separación del ternero de su madre. Pero este, al volver a amamantar, la producción de leche vuelve a los niveles de las madres que no fueron nunca separadas de sus terneros.

En cuanto al intervalo de una fecha fija y parto al siguiente año, el tratamiento 1 alcanzó una mayor concentración partos al comienzo del período de parición del año siguiente a la IATF, con respecto al tratamiento 2 (ver cuadro No.15). Si el período de servicio hubiese sido más largo que 30 días, estas diferencias probablemente hubiesen sido mayores. Esta variable tuvo tendencia a ser afectada por el tiempo de permanencia del DILP en la vagina ($P=0,07$), el año ($P=0,08$) pero no por la edad de las vacas ($P=0,47$). La fecha de parto es una variable muy importante en la productividad de un rodeo de cría. Esto fue detallado en el capítulo 2.5 de la Revisión Bibliográfica.

En el cuadro No. 15 se presentan los valores medidos en el rodeo de intervalo parto-DTC (en días), condición corporal (medida en cinco momentos diferentes del experimento), el peso del ternero (medido en dos momentos diferentes) y el intervalo entre fecha fija y parto siguiente.

Cuadro No. 15. 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-DTC (días)		53 \pm 6,8	36	64
Condición corporal (escala 1 a 8)	Al destete	4,1 \pm 0,57	3	5,5
	En invierno	3,9 \pm 0,62	2,5	5,5
	Al parto	3,5 \pm 0,52	2,5	5
	A la colocación del DILP	4,0 \pm 0,54	2,5	5,5
	Al fin del servicio	3,9 \pm 0,46	3	5
Peso del ternero (kg)	Al DTC	87 \pm 11,3	63	118
	Al momento de volver con su madre	87 \pm 12,5	63	119
Intervalo entre fecha fija y parto siguiente (días)		101 \pm 9,4	82	127

En cuanto a la condición corporal, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas dentro de cada año en los cinco momentos en los que se realizaron sus determinaciones ($P > 0,30$). Es decir que los dos grupos de vacas (divididos según tratamientos) son posibles de comparar. Sin embargo, se detectó un efecto entre años ($P < 0,05$), lo que era esperable ya que con el año varía la oferta forrajera y esta es clave en determinar la CC en los sistemas de cría del Uruguay. Por otro lado, se detectó un efecto de la edad de la vaca en una de las estimaciones de CC. Es decir, que se encontraron diferencias en la CC según la edad de la vaca. Las vacas de 4 años tuvieron una tendencia a presentar una menor condición corporal que el resto de las

edades al parto ($3,42 \pm 0,07$ vs. $3,59 \pm 0,05$; $P=0,07$).

Es importante mencionar la importancia de la CC del cual se parte luego del parto. Esta fue en promedio de 3,5 (en una escala de 1-muy flacas; 8-muy gordas). Parecería que este valor de condición corporal al parto sería un mínimo de la cual partir si esas vacas mejoran condición corporal previo a la IATF. Posiblemente, con valores de condición corporal menores a 3,5 al parto, no sería posible obtener valores de preñez similares a los obtenidos en este experimento.

Analizando la evolución de la CC dentro del año se puede observar que las vacas disminuyeron su condición desde mitad de invierno al parto, pero lo incrementaron del parto a la colocación de los DILP y al fin del servicio. Es decir que estaban mejorando su condición corporal luego del parto, por lo que se puede suponer que, en el momento de realizar los destetes temporarios, los folículos dominantes estaban en pleno crecimiento con incremento de producción de estrógeno. Sin embargo, según las determinaciones de progesterona en sangre, las vacas seguían en anestro al momento de realizar los destetes temporarios. Cuando se restringió el amamantamiento (DTC), se puede suponer que la pulsatilidad (amplitud y frecuencia) y concentración de GnRH (Williams et al., 1996), así como la LH (Shively y Williams, 1989) comenzaron a aumentar. A este efecto se le sumó el efecto de la progestina (DILP) que estimula el crecimiento y maduración final del folículo dominante, la secreción pulsátil de LH, la secreción de estradiol e incrementan el número de receptores de LH en las células de la teca y la granulosa del folículo preovulatorio (García-Winder et al. 1986, Inskeep et al. 1988).

En el caso de este experimento este aumento del diámetro sería ayudado por el incremento de condición corporal del parto hasta el final del servicio (Diskin et al., 2003). Está ya demostrado que la concentración de estradiol producida por el folículo pre-ovulatorio tiene relación con el nivel de progesterona del próximo ciclo (Jinks et al., 2013). Además, la alta concentración de progesterona durante el período de reconocimiento maternal (días 14 a 17 luego del servicio) produce embriones más grandes y a su vez estos producían mayor cantidad de interferón tau. Esta proteína, secretada por el embrión, es la señal responsable de la inhibición de la salida pulsátil de $PGF2\alpha$ (Mann y Lamming, 1999) y por consiguiente inhibe la luteólisis, evitando la mortalidad embrionaria y por lo tanto incrementando el porcentaje de preñez

A todos estos efectos, se agrega el uso de $PGF2\alpha$ que actúa 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. Por todo lo expuesto, se puede suponer que el protocolo DTC-MAP7 induce más ovulaciones en vacas

multíparas con cría al pie que el tratamiento 2.

4.1 IMPLICANCIAS PRÁCTICAS DE LOS RESULTADOS

En función de los resultados se podría proponer para el tratamiento DTC-MAP7 la detección de celos los días 13 y 14, eliminado la detección en el día 12 (a la tarde del día de la extracción del DILP), de manera de disminuir las horas de trabajo aprovechando todas los estros, y así mejorar los resultados de preñez. Si estos datos de concentración de celos fueran confirmados en un mayor número de vacas, se puede proponer otro manejo para disminuir aún más las horas de trabajo sin perder oportunidades de preñez. La propuesta sería pintar las vacas en el anca (Rodríguez Blanquet et al., 2015) al momento de la extracción del DILP (día 12). De esta forma, al momento de inyectar el BE (día 14) se detectarían las vacas en celo por pintura desgastada. Estas hembras se separarían del rodeo inseminándolas desde las 11 horas AM, sin dejar de realizar el resto de las acciones ya explicadas. Este manejo parece razonable ya que se ha demostrado que el 70% de la actividad de monta ocurre entre las 19.00 y 7.00 horas (Hurnik et al., 1975) y la máxima fertilidad se da entre las 4 a 24 horas de comenzado el celo (Dorsey et al., 2011), por lo que es esperable un porcentaje de preñez similar inseminando una sola vez desde de las 11 de la mañana que usando la regla AM/PM.

Resumiendo, se puede utilizar el protocolo DTC-MAP7 como una herramienta de manejo útil para inducir ovulaciones en vacas multíparas de parición tardía con ternero al pie, dando más oportunidades de concepción en el mismo período (en comparación al servicio natural) y por lo tanto da la oportunidad de mejorar el porcentaje de preñez general. Se agrega que posiblemente el productor no tenga que alargar el servicio para obtener un porcentaje de destete que satisfaga sus expectativas. Si esto sucediera el año próximo el problema se agravaría. Además, permite controlar la fecha de concepción y por ende la de parto, con las implicancias que esto tiene en la producción de por vida de estas hembras y su progenie (ver capítulo revisión bibliográfica). Si a esto se le agrega la posibilidad de uso de genes de alto valor biológico es posible pensar que esta tecnología tendrá un impacto productivo muy importante en el rodeo de cría.

5. CONCLUSIONES

En conclusión, el tratamiento DTC-MAP7 se mostró superior al DTC-MAP5 en las variables preñez a los 30 días, preñez a los 60 días, intervalo fecha fija parto del año siguiente, pero no en el peso al destete en el cual no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas.

6. RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo general la comprensión de la inseminación artificial a tiempo fijo como una herramienta de manejo útil para mejorar los resultados productivos y reproductivos en los sistemas de cría. Como objetivos específicos entender el efecto que tiene, en estos resultados, la utilización de protocolos hormonales de IATF, con diferentes periodos de permanencia de los dispositivos intravaginales liberadores de progesterona, combinados con el control del amamantamiento (destete temporario a corral). Para el mismo, se trabajó durante 2 años consecutivos en el rodeo de cría de la Escuela Agraria “La Carolina” ubicada en Flores, Uruguay. Los tratamientos fueron aplicados a 118 vacas multíparas, en anestro, con ternero al pie, entre 4 a 7 años, de raza Hereford y Aberdeen Angus, que habían parido (por parto normal) en la segunda mitad del período de parición de primavera (parición tardía). El intervalo promedio del parto al comienzo del tratamiento fue entre 36 a 64 días (promedio $53 \pm 6,8$ días). Se conformaron dos grupos según tratamiento. Ambos tratamientos comenzaron con la aplicación de un DTC. A los 5 días de esto se le colocaron DILP y se inyectaron 2 mg de BE a todas las hembras. A continuación, en el día 12 para el tratamiento 1 (DTC-MAP7) y en el día 10 para el tratamiento 2 (DTC-MAP5) se extrajo el DILP y se inyectó una dosis comercial de PGF2 α (D-cloprostenol). A partir de este momento comenzó la determinación de celo e IA por la regla AM/PM hasta la mañana previa a la IATF (mañana del día 14 para el tratamiento 1 y mañana del día 12 para el tratamiento 2). El tratamiento 1 (DTC-MAP7) se mostró superior al tratamiento 2 (DTC-MAP5) en las variables preñez a los 30 días, preñez a los 60 días, intervalo fecha fija parto del año siguiente, pero no en el peso al destete en el cual no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas.

Palabras clave: Inseminación artificial a tiempo fijo; Dispositivo intravaginal liberador de progesterona; Destete temporario; Preñez; Peso al destete; Concentración de partos.

7. SUMMARY

The general objective of the present investigation is to understand fixed-time artificial insemination as a useful tool to improve the productive and reproductive results of breeding systems. In regard to specific objectives, it is to understand the effect fixed-time artificial insemination has on results, with different period of intrauterine progesterone-release device insertion, combined with breastfeeding control. The investigation was developed throughout two consecutive years at Escuela Agraria "La Carolina", Flores, Uruguay. The individuals selected were 118 multiparae cows Hereford and Aberdeen Angus, in anestrous, ages between 4 and 7 years old, with calves born during the second half of spring's births season (late delivery). The average birth interval at the beginning of the treatment was between 36-64 days (average 53+- 6,8 days). Two groups resulted based on treatment. Both started with temporary weaning in confinement of calves. After 5 days, DILP were inserted and 2mg of BE were applied to all females. Following that, on day 12th. of Group 1 and on day 10th. of Group 2 DILP were extracted and females received a commercial dose of PGF α . From that moment on, was determined females heat and artificially inseminated by rule AM/PM until the morning previos to IATF (morning day 14th. for group 1 and morning day 12th. for group 2). Group 1 showed superior to group 2 in pregnancy variables at 30 days, pregnancy at 60 days and fixed birth range on the following year, but not in weight at end of breast feed for which no statistically differences were obtained.

Key words: Fixed-time artificial insemination; Intrauterine progesterone-releasing devices; Temporary weaning; Pregnancy; Weaning weight; Birth concentration.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Adams, G. P.; Jaiswal, R.; Singh, J.; Malhi, P. 2008. Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle. *Theriogenology*. 69(1):72-80.
2. ASBIA (Asociación Brasileira de Inseminación Artificial, BR). 2015. Relatório de comercialização de sêmen (en línea). San Pablo. s.p. Consultado jul. 2018. Disponible en <http://www.asbia.org.br/acoes-setoriais/>
3. Atuesta, J. 2011. Control hormonal del ciclo estral en bovinos y ovinos. *Revista Spei Domus*. 7(14):15-25.
4. Bavera, G. 2008. Momento del destete. (en línea). In: Curso de Producción Bovina de Carne (2008, Río Cuarto). Trabajos presentados. Río Cuarto, UNRC. FAV. pp. 1-10. Consultado jul. 2019. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/destete/39-momento_del_destete.pdf
5. 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. 212 p.
6. Berardinelli, J. G.; Tauck, S. A. 2007. Intensity of the biostimulatory effect of bulls on resumption of ovulatory activity in primiparous, suckled, beef cows. *Animal Reproduction Science*. 99:24-33.
7. Bó, G.; Baruselli, P. S.; Moreno, D.; Cutaia, L.; Caccia, M.; Tríbulo, R. 2002a. The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology*. 57:53-72.
8. _____. 2002b. Fisiología y reproducción. In: Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal (11º., 2002, Caracas). Dinámica folicular y tratamientos hormonales para sincronizar la ovulación en el ganado bovino. Trujillo, NURR-ULA. pp.1-17.

9. _____.; Baruselli, P. 2014. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal Reproduction Science*. 8(1):1-7.
10. _____.; _____.; Pietro, S.; Baruselli, D.; Menchaca, A. 2016. Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology*. 86: 388-396.
11. Bridges, G. A.; Helser, L. A.; Grum, D. E.; Mussard, M. L.; Gasser, C. L.; Day, M. 2008. Decreasing the interval between GnRH and PGF2a from 7 to 5 days and lengthening proestrus increases timed-AI pregnancy rates in beef cows. *Theriogenology*. 69: 843-851.
12. _____.; Mussard, M. L.; Burke, C. R.; Day, M. L. 2010. Influence of length of proestrus on fertility and endocrine function in female cattle. *Animal Reproduction Science*. 117: 208-215.
13. _____.; Ahola, J. K.; Brauner, C.; Cruppe, L. H.; Currin, J. C.; Day, M. L. 2012. Determination of the appropriate delivery of prostaglandin F2a in the five-day CO-Synch β controlled intravaginal drug release protocol in suckled beef cows. *Animal Reproduction Science*. 90: 4814-4822.
14. _____.; Mussard, M. L.; Hesler, L. A.; Day, M. L. 2014. Comparison of follicular dynamics and hormone concentrations between the 7-day and 5-day CO-Synch β CIDR program in primiparous beef cows. *Theriogenology*. 81: 632-638.
15. Burris, M. J.; Priode, B. M. 1958. Effect of calving date on subsequent calving performance. *Animal Science*. 17: 527-533.
16. Cavestany, D.; Méndez, J. 1993. Manual de inseminación artificial en bovinos. Montevideo, INIA. pp. 12-13 (Boletín de Divulgación no. 39).
17. Colazo, M. 2014. Fisiología del ciclo estral bovino. *Revista Ciencias Veterinarias*. 16(2): 31-46.
18. Cushman, R.; Kill, L.; Funston, R. N.; Mousel, E. M.; Perry, G. A. 2013. Heifer calving date positively influences calf weaning weights through six parturitions. *Animal Science Journal*. 91: 4486-4491.

19. Cutaia, L.; Veneranda, G.; Tríbulo, R.; Barusselli, P. S.; Bó, G. 2003. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (5º., 2003, Córdoba). Trabajos presentados. Córdoba, Huerta Grande. pp. 119-134.
20. Day, M. L. 2015. State of the art of GnRH-based timed AI in beef cattle. *Animal Reproduction Science*.12: 473-478.
21. de la Mata, J. J.; Bó, G. A. 2012. Estrus synchronization and ovulation using protocols with estradiol benzoate and GnRH and reduced periods of insertion of a progesterone releasing device in beef heifers. *Taurus*. 55: 17-23.
22. _____.; Ré, M.; Bó, G. A. 2015a. Combination of estrus detection and fixed-time artificial insemination in beef heifers following a shortened estradiol-based protocol that provides for a lengthened proestrus. *Reproduction Fertil*. 27:96 (abstract).
23. _____.; Menchaca, A.; Bó, G. A. 2015b. Treatment with estradiol and progesterone that pronged the proestrus. In: International Symposium on Animal Reproduction (11º., 2015, Córdoba). Proceedings. Córdoba, Institute of Animal Reproduction Córdoba. pp. 143-158.
24. Diskin, M. G.; Mackey, D. R.; Roche, J. F.; Screenan, J. M. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science*. 78: 345-370.
25. Dorsey, B. R.; Kasimanickam, R.; Whittier, W. D.; Nebel, R. L.; Wahlberg, M. L.; Hall, J. B. 2011. Effect of time from estrus to AI on pregnancy rates in estrous synchronized beef heifers. *Animal Reproduction Science*. 127: 1- 6.
26. Dunn, T. G.; Kaltenbach, C. 1980. Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. *Animal Science*. 51(2): 29-39.
27. Dunne, L. D.; Diskin, M. G.; Sreenan, J. M. 2000. Embryo and foetal loss in beef heifers between day 14 of gestation and full term. *Animal Reproduction*. 58: 39-44.
28. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2003. Biotecnología agrícola para países en desa-

rollo. Resultados de un foro electrónico. (en línea). Roma. s.p.
Consultado jul. 2018. Disponible en
<http://www.fao.org/3/Y2729S/y2729s06.htm>

29. _____. 2007. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. (en línea). Roma. pp. 289-298. Consultado jul. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-a1250s.pdf>
30. Fernandez, D.; Berardinelli, J. G.; Short, R. E.; Adair, R. 1996. Acute and chronic changes in luteinizing hormone secretion and postpartum interval to estrus in first-calf suckled beef cows exposed continuously or intermittently to mature bulls. *Animal Science*. 74:1098-1103.
31. Fike, K.; Day, M.; Inskeep, E.; Kinder, J.; Lewis, P.; Short, R.; Hafs, H. 1997. Estrus and luteal function in suckled beef cows that were anestrus when treated with an intravaginal device containing progesterone with or without a subsequent injection of estradiol benzoate. *Animal Science*. 75: 2009- 2015.
32. _____.; 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. *Animal Science*. 77: 715-723.
33. Funston, R. N.; Musgrave, J. A.; Meyer, T. L.; Larson, D. M. 2012. Effect of calving distribution on cattle progeny performance. *Animal Science Journal*. 90: 5118-5121.
34. García-Winder, M.; Lewis, P. E.; Townsend, E. C.; Inskeep, E. K. 1987. Effect of norgestomet on follicular development in postpartum beef cows. *Animal Science*. 64: 1099-1109.
35. Gigli, I.; Russo, A.; Agüero, A. 2006. Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos. *InVet*. 8(1):183-204.
36. Giraldo, J. 2007. Una Mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos. *Revista Lasallista de Investigación*. 4(1): 51-57.
37. Goodman, A.; Hodgen, G. D. 1983. The ovarian triad of the primate menstrual cycle. *Recent Progress in Hormone Research*. 39: 1-73.

38. Guáqueta, H. 2009. Ciclo estral: fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 56(3): 163-180.
39. Hansen, P. J.; Hauser, E. R. 1984. Photoperiodic alteration of postpartum reproductive function in suckled cows. *Theriogenology*. 22: 1-14.
40. Hurnik, J. F.; King, G. J.; Robertson, H. A. 1975. Estrous and related behaviour in postpartum Holstein cows. *Applied Animal Ethology*. 2: 55-68.
41. INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, AR). 2002. Censo nacional agropecuario. (en línea). Buenos Aires. s.p. Consultado jul. 2018. Disponible en <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel3-Tema-3-8>
42. INBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística, BR). 2006. Censo agropecuario. (en línea). Rio de Janeiro. s.p. Consultado jul. 2018. Disponible en https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/agri_familiar_2006_2/default.shtm
43. Inskeep, E. K.; Braden, T. D.; Lewis, P. E.; Garcia-Winder, M.; Niswender, G. D. 1988. Receptors for luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone in largest follicles of postpartum beef cows. *Biology of Reproduction*. 38: 587-591.
44. Jaime, D. 2004. Inseminación artificial en vacunos. (en línea). In: Jornada de Jóvenes (1ª., 2004, Montevideo). Material técnico de estudio. Montevideo, INIA. s.p. Consultado jul. 2018. Disponible en <http://www.inia.org.uy/prado/2004/inseminacionartificial.htm>
45. Jinks, E. M.; Smith, M. F.; Atkins, J. A.; Pohler, K. G.; Perry, G. A.; MacNeil, M. D. 2013. Preovulatory estradiol and the establishment and maintenance of pregnancy in suckled beef cows. *Animal Science*. 91: 1176-1185.
46. Kasimanickam, R.; Day, M. L.; Rudolph, J. S.; Hall, J. B.; Whitier, 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.

47. _____.; Asay, M.; Firth, P.; Whittier, W. D.; Hall, 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.
48. Lesmeister, J. L.; Burfening, P.; Blackwell, R. L. 1973. Data of first calving in beef cows and subsequent production. *Animal Science*. 36: 1-6.
49. McMillan, 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. *Animal Reproduction Science*. 33: 1-25.
50. Mann, G. E.; Lamming, G. E. 1999. The influence of progesterone during early pregnancy in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*. 34: 269-274.
51. Menchaca, A.; Dutra, S.; Carrau, J. M.; Sapriza, F.; Salazar, J.; de la Mata, J. J. 2015a. Improvement of pregnancy rates by using the 6-day J-Synch protocol in recipient cows transferred with in vitro produced embryos. *Animal Reproduction*. 12:653 (abstract).
52. _____.; Cuadro, F.; Núñez, R.; Bó, G. A. 2015b. Pregnancy rates in beef heifers synchronized with shortened estradiol-based treatment that provides for a prolonged proestrus. *Reproduction, Fertil and Development*. 27:96 (abstract).
53. MGAP. DGSG. DSA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección General de Servicios Ganaderos. División de Sanidad Animal, UY). 2015. Datos del Departamento de Control de Comercio Internacional. Montevideo. s.p.
54. _____. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. Censo general agropecuario. Montevideo. pp. 40-41.
55. NAAB (National Association of Animal Breeders, US). 2017. Annual reports of semen sales and custom freezing. (en línea). Madison. s.p. Consultado jul. 2018. Disponible en <https://www.naab-css.org/semen-sales>

56. Núñez-Olivera, R.; de Castro, T.; García-Pintos, C.; Bó, G. A.; Piaggio, J.; Menchaca, A. 2014. Ovulatory response and luteal function after eCG administration at the end of a progesterone and estradiol-based treatment in postpartum anestrous beef cattle. *Animal Reproduction Science*. 146: 111-116.
57. Peterson, C.; Alkar, A.; Smith, S.; Kerr, S.; Hall, J. B.; Moore, D. 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.
58. Pfeifer, L. E. M.; Leonardi, C. E. P.; Castro, N. A.; Viana, J. H. M.; Siqueira, 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.
59. Quintans, G.; Banchemo, G.; Carriquiry, M.; Lopez, C.; Balvi, F. 2008. Efecto de la condición corporal y la restricción del amamantamiento con y sin presencia del ternero sobre la producción de leche, anestro posparto y crecimiento del ternero. *In: Seminario de Actualización Técnica: Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 172-181 (Serie Técnica no. 174).*
60. Rigoglio, N. N.; Fátima, L. A.; Hanassaka, J. Y.; Pinto, G. L.; Machado, A. S. D.; Gimenes, L. U. 2013. Equine chorionic gonadotropin alters luteal cell morphologic features related to progesterone synthesis. *Theriogenology*. 79: 673-679.
61. Roche, J. F.; Crowe, M. A.; Boland, M. A. 1992. Postpartum anestrus in dairy and beef cows. *Animal Reproduction Science*. 28: 371-378.
62. Rodríguez Blanquet, J. B. 2002. Bioestimulación: una alternativa para incrementar la productividad del rodeo nacional. *In: Seminario Técnico Cría y Recría Ovina y Vacuna (2002, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 81-97.*
63. _____.; Guerra, M. H.; Villegas, N.; Bentancur, O. 2005. Función luteal y actividad estral de vacas amamantando en anestro tratadas con un progestágeno (esponja artesanal) benzoato de estradiol y/o destete temporario. *In: Congreso Latinoamericano de Producción Animal (19°. 2005, México). Trabajos presentados. México, ALPA. s.p.*

64. _____. 2008. Tratamientos hormonales en vacas para carne (*Bos taurus*) en anestro con cría al pie para mejorar su comportamiento productivo y reproductivo. In: Seminario de Actualización técnica: Cría vacuna. (2008, Treinta y Tres, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 189-199 (Serie Técnica no. 174).
65. _____.; Villegas, N.; Van Lier, E.; Minutti, A.; Bentancur, O. 2009. Evaluación biológica de la inseminación a tiempo fijo. In: Congreso Latinoamericano de Producción Animal (21^o., 2009, San Juan, Puerto Rico). Trabajos presentados. Puerto Rico, ALPA. s.p.
66. _____.2015. ¿Entore o inseminación artificial? Revista del Plan Agropecuario. no. 154:38-42.
67. Shively, T. E.; Williams, G. L. 1989. Pattern of tonic luteinizing hormone release and ovulation in suckled anestrous cows following varying interval of temporary weaning. *Domestic Animal Endocrinology*. 6: 379-387.
68. Smith, M. W.; Stevenson, J. S. 1995. Fate of the dominant follicle, embryonal survival, and pregnancy rates in dairy cattle treated with prostaglandin F2 alpha and progesterins in the absence or presence of a functional corpus luteum. *Animal Science*. 73: 3743-3751.
69. Stevenson, S.; Hill, L.; Bridges, G. A.; Larson, J. E.; Lamb, G. C. 2015. Progesterone status, parity, body condition, and days postpartum before estrus or ovulation synchronization in suckled beef cattle influence artificial insemination pregnancy outcomes. *Animal Science*. 93: 2111-2123.
70. Thibier, M. 2005. The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. *Reproduction Nutrition Development*. 45: 235-239.
71. Uslenghi, G.; Gonzalez Chavez, 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. *Animal Reproduction Science*. 145: 1-7

72. 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.
73. _____.; Wettemann, R. P. 1996. Reproducibility, repeatability, and degree of expertise required to assess body condition score in beef cattle. *Animal Science*. 12: 28-31.
74. Williams, G. L; Gazal, O. S.; Guzman Vega, G.A.; Stanko, R. L. 1996. Mechanisms regulating suckling-mediated anovulation in the cow. *Animal Reproduction Science*. 42: 289-297.
75. Yavas, Y.; Walton, J. S. 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology*. 54: 25-55.